

RTI Progettisti:

SYSTRA

SOTECNI  
SYSTRA GROUP

architecna  
engineering

AEGIS  
CANTARELLI + PARTNERS

STUDIO MATTIOLI  
Ambiente - Ingegneria - Energia

cooperativa archeologia

## PROGETTO DEFINITIVO DELLA SECONDA LINEA TRANVIARIA DI BOLOGNA (TRATTO NORD LINEA VERDE)

### STUDI SPECIALISTICI AMBIENTE

Studio Preliminare Ambientale - Area capolinea Corticella, nodo di interscambio intermodale e ricovero mezzi

COMUNE DI BOLOGNA  
SETTORE MOBILITA' SOSTENIBILE E INFRASTRUTTURE

IL DIRETTORE DEL SETTORE  
ING. CLETO CARLINI

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
ING. GIANCARLO SGUBBI

IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO  
ING. MIRKA RIVOLA

SEGRETERIA TECNICA

ing. Barbara Baraldi  
arch. Virginia Borrello  
ing. Giulio Cimbali  
geom. Agnese Fero  
ing. Stefania Guadagnini  
geom. Luciano Notte  
ing. Lisa Ombra  
ing. Marco Pesare

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

RESPONSABILE DI COMMESSA  
ING. PAOLO MARCHETTI

COORDINATORE TECNICO  
ING. ALESSANDRO PIAZZA

SISTEMA TRANVIARIO  
ING. SANTI CAMINITI

ARCHITETTURA E INSERIMENTO URBANISTICO  
ARCH. SEBASTIANO FULCI DE SARNO

OPERE A VERDE  
ARCH. NICOLA CANTARELLI

OPERE STRUTTURALI  
ING. STEFANO TORTELLA

SEGNALAMENTO E TELECOMUNICAZIONI  
ING. ANGELA TORTORELLA

AMBIENTE  
PROF. MATTEO MATTIOLI

SICUREZZA  
ARCH. SERGIO MOSCHEO

ARCHEOLOGIA  
DOTT. CRISTINA BIGAZZI

BIM MANAGER  
GEOM. MIRKO CASAROLI

RESP. INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  
ING. SANTI CAMINITI

IMPIANTI TECNOLOGICI  
ING. SIMONE VILLA

STUDI TRASPORTISTICI  
ING. ANDREA SPINOSA

VIABILITA' INTERFERENTE E SOTTOSERVIZI  
ING. PIETRO CAMINITI

IDRAULICA E IDROLOGIA  
ING. ANDREA BENVENUTI

DEPOSITO  
ING. GIORGIO COLETTI

ARMAMENTO  
ING. MAURIZIO FALZEA

GEOLOGIA E GEOTECNICA  
DOTT. GEOL. ANTONIO PAONE

TRAZIONE ELETTRICA  
ING. DOMENICO D'APOLLONIO

IMPIANTI MECCANICI  
ING. SALVATORE GIUA

COMMESSA	FASE	LOTTO	WBS	DISCIPLINA	TIPO	NUMERO	REV.	SCALA	NOME FILE	
B381	C	D	X00	AMB	XXX	RT	02	A	-	B381C-D-X00-AMB-XXX-RT-02-A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	Ago. 2023	PRIMA EMISSIONE	COSTA	MATTIOLI	S. CAMINITI
B					
C					
D					

## INDICE

1.	PREMESSA.....	10
2.	PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEL PROGETTO .....	12
2.1	DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO .....	12
2.2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	15
2.2.1	<i>Il trasporto pubblico</i> .....	17
2.2.2	<i>La rete "su ferro"</i> .....	17
2.3	OBIETTIVI DEL PROGETTO.....	18
2.3.1	<i>Le strategie per il potenziamento della rete urbana di Bologna previste nel PUMS</i> .....	18
2.3.2	<i>La nuova Linea Rossa</i> .....	21
2.4	CRITERI AMBIENTALI MINIMI .....	24
2.5	ELENCO DELLE OPERE.....	28
2.6	DIFFERENZE SIGNIFICATIVE RISPETTO AL PFTE APPROVATO.....	28
2.6.1	<i>Tracciato</i> .....	29
2.6.2	<i>Sistemazioni urbane</i> .....	30
2.6.2.1	<i>Capolinea Sud – Via dei Mille</i> .....	30
2.6.2.2	<i>Via dell'Indipendenza – via Matteotti – Via Ferrarese</i> .....	31
2.6.2.3	<i>Piazza dell'Unità</i> .....	31
2.6.2.4	<i>Capolinea Nord - Corticella</i> .....	32
2.6.3	<i>Parcheggio via Bassanelli</i> .....	33
2.6.4	<i>Alimentazione elettrica</i> .....	34
2.7	CANTIERIZZAZIONE .....	34
2.7.1	<i>Organizzazione dei cantieri</i> .....	35
2.7.2	<i>Macrocantieri e microcantieri</i> .....	36
2.7.3	<i>Aree logistiche e stoccaggio materiali</i> .....	37
2.8	CUMULO CON ALTRI PROGETTI .....	37
3.	ANALISI DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE, AMBIENTALE E DI SETTORE .....	39

3.1	PIANO TERRITORIALE REGIONALE (PTR) .....	40
3.2	PIANO TERRITORIALE PAESISTICO REGIONALE (PTPR) .....	40
3.3	PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) .....	42
3.4	PIANO ARIA INTEGRATO REGIONALE (PAIR).....	60
3.5	PIANO ENERGETICO REGIONALE (PER) E PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE E IL CLIMA (PAESC) 65	
3.6	PIANO TERRITORIALE METROPOLITANO – CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA .....	73
3.6.1	“Carta della Struttura” .....	75
3.6.2	“Carta degli Ecosistemi” .....	82
3.6.3	“Carta di area vasta di rischio idraulico” .....	87
3.6.4	“Carta di area vasta delle aree suscettibili degli effetti locali” .....	93
3.6.5	“Carta reti ecologiche e fruizione turismo” .....	96
3.7	PIANO URBANO DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILE (PUMS) .....	108
3.7.1	Obiettivi.....	108
3.7.2	Mobilità pedonale e ciclistica .....	109
3.7.3	Tpm – Trasporto Pubblico Metropolitano .....	110
3.8	PIANO URBANISTICO GENERALE (PUG) – COMUNE DI BOLOGNA .....	116
3.8.1	Resilienza ed ambiente.....	117
3.8.1	Abitabilità ed inclusione .....	119
3.8.1	Attrattività e lavoro.....	120
3.8.2	“Tutele e vincoli” .....	121
3.8.2.1	Tutele – Risorse idriche e assetto idrogeologico .....	123
3.8.2.2	Tutele – Stabilità dei versanti .....	130
3.8.2.3	Tutele – Elementi naturali e paesaggistici.....	131
3.8.2.4	Tutele – Testimonianze storiche e archeologiche .....	133
3.8.2.5	Tutele – Rischio sismico .....	138
3.8.2.6	Tutele – PTM - Ecosistemi naturali e limitazioni per gli interventi all'esterno del territorio urbanizzato 141	
3.8.2.7	Vincoli – Infrastrutture, suolo e servizi.....	143

3.8.2.8	Vincoli – Infrastrutture per la navigazione aerea/1 .....	146
3.8.2.9	Vincoli – Infrastrutture per la navigazione aerea/2 .....	147
3.8.2.10	Vincoli – Elettromagnetismo .....	150
3.9	PIANO GENERALE TRAFFICO URBANO (PGTU) .....	153
4.	L'AMBIENTE: RICOSTRUZIONE DELLO STATO ATTUALE, DELLE PROBLEMATICHE E DELLE MISURE DI CONTENIMENTO DEGLI IMPATTI .....	159
4.1	MOBILITÀ E TRAFFICO .....	159
4.1.1	Trasporto privato .....	159
4.1.2	Servizio taxi .....	160
4.1.3	Trasporto pubblico .....	161
4.1.4	Principali criticità del sistema di mobilità .....	162
4.1.5	Modello di traffico .....	163
4.1.5.1	Approccio metodologico .....	163
4.1.5.2	Zonizzazione dell'area di studio .....	163
4.1.5.3	L'offerta di trasporto .....	164
4.1.5.4	La domanda di trasporto .....	165
4.1.6	Modello di interazione domanda-offerta .....	166
4.1.7	Scenari futuri – Evoluzione demografica e sviluppi urbanistici .....	168
4.1.8	Scenari futuri – Scenario di riferimento .....	169
4.1.9	Scenari futuri – Lo scenario di progetto .....	173
4.1.10	Risultati .....	174
4.2	ATMOSFERA .....	175
4.2.1	Premessa .....	175
4.2.2	Quadro normativo di riferimento .....	177
4.2.2.1	Il Decreto Ministero Ambiente 60/2002 .....	178
4.2.2.2	Il Decreto Legislativo 155/2010 .....	178
4.2.2.3	Tabella riassuntiva dei limiti di concentrazione .....	180
4.2.2.4	Piano di gestione qualità dell'aria .....	181
4.2.3	Inquinanti caratteristici del traffico stradale .....	182

4.2.3.1	Ossidi di azoto (NOX) .....	182
4.2.3.2	Polveri fini (PM <sub>10</sub> ) e finissime (PM <sub>2.5</sub> ) .....	183
4.2.3.3	Monossido di carbonio (CO) .....	185
4.2.4	Inquadramento meteorologico .....	185
4.2.4.1	Stato del clima .....	185
4.2.4.2	Temperatura .....	186
4.2.4.3	Precipitazioni .....	187
4.2.4.4	Direzione e velocità del vento .....	188
4.2.4.5	Stabilità atmosferica .....	191
4.2.5	Stato attuale della qualità dell'aria .....	193
4.2.5.1	Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> ) .....	194
4.2.5.2	Ozono (O <sub>3</sub> ) .....	196
4.2.5.3	Particolato (PM <sub>10</sub> ) .....	199
4.2.5.4	Particolato (PM <sub>2.5</sub> ) .....	202
4.2.5.5	Monossido di carbonio (CO) .....	205
4.2.5.6	Benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) .....	207
4.2.6	Simulazione atmosferica stato attuale/stato di progetto .....	210
4.2.6.1	Modello di simulazione .....	210
4.2.6.2	Dati di traffico .....	210
4.2.6.3	Fattori di emissione medi per il traffico .....	212
4.2.6.4	Risultati delle simulazioni .....	216
4.2.6.5	Valutazioni in merito alle simulazioni effettuate .....	223
4.2.7	Simulazioni atmosferiche aggiornate in fase di screening .....	224
4.2.7.1	Aggiornamento scenari emissivi .....	224
4.2.7.2	Aggiornamento ricaduta degli inquinanti .....	229
4.2.8	Considerazioni sulle simulazioni effettuate .....	240
4.3	RUMORE .....	241
4.3.1	Quadro di riferimento legislativo .....	242
4.3.2	Classificazione acustica del territorio .....	244
4.3.3	Indagini eseguite in fase di studio di prefattibilità .....	249

4.3.3.1	Criteri metodologici .....	250
4.3.3.2	Risultati.....	254
4.3.4	Modello di calcolo e mappe acustiche .....	257
4.3.4.1	Modello di taratura.....	257
4.3.4.2	Risultati delle simulazioni (scenario attuale).....	261
4.3.4.3	Risultati delle simulazioni (scenario di riferimento) .....	266
4.3.4.4	Modello previsionale.....	270
4.3.4.5	Valutazione del rumore prodotto dal Tram .....	271
4.3.4.6	Confronto tra scenario attuale e scenario di progetto .....	279
4.3.4.7	Mitigazioni acustiche.....	285
4.4	VIBRAZIONI.....	287
4.4.1	Premessa.....	287
4.4.2	Sintesi dello studio di impatto effettuato .....	288
4.4.3	Approccio progettuale progetto definitivo-esecutivo .....	305
4.5	ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE .....	308
4.5.1	Acque superficiali .....	308
4.5.1.1	Inquadramento delle acque superficiali.....	309
4.5.1.2	Qualità delle acque superficiali .....	312
4.5.2	Acque sotterranee.....	326
4.5.2.1	Inquadramento delle acque sotterranee .....	326
4.5.2.2	Monitoraggio delle acque sotterranee .....	335
4.6	SUOLO E SOTTOSUOLO .....	355
4.6.1	Inquadramento geomorfologico-geologico-idrogeologico e sismico .....	355
4.6.1.1	Geomorfologia .....	355
4.6.1.2	Assetto geologico regionale .....	357
4.6.1.3	Inquadramento idrogeologico.....	362
4.6.1.4	Subsidenza locale.....	371
4.6.1.5	Macrosismicità dell'area .....	376
4.6.1.6	Categorie di sottosuolo.....	380
4.6.2	Verifica suscettibilità alla liquefazione .....	381

4.6.3	Modello geologico e caratterizzazione meccanica dei terreni.....	381
4.6.4	Consumo di suolo .....	383
4.7	PAESAGGIO E PATRIMONIO STORICO/CULTURALE .....	385
4.7.1	Inquadramento del contesto paesaggistico .....	386
4.7.2	Caratteri paesaggistici .....	388
4.7.3	La Storia Urbana e Urbanistica e le principali vicende storiche del comune di Bologna.....	389
4.8	ECOSISTEMI, VEGETAZIONE E FLORA, FAUNA .....	392
4.8.1	Ecosistemi .....	392
4.8.2	Stato della vegetazione.....	395
4.8.3	Stato della fauna.....	399
4.9	SISTEMA INSEDIATIVO, CONDIZIONI SOCIOECONOMICHE E SALUTE PUBBLICA .....	414
4.9.1	Caratteri specifici delle aree interessate dal progetto.....	414
4.9.2	Rischio da incidente rilevante.....	415
4.10	ENERGIA ED ELETTROMAGNETISMO .....	416
4.10.1	Inquinamento da campi elettromagnetici.....	416
4.10.1.1	Elettrodotti (basse frequenze) .....	417
4.10.1.2	Impianti di radiocomunicazione (alte frequenze).....	418
4.10.2	Quadro normativo di riferimento .....	419
4.10.2.1	Normativa europea .....	419
4.10.2.2	Normativa nazionale.....	420
4.10.2.3	Normativa regionale .....	431
4.10.2.4	Norme CEI.....	431
4.10.3	Situazione attuale: sorgenti di campo elettromagnetico presenti.....	431
4.10.4	Impianti e SSE a servizio del collegamento tramviario .....	435
4.10.4.1	Descrizione del sistema di alimentazione della trazione elettrica .....	435
4.10.4.2	Localizzazione delle SSE .....	437
4.10.4.3	Punti di consegna delle forniture MT .....	438
4.10.4.4	Interconnessione SSE con linea in cavo MT.....	438
4.10.4.5	Dimensionamento elettrico .....	439

4.10.4.6	Linea di contatto .....	439
4.10.5	Potenziali impatti degli impianti a servizio del collegamento.....	441
4.10.5.1	Potenziali impatti delle SSE a servizio del collegamento.....	442
4.10.5.2	Potenziali impatti della linea in cavo MT lungo il tracciato .....	454
4.10.5.3	Verifica rispetto limite 100 microtesla .....	456
4.10.6	Consumi di energia.....	459
5.	IMPATTI AMBIENTALI DEL PROGETTO E MISURE DI MITIGAZIONE ADOTTATE .....	461
5.1	MOBILITÀ E TRAFFICO .....	461
5.1.1	Impatti .....	461
5.1.1.1	Fase di cantiere .....	461
5.1.1.2	Fase di esercizio .....	461
5.1.2	Mitigazioni .....	463
5.1.2.1	Fase di cantiere .....	463
5.1.2.2	Fase di esercizio .....	464
5.2	ATMOSFERA .....	464
5.2.1	Impatti .....	464
5.2.1.1	Fase di cantiere .....	464
5.2.1.2	Fase di esercizio .....	465
5.2.2	Mitigazioni .....	466
5.2.2.1	Fase di cantiere .....	466
5.2.2.2	Fase di esercizio .....	469
5.3	RUMORE.....	469
5.3.1	Impatti .....	469
5.3.1.1	Fase di cantiere .....	469
5.3.1.2	Fase di esercizio .....	483
5.3.2	Mitigazioni .....	484
5.3.2.1	Fase di cantiere .....	484
5.3.2.2	Fase di esercizio .....	484
5.4	VIBRAZIONI.....	485

5.4.1	Impatti .....	485
5.4.1.1	Fase di cantiere .....	485
5.4.1.2	Fase di esercizio .....	486
5.4.2	Mitigazioni .....	486
5.4.2.1	Fase di cantiere .....	486
5.4.2.2	Fase di esercizio .....	488
5.5	ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE .....	489
5.5.1	Impatti .....	489
5.5.1.1	Fase di cantiere .....	489
5.5.1.2	Fase di esercizio .....	490
5.5.2	Mitigazioni .....	492
5.5.2.1	Fase di cantiere .....	492
5.5.2.2	Fase di esercizio .....	493
5.6	SUOLO E SOTTOSUOLO .....	501
5.6.1	Impatti .....	501
5.6.1.1	Fase di cantiere .....	502
5.6.1.2	Fase di esercizio .....	504
5.6.2	Mitigazioni .....	504
5.6.2.1	Fase di cantiere .....	504
5.6.2.2	Fase di esercizio .....	506
5.7	PAESAGGIO E PATRIMONIO STORICO/CULTURALE .....	506
5.7.1	Impatti .....	506
5.7.2	Mitigazioni .....	511
5.8	ECOSISTEMI, VEGETAZIONE E FLORA, FAUNA .....	515
5.8.1	Impatti .....	515
5.8.1.1	Fase di cantiere .....	515
5.8.1.2	Fase di esercizio .....	516
5.8.2	Mitigazioni .....	517
5.8.2.1	Fase di cantiere .....	517

5.8.2.2	Fase di esercizio .....	517
5.9	ENERGIA ED ELETTROMAGNETISMO .....	544
5.9.1	Impatti .....	544
5.9.1.1	Fase di cantiere .....	544
5.9.1.2	Fase di esercizio .....	544
5.9.2	Mitigazioni .....	545
5.9.2.1	Fase di cantiere .....	545
5.9.2.2	Fase di esercizio .....	545
5.10	SISTEMA INSEDIATIVO, CONDIZIONI SOCIO-ECONOMICHE E SALUTE PUBBLICA .....	546
5.10.1	Impatti .....	546
5.10.2	Mitigazioni .....	547
5.11	SINTESI IMPATTI-MITIGAZIONI .....	547
6.	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE .....	557
7.	ALLEGATI .....	558

## 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce lo studio preliminare ambientale relativo alle principali modifiche progettuali ubicate nel tratto finale della “Seconda linea tranviaria di Bologna (Tratto Nord Linea Verde)” intervenute tra la fase di progettazione PFTE e quella di PD.

Il progetto PFTE della “Seconda linea tranviaria di Bologna (Tratto Nord Linea Verde)”, nel suo complesso è stato già sottoposto a procedura di verifica di assoggettabilità (screening) alla Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.), in quanto ricade tra quelli di cui all’allegato B alla L.R. 4/2018, nella categoria B.3.8: *“Sistemi di trasporto a guida vincolata (tramvie e metropolitane), funicolari o linee simili di natura particolare, esclusivamente o principalmente adibite al trasporto di passeggeri”*.

Con Determinazione n° 6531 del 27/03/2023 la Regione Emilia Romagna ha escluso, ai sensi dell’art. 11, comma 1 della L.R. 4/2018 dall’ulteriore procedura di VIA il progetto in oggetto, subordinatamente al rispetto delle prescrizioni e con l’indicazione delle raccomandazioni formulate nel decreto stesso.

A valle delle principali modifiche progettuali intervenute nella parte finale del tracciato, è stato redatto il presente elaborato sulla base di quanto previsto dall’art. 5 della L.R. 4/2018 e s.m.i. *“Al fine di verificare se possano produrre impatti significativi e negativi per l’ambiente e vadano sottoposti a VIA, sono assoggettati alla verifica di assoggettabilità a VIA (screening), i seguenti progetti:*

- a) *i progetti di cui agli allegati B.1, B.2, B.3;*
- b) *i progetti di modifiche o estensioni di progetti di cui agli allegati A.1, A.2, A.3, B.1, B.2 e B.3, la cui realizzazione potenzialmente possa produrre impatti ambientali significativi e negativi.”*

In particolare, come detto sopra il presente studio è incentrato sulle modifiche intervenute nella parte finale del tracciato. Infatti, il PFTE approvato prevedeva che la linea tramviaria raggiungesse il territorio comunale di Castel Maggiore, immettendosi nell’area ferroviaria in prossimità della

stazione di Corticella ed attestandosi in un grande parcheggio d'interscambio accessibile da via G. Di Vittorio. In prossimità di tale parcheggio era prevista la realizzazione del capolinea Nord e di un deposito secondario per il rimessaggio delle vetture tramviarie. Nell'ambito delle suddette previsioni era prevista, inoltre, la modifica del tracciato di via Bentini (tra il ponte sul Navile – che veniva allargato verso nord – ed il sottopasso ferroviario) con l'acquisizione di aree private a nord della stessa e l'eliminazione della rampa di scale che oggi connette il marciapiede del sottopasso con il soprastante piazzale di stazione (vedi Figura 2-6).

Il Progetto Definitivo prevede, invece, che la linea si attesti direttamente in corrispondenza del piazzale posto a est della stazione di Corticella, con il nuovo capolinea Nord, mentre il deposito secondario viene previsto nell'area libera a nord di via Shakespeare (in corrispondenza dell'intersezione con via Bentini). L'interscambio auto/bus/tram viene invece spostato all'interno di un nuovo parcheggio multipiano posto sempre nella suddetta area ma appena ad ovest del deposito secondario.

Il Progetto Definitivo prevede, ancora, la sistemazione urbanistica del piazzale di stazione, con la realizzazione di un percorso viario ad anello (che garantisce l'accesso ai parcheggi oggi presenti ed alle aree ferroviarie, nonché la realizzazione di alcuni nuovi stalli per interscambio rapido o per taxi). All'interno dell'anello si prevede la realizzazione di una grande area verde dotata di percorso pedonale per la connessione tra il capolinea e la stazione SFM.

Si prevede, infine, il mantenimento dell'attuale assetto della via Bentini (tra il ponte sul Navile ed il sottopasso) l'acquisizione di aree a sud della stessa (nell'ambito dell'area del Pastificio Corticella) finalizzata al passaggio dell'infrastruttura tramviaria e la realizzazione di un nuovo ponte (a sud di quello esistente) dedicato esclusivamente alla tramvia.

Lo studio è stato volto alla caratterizzazione dell'area di intervento sia dal punto di vista programmatico/pianificatorio, sia sotto il profilo dei vincoli urbanistici ed ambientali vigenti, che, infine, sotto il profilo territoriale-ambientale. L'obiettivo è stato essenzialmente quello di verificare la fattibilità dell'opera dal punto di vista ambientale, identificando lo stato delle componenti interessate, le principali interazioni che l'opera può generare sul territorio di

intervento e le principali azioni che possono essere previste per la prevenzione/minimizzazione degli impatti.

In tal senso il documento è stato articolato nelle seguenti parti:

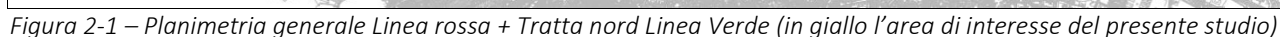
- Principali caratteristiche dell'intervento: che fornisce l'inquadramento delle aree interessate dal progetto, le principali caratteristiche dell'intervento e le prime indicazioni in merito alla cantierizzazione;
- Analisi degli strumenti di pianificazione urbanistica, ambientale e di settore: fornisce gli elementi conoscitivi delle relazioni tra l'opera in progetto e gli strumenti di pianificazione/programmazione territoriale e settoriale, verificandone la conformità;
- Ambiente: ricostruzione dello stato attuale, delle problematiche ambientali e delle misure di contenimento degli impatti: descrive l'inquadramento del territorio e dell'ambiente interessati dall'opera, le componenti ed i fattori ambientali interessati ed evidenzia le relazioni con l'opera in progetto;
- Allegati grafici esplicativi.

## 2. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

### 2.1 DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

Il tracciato della Linea Verde, dal capolinea su Via dei Mille al capolinea Nord di Corticella, lungo poco più di 6.70 km, e si sviluppa quasi interamente sull'asse sud-nord costituito da via Indipendenza, via Matteotti, via Corticella, via Bentini, per poi deviare leggermente e percorrere via S. Anna, via Byron e via Shakespeare per il tratto finale.

Lungo il tracciato, oltre ai suddetti capolinea, sono collocate 15 fermate, di cui 3 in comune con la realizzanda Linea Rossa.



Questa configurazione viene mantenuta fino a P.zza dell'Unità (per uno sviluppo di ca. 1,17 km.,) raggiunta la quale il tracciato piega prima sulla sinistra per poi imboccare a nord via Corticella e svilupparsi nel quadrante nord della città di Bologna fino al capolinea di Corticella per ulteriori 5,22 km.

All'intersezione tra via Bentini e via S. Anna, il tracciato devia verso Est per percorrere quest'ultima strada fino all'intersezione con via Byron: qui svolta sulla sinistra verso nord fino all'intersezione con via Shakespeare.

Il tratto adesso descritto, compreso tra le fermate Gorky e Shakespeare, per una lunghezza di ca. 900 m, non presenta linea di contatto per la circolazione dei mezzi tranviari (tratta Catenary free): tale soluzione, resa possibile dalle caratteristiche delle nuove vetture che circoleranno sulla rete Bolognese dotate di sistemi a batterie, permetterà di eliminare linea e soprattutto pali di sostegno lungo in tratto di viabilità esistente lungo la quale in tram circolerà in promiscuo con le vetture private.

Nel tratto finale di via Shakespeare, all'intersezione con via Bentini, è prevista la realizzazione di una nuova rotatoria che permetterà anche l'accesso al nuovo polo di interscambio modale collocato a nord di via Shakespeare, nell'area interclusa tra la viabilità a sud, il centro sportivo a est e il canale Navile a ovest.

In tale area è prevista la realizzazione di un parcheggio multipiano fuori terra per i mezzi privati su gomma, un capolinea a raso per i mezzi pubblici extraurbani che provengono da nord dall'area di Castel maggiore, e sul lato destro, un area di ricovero notturno per i mezzi tranviari, equivalente a quanto previsto per l'area ricovero "Pilastro" della linea Rossa, con 4 binari per permettere di attestare la sera le prime vetture che inizieranno il servizio nelle prime ore della giornata successiva.

Infine, il tracciato termina con l'attraversamento del canale Navile grazie alla realizzazione di un nuovo ponte collocato a sud di quello esistente, lungo 59 m e ad esclusivo utilizzo delle vetture tranviarie: attraverso questa nuova infrastruttura la linea raggiungerà in nuovo capolinea nord "Corticella", collocato in corrispondenza del piazzale della omonima stazione ferroviaria SFM.

Lungo il tracciato da Piazza dell'Unità al Capolinea Corticella sono ubicate 12 fermate, ad un interasse medio di 500 m, tranne che nel tratto di attraversamento dello svincolo della

tangenziale di Bologna lungo via Corticella che rende impossibile la collocazione di fermate nel rispetto della distanza sopra riportata.

Come ultima annotazione, va ricordato che il capolinea di via dei Mille diventerà, quando la seconda linea sarà completata con il suo ramo sud, una semplice fermata intermedia dell'itinerario più lungo che collegherà il capolinea nord di Corticella/Castel Maggiore con il futuro capolinea da posizionare nel quadrante sud-ovest della città, punto terminale della seconda linea.

## 2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La Città metropolitana di Bologna ha una popolazione di poco più di 1 milione di abitanti. Al centro del suo territorio, sviluppato sulla traccia della via Emilia che lo attraversa trasversalmente, è collocata la città di Bologna, con una popolazione di ca. 400.000 abitanti, fulcro di tutte le principali infrastrutture e arterie di traffico di rilievo regionale e nazionale: dalla città di Bologna si diramano infatti i più importanti assi autostradali e ferroviari del nord, facendo del capoluogo emiliano uno dei principali nodi di mobilità nazionale.

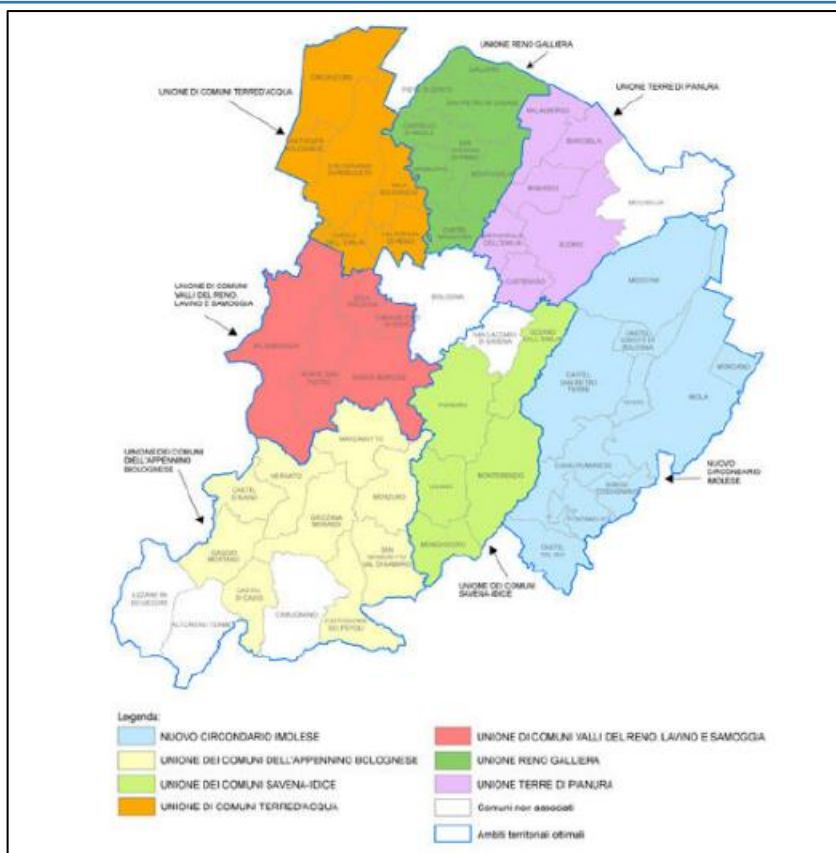


Figura 2-2 – Città Metropolitana di Bologna

Su Bologna convergono le autostrade A1 e A14 (in direzione est-ovest), mentre lungo la direttrice nord-sud il territorio è interessato dalla A13 e dal proseguimento della A1. La città è inoltre considerata uno dei nodi ferroviari più importanti del settentrione. Infine, con centro in Bologna, si sviluppa in maniera radiale e in otto direzioni differenti una rete su ferro che rappresenta l'ossatura del Servizio Ferroviario Metropolitano.

Anche la rete delle strade statali e provinciali gravita su Bologna, ma si sviluppa prevalentemente nel territorio di Pianura, creando una rete a maglie quadrate parallela alla via Emilia.

Il capoluogo di Regione svolge chiaramente un ruolo guida per l'intero territorio regionale e nazionale e sul suo territorio converge anche il grosso della mobilità privata su gomma dell'area; pertanto interesse di tutte le amministrazioni susseguitesi a Bologna è sempre stato lo sviluppo di maggiori e migliori "connessioni", non solo da e verso la zona centrale della città, (anche se è

il bisogno prioritario) ma anche da e verso i servizi (ad esempio quelli ospedalieri) e i centri attrattori presenti nel territorio urbano e metropolitano, il potenziamento del SFM (aumentando la frequenza e la capienza dei treni ed introducendo l'unico titolo di viaggio) e miglioramento della connessione alle fermate e quindi dell'intermodalità, il potenziamento e valorizzazione dei grandi poli logistici bolognesi.

### 2.2.1 *IL TRASPORTO PUBBLICO*

Il trasporto collettivo metropolitano comprende il Servizio Ferroviario Metropolitano ed il servizio di trasporto collettivo suburbano ed extraurbano su gomma.

Complessivamente la rete totale (gomma e ferro) si estende per oltre 3.000 km. ed è percorsa da circa 3.110 corse al giorno (2.700 TPL su gomma e 410 su ferro).

Attualmente il servizio è garantito sia da bus tradizionali che da vetture filoviarie che soddisfano circa la metà degli spostamenti giornalieri e hanno frequenze nelle ore di punta anche molto elevate. Nonostante ciò, nelle ore di punta e di maggiore congestione complessiva, alcune linee soffrono più di altre un sovraffollamento dei mezzi, con effetti non solo sulla qualità del servizio, ma anche sulla sua regolarità ed efficienza, creando anche fenomeni di accodamento.

### 2.2.2 *LA RETE "SU FERRO"*

Gli obiettivi della politica locale per quanto riguarda la mobilità dell'area di Bologna sono sempre stati rivolti ad offrire sistemi di trasporto che rispondessero di volta in volta alle esigenze economiche, sociali e ambientali della comunità e garantissero un'elevata mobilità e integrazione tra i vari mezzi di trasporto.

Non stupisce quindi che l'interesse di Bologna per i sistemi di trasporto su ferro sia sempre stata presente nella programmazione comunale: prova ne sono sia lo sviluppo di una precedente rete tranviaria sia il tentativo ormai ventennale di iniziare il percorso di sviluppo di una nuova forte rete di trasporto pubblico su rotaia.

## 2.3 OBIETTIVI DEL PROGETTO

Il progetto del tratto nord della linea Verde, si inquadra come secondo ramo tranviario della nuova rete a servizio della città di Bologna, che trova le sue motivazioni nel “Piano Urbano della Mobilità Sostenibile” (PUMS) della Città Metropolitana di Bologna, adottato lo scorso 27 novembre 2018, divenendone un primo fondamentale elemento attuativo.

La redazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile metropolitano di Bologna nasce dalla necessità di offrire soluzioni innovative alle criticità del sistema della mobilità del territorio e rispondenti a una duplice e complementare esigenza di carattere etico e normativo: ridurre le emissioni di gas climalteranti e l’incidentalità stradale, assicurando un efficientamento dei sistemi di mobilità sostenibili e agevolando la progressiva decarbonizzazione del parco veicolare e la transizione verso l’elettrico.

La crescente attenzione dell’opinione pubblica verso il tema della sostenibilità ha posto l’obbligo di proporre un nuovo paradigma di mobilità fondato sul miglioramento dei servizi di trasporto pubblico collettivo e sulla loro integrazione con reti più estese e più sicure dedicate alla mobilità ciclabile e pedonale, nell’ottica di assicurare una diffusa coesione territoriale ed un’effettiva inclusione sociale.

Al tempo stesso i limiti fissati dalla normativa vigente in materia di riduzione delle emissioni inquinanti da traffico hanno sancito la necessità di mettere in campo politiche di mobilità e misure concrete che recepiscano gli obiettivi indicati per il conseguimento di tali ambiziosi obiettivi, declinandoli non solo al Comune di Bologna ma all’intero territorio metropolitano.

### 2.3.1 LE STRATEGIE PER IL POTENZIAMENTO DELLA RETE URBANA DI BOLOGNA PREVISTE NEL PUMS

Il primo fondamentale aspetto che il PUMS Metropolitano di Bologna affronta riguarda la definizione di una nuova rete portante del Trasporto Pubblico Metropolitano in grado di superare i limiti dell’attuale sistema e di offrire un’alternativa competitiva all’uso dell’auto privata, anche per spostamenti non sistematici ed estesa al territorio metropolitano, in grado di garantire

maggiore attrattività e una sistematica connessione durante tutto l'arco della giornata con i servizi di eccellenza e i nodi della grande rete.

Coerentemente alle strategie individuate dal PUMS occorre quindi sviluppare il tema del potenziamento della rete portante del trasporto pubblico urbano di Bologna, superando i limiti di capacità dell'offerta attuale, al fine di soddisfare i consistenti incrementi di domanda attesi da trasferimento modale. In quest'ottica, si procederà al passaggio dal sistema su gomma/filoviario attuale ad un sistema di livello superiore per capacità, velocità e qualità sia reale che percepita. La programmazione vigente ha già definito, con il progetto PIMBO, un'evoluzione della rete delle autolinee portanti esistente verso una nuova e più estesa rete filoviaria che, integrandosi con il sistema "Crealis" tra Bologna e San Lazzaro attualmente in fase di collaudo, intende garantire non tanto una maggiore capacità del servizio, quanto benefici ambientali diretti ed una maggiore integrazione con la rete SFM.

Tuttavia, considerando la tempistica per l'implementazione del progetto PIMBO, e l'obiettivo dell'elettrificazione completa della rete urbana e della crescita della sua capacità, la proposta contenuta nel PUMS è quella di una progressiva transizione verso la tecnologia tranviaria per la componente della rete portante metropolitana interna alla città Bologna.

Tale scelta è suffragata sostanzialmente da due elementi di criticità, tra loro interdipendenti, che si stanno evidenziando sulle attuali linee portanti urbane, tendenzialmente esercite con autobus e filobus articolati:

- l'accentuazione, negli ultimi anni, di un sovraffollamento a bordo dei mezzi in diverse ore del giorno nelle tratte a ridosso delle aree centrali, con conseguenti riflessi sul comfort di viaggio e sui perditempo alle fermate;
- un raggiunto limite di distanziamento minimo tra i passaggi dei mezzi nei corridoi su cui insistono più linee, con le conseguenti problematiche in termini di fluidità della circolazione.

Riconosciuta l'esigenza di una progressiva transizione verso la tecnologia tranviaria, il PUMS ha definito un assetto "a regime" che prevede 4 linee interconnesse tra loro (vedi figura che segue), da svilupparsi in un orizzonte temporale superiore a quello del Piano (quindi oltre il 2030):

- Linea Tram Rossa: Terminal Borgo Panigale – CAAB;
- Linea Tram Gialla: Casteldebole – Rastignano;
- Linea Tram Verde: Dep. Due Madonne – Corticella;
- Linea Tram Blu: Casalecchio – San Lazzaro (attuazione prevista oltre lo Scenario PUMS - 2030).

Ferma restando la prospettiva a regime della rete tranviaria strutturata in quattro linee, l'approccio adottato dal PUMS per la definizione della configurazione della rete portante urbana nello Scenario PUMS (2030) prevede l'armonizzazione della proposta di Piano con i progetti già previsti dalla programmazione vigente e la progressiva transizione verso la tecnologia tranviaria come evoluzione nel medio-lungo periodo. Entro lo Scenario PUMS (2030), pertanto, è stata prevista l'attivazione delle sole tre linee Rossa, Gialla e Verde, l'assunzione in toto del sistema Crealis e dei rami del progetto PIMBO che garantiscono la piena integrazione con l'assetto previsto dal PUMS senza sovrapporsi alle prime tre linee della rete tranviaria, ipotizzando invece un successivo processo di project review del progetto PIMBO relativamente agli altri tratti filoviari che si dovrebbero sviluppare su direttrici caratterizzate da tecnologia tranviaria.

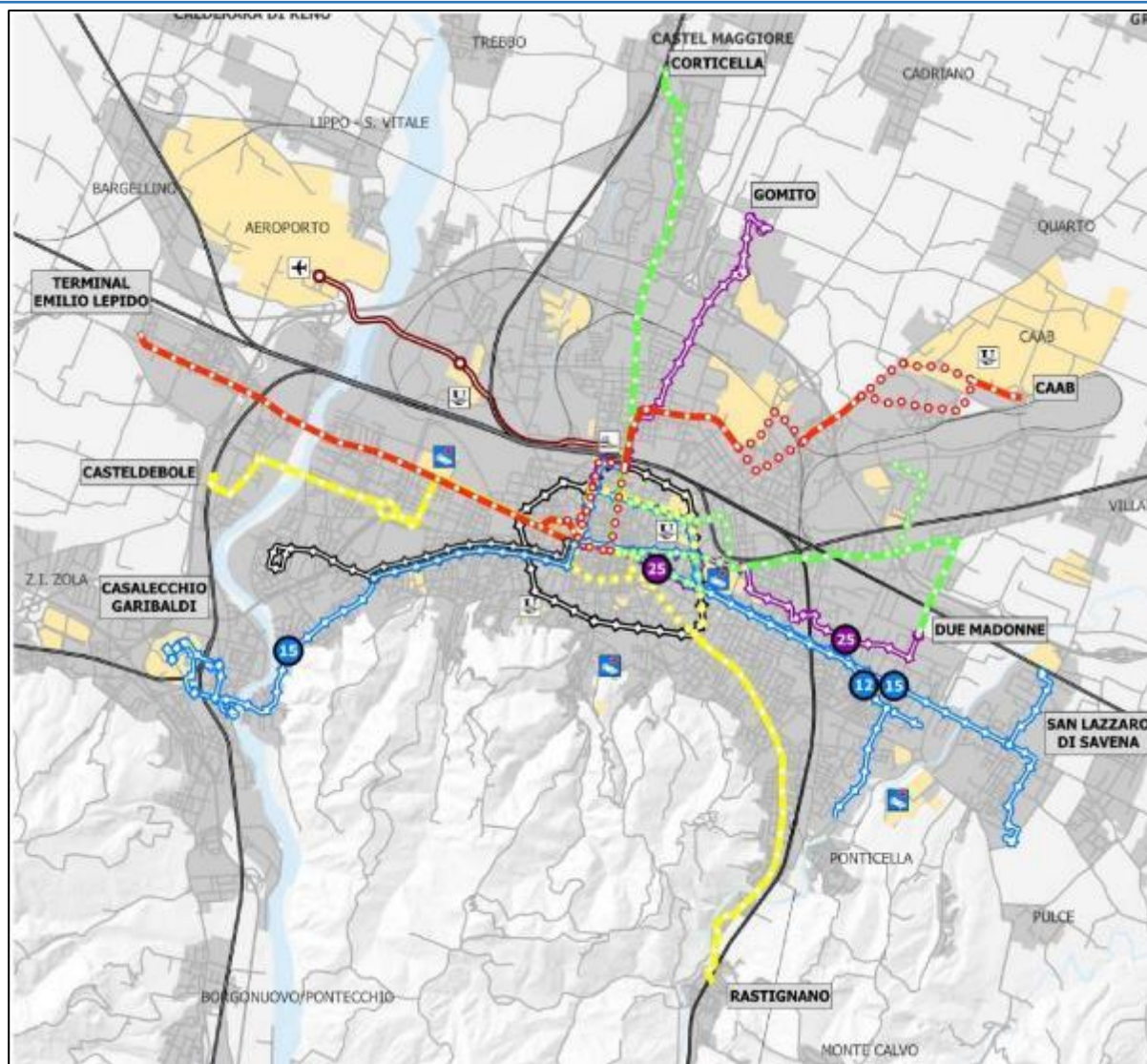


Figura 2-3 – Assetto a regime della rete tranviaria (oltre lo Scenario PUMS - 2030)

Il primo passo verso la realizzazione della rete tranviaria della città di Bologna è stato fatto con la progettazione e inizio attività realizzative della “Linea Rossa” nella sua configurazione originaria dal Capolinea di Borgo Panigale, nella zona ovest della città, ai due capolinea “Michelino” e “Facoltà di Agraria” collocati rispettivamente nella zona nord-est ed est della città.

### 2.3.2 LA NUOVA LINEA ROSSA

Come sopra riportato, e descritto nel PUMS della città Metropolitana di Bologna, nel tentativo di migliorare la mobilità cittadina e ridurre gli impatti sul clima, il primo passo verso la realizzazione

della nuova rete di trasporto pubblico di massa su ferro è rappresentato dalla realizzazione della prima linea tranviaria di Bologna (Linea Rossa).

La linea attraversa da ovest ad est tutta la città, mettendo in comunicazione i poli attrattori più importanti della città: Quartiere Borgo Panigale-Reno, Ospedale Maggiore, Stazione Centrale Ferroviaria, Distretto “Fiera”, Zona Pilastro, IL CAAB, F.I.CO.

Nel dettaglio il tracciato trae origine dal capolinea ovest situato a Borgo Panigale dove è previsto anche un importante nodo di interscambio tra sistemi modali differenti (tram, Bus extraurbani e auto private), e si sviluppa lungo l’asse delle vie Marco Emilio Lepido, Emilia Ponente e Saffi fino al centro storico di Bologna; da qui prosegue verso nord in direzione della Stazione Bologna Centrale FS, del “Fiera District”, della via San Donato e della zona Pilastro, per giungere all’altro capolinea est nei pressi del Polo Funzionale CAAB e della facoltà di Agraria

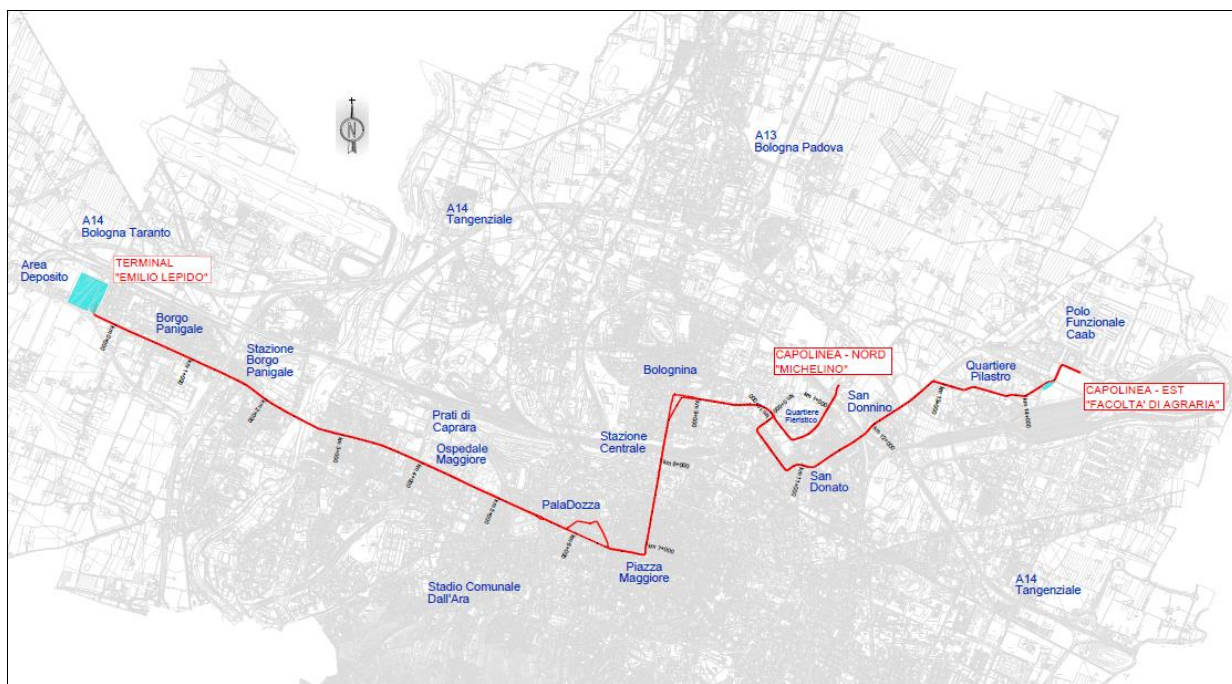


Figura 2-4 – Planimetria generale Linea 1

Lungo il tracciato che unisce i due capolinea sono collocate 29 fermate, ad un interasse medio di ca. 450/500 m.

La linea si completa con una diramazione, lunga circa 1,3 km che collega il centro fieristico con il Terminal Michelino, dove è ubicato un secondo nodo di interscambio tra mezzi privati, linee di trasporto pubblico extraurbane e il nuovo servizio tranviario.

Oltre al suddetto capolinea, lungo la diramazione è ubicata una fermata lungo viale della Fiera, in corrispondenza dell'ingresso pedonale del centro fieristico.

Per quasi tutto il suo sviluppo il tram procede lungo una sede riservata, con l'obiettivo di ridurre tutte le interferenze con le altre componenti della mobilità urbana, sia pubbliche che private: tale caratteristica è ottenuta sopraelevando di massimo 7 cm la sede tranviaria rispetto alla sede stradale limitrofa, in modo da rendere la sede comunque sormontabile qualora una situazione di emergenza ne richiedesse il transito per un mezzo di soccorso.



*Figura 2-5 – Sede tranviaria rialzata rispetto alla sede stradale*

La sede tranviaria avrà una larghezza in rettilineo pari a 6.00 m con un interasse tra i binari (sempre in rettilineo) di 3.00 m.

Tale valore, così come la distanza tra la rotaia più esterna e il limite della sede, potrà variare nei tratti in curva: i valori di interbinario e di franco laterale saranno tanto maggiori quanto minori saranno i valori delle curve planimetriche del tracciato.

Alla fine del tratto di attraversamento del centro lungo l'asse sud - nord, all'intersezione tra via Mazza e via Matteotti, in corrispondenza di piazza Unità, il tracciato devia verso est: proprio in questo incrocio è collocata la diramazione tranviaria (oggetto del presente appalto) che procedendo lungo via Corticella, arriva dopo poco più di 5 km al nuovo capolinea collocato nel quartiere Corticella.

## 2.4 CRITERI AMBIENTALI MINIMI

Le disposizioni del DM 23 giugno 2022 si applicano a tutti gli interventi edilizi di lavori disciplinati dal Codice dei Contratti pubblici. Nell'applicazione dei criteri si intendono fatti salvi i vincoli e le tutele, i piani, le norme e i regolamenti, qualora più restrittivi.

I Criteri Ambientali Minimi (CAM) si basano sui principi e i modelli di sviluppo dell'economia circolare, in sintonia con i più recenti atti di indirizzo comunitari, tra i quali la comunicazione COM (2020) 98 "Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare. Per un'Europa più pulita e più competitiva".

I CAM sono coerenti con un approccio di architettura bio-ecosostenibile che si basa sull'integrazione di conoscenze e valori rispettosi del paesaggio, dell'ambiente e della biologia di tutti gli esseri viventi che ne fanno parte e consentono quindi alla stazione appaltante di ridurre gli impatti ambientali generati dai lavori per la costruzione e dalla gestione dei relativi cantieri. Le competenze, gli accorgimenti progettuali e le tecnologie riguardo il tema dell'efficientamento energetico costituiscono solo una parte della sostenibilità, che invece riguarda diversi aspetti, indagati nell'ambito di un'analisi del ciclo di vita, della sfera ambientale, economica e sociale di un materiale o edificio. Il pensiero progettuale con "approccio bio-eco-sostenibile" implica concetti molto più ampi che considerano la salubrità quale valore aggiunto di una progettazione non basata soltanto su una somma di tecnologie, ma su un insieme dialogante tra materiali a

basso impatto ambientale (rinnovabili, durevoli, riutilizzabili, riciclabili) e conoscenze tecnologiche che sono attualmente a disposizione.

Pertanto, una progettazione realmente sostenibile parte da presupposti di conoscenze che riguardano la bioclimatica, il “sapere”, l’uso e la conservazione delle risorse materiche, la loro salubrità ed emissività e, infine, la loro corretta posa in opera nella fase realizzativa. Tali concetti devono essere presi in considerazione nella loro interezza e sin dalle prime fasi del progetto in modo da essere amalgamate e integrate in modo organico nella concezione dell’intervento, non “aggiunti” e adattati a posteriori. Gli edifici a basso impatto ambientale, di nuova realizzazione, devono potersi avvalere dell’utilizzo di materiali per l’edilizia sostenibile che attivino filiere virtuose, promotrici della transizione verso un’economia circolare e, allo stesso tempo, siano occasioni occupazionali etiche.

Il progetto definitivo è stato sviluppato in conformità ai CAM vigenti:

- Affidamento di servizi di progettazione e affidamento di lavori per interventi edilizi, approvati con DM 23 giugno 2022 n. 256, GURI n. 183 del 8 agosto 2022 ed in vigore dal 4 dicembre 2022. La conformità al DM è descritta nel presente documento e rintracciabile negli elaborati;
- Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di parchi giochi, la fornitura e la posa in opera di prodotti per l'arredo urbano e di arredi per gli esterni e l'affidamento del servizio di manutenzione ordinaria e straordinaria di prodotti per arredo urbano e di arredi per esterni, adottati con DM 7 febbraio 2023, pubblicato nella G.U. n. 69 del 22 marzo 2022 ed in vigore il 20 luglio 2023. La conformità al DM è rintracciabile negli elaborati dell’Inserimento Urbanistico;
- Acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l’acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l’affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica (approvato con DM 27 settembre 2017, in G.U. n 244 del 18 ottobre 2017). La conformità al DM è rintracciabile negli elaborati dell’Illuminazione

Pubblica, con particolare riferimento a B381C-D-X00-ILL-XXX-RT-01 Relazione tecnica dell'Illuminazione Pubblica;

- Servizio di gestione del verde pubblico e fornitura prodotti per la cura del verde (approvato con DM n. 63 del 10 marzo 2020, in G.U. n.90 del 4 aprile 2020). La conformità al DM è descritta in B381C-D-X00-V00-URB-RG-01 Relazione tecnica illustrativa delle Opere a Verde.

I Criteri Ambientali Minimi (CAM):

- costituiscono criteri progettuali obbligatori che il progettista affidatario o gli uffici tecnici della stazione appaltante (nel caso in cui il progetto sia redatto da progettisti interni) utilizzano per la redazione del progetto di fattibilità tecnico-economica e dei successivi livelli di progettazione;
- costituiscono criteri progettuali obbligatori che l'operatore economico utilizza per la redazione del progetto definitivo o esecutivo nei casi consentiti dal Codice dei Contratti o di affidamento congiunto di progettazione ed esecuzione lavori, sulla base del progetto posto a base di gara.

Nella sola ipotesi di affidamento congiunto di progettazione ed esecuzione lavori, nella documentazione di gara, con riferimento all'offerta tecnica, la stazione appaltante richiede agli operatori economici di illustrare:

- il piano di lavoro attraverso il quale intende integrare i criteri nel progetto;
- le metodologie che utilizzerà per l'integrazione dei criteri di tipo naturalistico-ambientale. In particolare, la stazione appaltante, negli atti di gara prevede, tra le prestazioni tecniche di cui agli artt. da 14 a 43 del decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010 n. 207 anche una "Relazione tecnica e relativi elaborati di applicazione CAM", di seguito, "Relazione CAM", in cui il progettista indica, per ogni criterio, le scelte progettuali inerenti le modalità di applicazione, integrazione di materiali, componenti e tecnologie adottati, l'elenco degli elaborati grafici, schemi, tabelle di calcolo, elenchi ecc. nei quali sia

evidenziato lo stato ante operam, gli interventi previsti, i conseguenti risultati raggiungibili e lo stato post operam e che evidenzia il rispetto dei criteri contenuti in questo documento. Nella relazione CAM il progettista dà evidenza anche delle modalità di contestualizzazione delle specifiche tecniche alla tipologia di opere oggetto dell'affidamento. Inoltre, il progettista, dà evidenza dei motivi di carattere tecnico che hanno portato all'eventuale applicazione parziale o mancata applicazione delle specifiche tecniche, tenendo conto di quanto previsto dall'art.34 comma 2 del decreto legislativo 18 aprile 2016 n. 50, che prevede l'applicazione obbligatoria delle specifiche tecniche e delle clausole contrattuali. Ciò può avvenire, ad esempio, per i seguenti motivi:

- prodotto da costruzione o impianto non previsto dal progetto;
- particolari condizioni del sito che impediscono la piena applicazione di uno o più specifiche tecniche, ad esempio una ridotta superficie di intervento in aree urbane consolidate che ostacola la piena osservanza della percentuale di suolo permeabile o impossibilità di modifica delle facciate di edifici esistenti per garantire la prestazione richiesta sull'illuminazione naturale;
- particolari destinazioni d'uso ad utilizzo saltuario, quali locali tecnici o di servizio magazzini, strutture ricettive a bassa frequentazione, per le quali non sono congruenti le specifiche relative alla qualità ambientale interna e alla prestazione energetica.

In tali casi è fornita, nella Relazione tecnica CAM, dettagliata descrizione del contesto progettuale e delle motivazioni tecniche per la parziale o mancata applicazione del o dei criteri contenuti in questo documento. Resta inteso che le stazioni appaltanti hanno l'obiettivo di applicare sempre e nella misura maggiore possibile i CAM in ottemperanza all'art.34 del decreto legislativo 18 aprile 2016 n. 50.

Resta inteso che le stazioni appaltanti hanno l'obiettivo di applicare sempre e nella misura maggiore possibile i CAM.

Per maggiori dettagli sull'applicazione dei CAM al progetto in esame e sulla verifica dei singoli criteri si rimanda all'elaborato B381C-D-X00-EGG-XXX-RT-01-A "Relazione di verifica del progetto definitivo ai CAM".

## 2.5 ELENCO DELLE OPERE

Con riferimento all'area oggetto del presente documento, l'intervento prevede le seguenti realizzazioni infrastrutturali:

n°	Identificazione	Breve nota descrittiva
1	SSE.12	Sottostazione elettrica fuori terra collocata in corrispondenza della Rimessa Corticella
2	Nuovo ponte sul Canale Navile	Realizzazione nuovo ponte sul Canale Navile (L= 58 m) collocato a sud del ponte esistente ed a esclusivo utilizzo delle vetture tranviarie
3	Parcheggio Nodo di Interscambio via Bentini	Realizzazione nuovo parcheggio multipiano fuori terra in corrispondenza del nodo di interscambio BUS/tram/vetture collocato all'intersezione tra via Shakespeare e via Bentini
4	Rampa in c.a. lungo via Bentini	Realizzazione rampa tra muri in c.a. di collegamento tra il nuovo ponte sul Navile e il capolinea nord "Corticella" ubicato in prossimità del piazzale della omonima stazione ferroviaria SFM

## 2.6 DIFFERENZE SIGNIFICATIVE RISPETTO AL PFTE APPROVATO

Lo scopo del presente paragrafo è di rappresentare tutte le modifiche significative che sono state apportate nel progetto Definitivo rispetto a quanto proposto nel progetto preliminare, anche in coerenza a quanto richiesto nella Delibera Regionale di chiusura dell'iter di Assoggettabilità a V.I.A.

Per quanto riguarda il presente studio, in particolare, le modifiche su cui ci si concentrerà sono quelle che interessano la parte finale del tracciato.

### 2.6.1 TRACCIATO

Trascurando i normali affinamenti di tracciato legati al passaggio tra il PFTE e la progettazione definitiva, il tracciato della linea e le fermate lungo esso collocate sono state riconfermate nel passaggio tra PFTE e PD: l'unica sostanziale differenza è nel tratto terminale della linea che, come descritto in precedenza, non termina più nel comune di Castel Maggiore ma in corrispondenza del piazzale posto a est della stazione di Corticella.

La modifica ha riguardato anche la posizione del ponte sul Canale Navile e del nodo di interscambio.

Per visualizzare le modifiche, di seguito si riporta la planimetria dell'area del PFTE da confrontare con la configurazione della soluzione adottata.

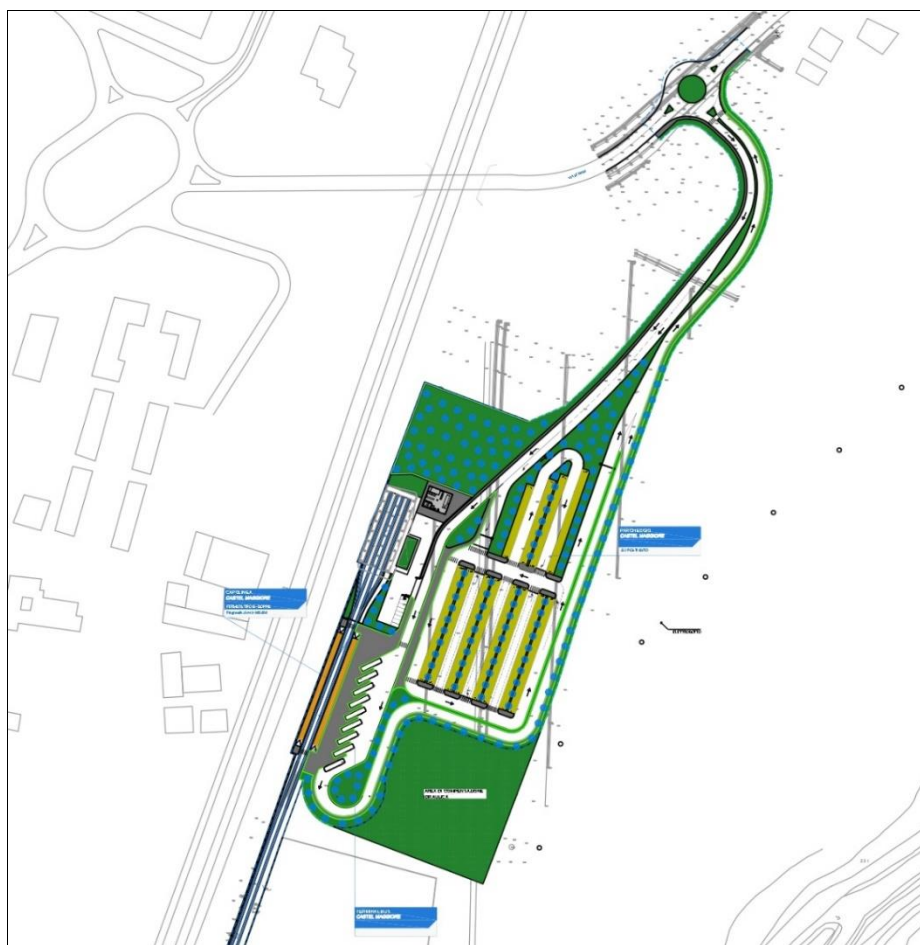


Figura 2-6 – Stralcio planimetrico tratta terminale, Capolinea Castel Maggiore e nodo di interscambio (PFTE)

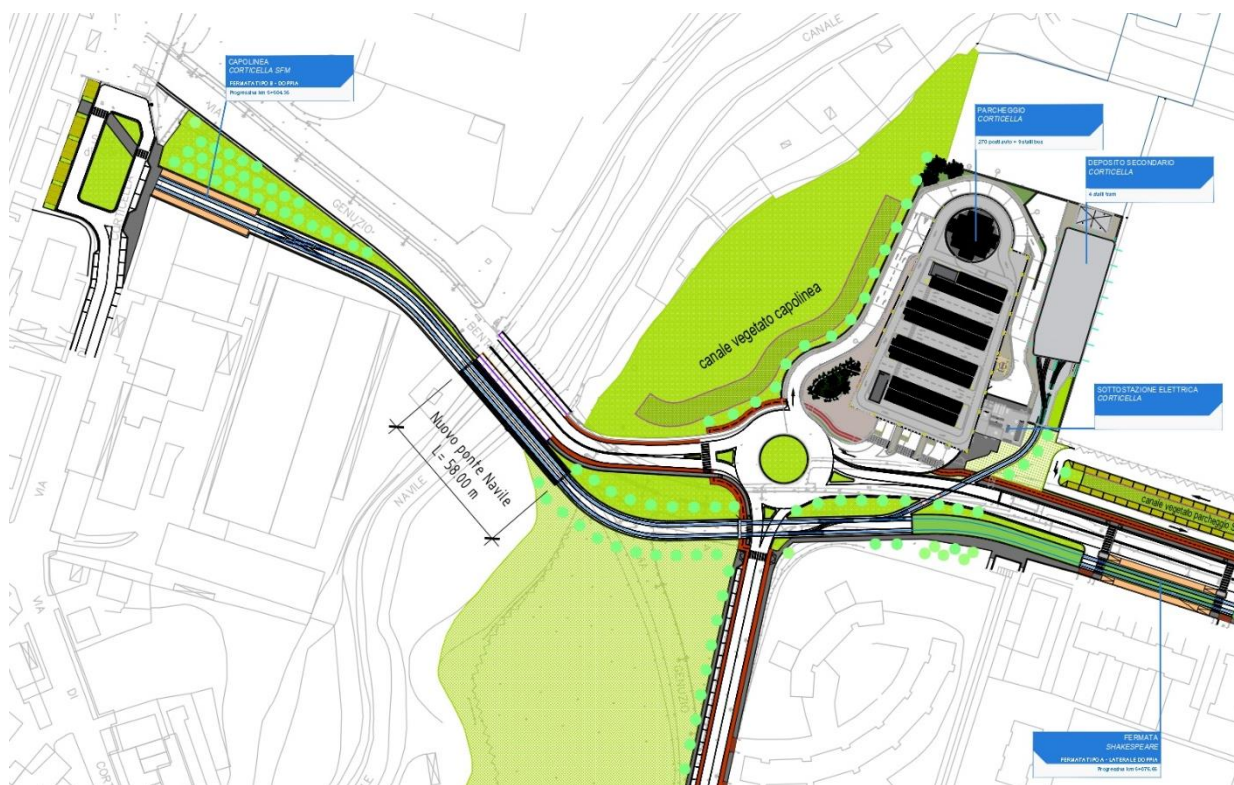


Figura 2-7 – Stralcio planimetrico tratta terminale, Capolinea Castel Maggiore e nodo di interscambio (PFTE)

## 2.6.2 SISTEMAZIONI URBANE

### 2.6.2.1 Capolinea Sud – Via dei Mille

Il PFTE approvato prevedeva l'attestazione del capolinea di via dei Mille con banchina centrale, poste sul lato sud della strada, in adiacenza al portico esistente.

Il Progetto Definitivo prevede, invece, la realizzazione del capolinea con due banchine laterali al fine di minimizzare le interferenze con i notevoli sottoservizi presenti nell'area d'intervento. La giacitura tramviaria viene, di conseguenza, spostata verso nord di 2,5 metri circa per il tratto posto tra Piazza dei Martiri e via Montebello, garantendo – così – un maggiore distacco tra l'infrastruttura ed il portico esistente.

#### 2.6.2.2 Via dell'Indipendenza – via Matteotti – Via Ferrarese

Il Progetto definitivo integra nelle sue previsioni gli aggiornamenti apportati in sede di progettazione esecutiva della Linea Rossa per tutto il tratto in sovrapposizione.

#### 2.6.2.3 Piazza dell'Unità

Il PFTE approvato prevedeva, sul lato occidentale della piazza, la realizzazione di un parcheggio interrato automatico da 80 posti auto (ridotti poi a ca. 40 per ottemperare a specifica richiesta formulata durante l'iter di Screening Ambientale) con accesso da via Mazza ed uscita su via Creti.

Il Progetto Definitivo prevede, invece, l'eliminazione della nuova struttura dalla piazza e la realizzazione di un parcheggio multipiano per 185 posti auto tra le vie Saliceto e Ferrarese, inserito tra la sede Tper ed il parco della Zucca, nell'area oggi occupata da un parcheggio pubblico a raso (avente una capienza di 95 posti auto).

Il nuovo parcheggio, che rimane arretrato dai fronti di via Saliceto e via Ferrarese al fine di mantenere le importanti alberature oggi presenti nell'area, manterrà ingressi e uscite su entrambi i fronti secondo lo schema viario attuale.

Nella figura che segue si riporta una vista della configurazione di progetto del nuovo parcheggio:



Figura 2-8 – Vista del nuovo parcheggio di via Saliceto

In merito all'area precedentemente occupata dal parcheggio interrato previsto in PFTE, il progetto definitivo prevede, infine, la sistemazione pedonale dell'area ad ovest della piazza mediante la realizzazione di una pavimentazione lapidea (cubetti di porfido) senza soluzione di continuità tra il fronte degli edifici ed il bordo delle aiuole esistenti. Ancor più, per garantire la continuità pedonale est-ovest attraverso la piazza si è reso necessario allargare alcuni percorsi esistenti, arretrando i cigli delle aiuole ed utilizzando la stessa tipologia di pavimentazione esistente (cubetti di porfido).

#### 2.6.2.4 Capolinea Nord - Corticella

Il PFTE approvato prevedeva che la linea tramviaria raggiungesse il territorio di Castel Maggiore, immettendosi nell'area ferroviaria in prossimità della stazione di Corticella ed attestandosi in un grande parcheggio d'interscambio accessibile da via G. Di Vittorio.

In prossimità di tale parcheggio era prevista la realizzazione del capolinea Nord e di un deposito secondario per il rimessaggio delle vetture tramviarie. Nell'ambito delle suddette previsioni era prevista, inoltre, la modifica del tracciato di via Bentini (tra il ponte sul Navile – che veniva allargato verso nord – ed il sottopasso ferroviario) con l'acquisizione di aree private a nord della stessa e l'eliminazione della rampa di scale che oggi connette il marciapiede del sottopasso con il soprastante piazzale di stazione (vedi Figura 2-6).

Il Progetto Definitivo prevede, invece, che la linea si attesti direttamente in corrispondenza del piazzale posto a est della stazione di Corticella, con il nuovo capolinea Nord, mentre il deposito secondario viene previsto nell'area libera a nord di via Shakespeare (in corrispondenza dell'intersezione con via Bentini). L'interscambio auto/bus/tram viene invece spostato all'interno di un nuovo parcheggio multipiano posto sempre nella suddetta area ma appena ad ovest del deposito secondario.

Il Progetto Definitivo prevede, ancora, la sistemazione urbanistica del piazzale di stazione, con la realizzazione di un percorso viario ad anello (che garantisce l'accesso ai parcheggi oggi presenti ed alle aree ferroviarie, nonché la realizzazione di alcuni nuovi stalli per interscambio rapido o

per taxi). All'interno dell'anello si prevede la realizzazione di una grande area verde dotata di percorso pedonale per la connessione tra il capolinea e la stazione SFM.

Si prevede, infine, il mantenimento dell'attuale assetto della via Bentini (tra il ponte sul Navile ed il sottopasso) l'acquisizione di aree a sud della stessa (nell'ambito dell'area del Pastificio Corticella) finalizzata al passaggio dell'infrastruttura tramviaria e la realizzazione di un nuovo ponte (a sud di quello esistente) dedicato esclusivamente alla tramvia.

Nella figura che segue si riporta una vista della configurazione di progetto dell'area del nodo di interscambio e ricovero mezzi:



*Figura 2-9 – Vista dell'area dalla nuova rotatoria*

### 2.6.3 PARCHEGGIO VIA BASSANELLI

Il PFTE approvato prevedeva la realizzazione di un parcheggio in via Bassanelli (201 posti), in area adiacente all'Ippodromo, prioritariamente destinato al recupero della capacità di parcheggio del quartiere.

Tra gli interventi era prevista anche la sistemazione dell'area antistante il parcheggio, su Largo Alfio Pappalardo, con la razionalizzazione degli stalli e la collocazione di nuove alberature.

Il Progetto Definitivo ha riconfermato la realizzazione del parcheggio lato Ippodromo, apportando le normali modifiche legate al passaggio di livello di progettazione, ma non prevede la sistemazione di largo Pappalardo in quanto ritenuta non migliorativa della situazione esistente: a fronte, infatti, della collocazione di poche unità di alberature, si perdeva capacità di parcheggio in un'area privata che non avrebbe goduto degli ipotizzati benefici descritti.

#### 2.6.4 ALIMENTAZIONE ELETTRICA

Il PFTE approvato prevedeva la realizzazione di 3 SSE per l'alimentazione della Linea: una all'intersezione tra via Saliceto e via Corticella; la seconda in corrispondenza dell'area di un distributore di carburante dismesso, lungo via Corticella quasi all'intersezione con via Lipparini; la terza in corrispondenza del capolinea nord di Castel Maggiore.

Inoltre, la linea era prevista tutta alimentata da linea di contatto aerea.

Il Progetto Definitivo prevede invece la realizzazione di due SSE: la prima (denominata SSE11) collocata in via Stendhal, quasi all'incrocio con via Corticella, in un'area oggi occupata dal parcheggio (momentaneamente in disuso) di una attività commerciale; la seconda in corrispondenza del nuovo nodo di interscambio presso il capolinea di Corticella.

Infine, come sopra specificato, è stata aggiunta una tratta "Catenary Free", lunga poco più di 900 m, tra le fermate Gorki e Shakespeare

#### 2.7 CANTIERIZZAZIONE

Nel progetto della cantierizzazione (vedasi elaborati progettuali specifici di riferimento) sono state individuate le fasi esecutive dell'opera tenendo conto dei seguenti aspetti:

- o attenzione agli inconvenienti riguardanti la penalizzazione del traffico esistente, in base al quale nella successiva fase progettuale dovrà essere redatto un apposito calendario dei lavori da rendere noto ai cittadini, per consentire la pianificazione del traffico gommato;

- individuazione delle aree di cantiere definita sulla base delle esigenze legate alle varie tipologie di opere, dell'esame dei collegamenti con la viabilità esistente e dell'accesso all'area logistica;
- utilizzo per la realizzazione dell'opera della sola viabilità esistente, escludendo l'apertura di nuove piste.

### 2.7.1 ORGANIZZAZIONE DEI CANTIERI

Affinché la cantierizzazione non abbia un impatto eccessivamente negativo sullo svolgimento delle attività presenti lungo le aree di cantiere e sui flussi di traffico, sia pedonale che veicolare, le lavorazioni saranno eseguite per fasi, sia in senso trasversale che in senso longitudinale, avendo l'accortezza di individuare percorsi viabilistici alternativi per sopperire alla chiusura delle aree interessate dalle lavorazioni.

Si ribadisce che, a causa dell'occupazione delle carreggiate stradali o del loro restringimento durante le lavorazioni, sarà necessario individuare viabilità alternative su cui deviare il traffico interessato dai lavori.

Le principali ipotesi che comunque dovranno essere prese in considerazione per la progettazione delle cantierizzazioni sono le seguenti:

- l'organizzazione dei cantieri in "aree di lavoro" differenziate per minimizzare l'impatto con il contesto di intervento;
- la previsione di aree di cantiere da adibire a deposito materiale, installazione baracche, parcheggio mezzi, ecc.

Nell'organizzazione di dettaglio dei cantieri e durante la realizzazione delle opere si dovrà comunque tener presente i seguenti condizionamenti:

- Garantire gli accessi ai passi carrai;
- Garantire gli accessi ai mezzi di emergenza;
- Garantire la viabilità trasversale al tracciato della linea tranviaria (le zone di lavoro dovranno essere interrotte in corrispondenza delle intersezioni laterali; il periodo di

blocco di tali intersezioni dovrà essere limitato per il tempo strettamente necessario ai lavori);

- Garantire la realizzazione di itinerari alternativi per il traffico pubblico e privato in grado di garantire il più possibile livelli di sicurezza e livelli di prestazione analoghi a quelli originali;
- Evitare la sovrapposizione di cantieri di natura diversa da quelli strettamente legati alla realizzazione della tranvia;
- Organizzare, per quanto possibile, i diversi lotti in modo da avanzare secondo una logica di apertura e chiusura di piccoli cantieri anziché di apertura di grossi cantieri che coprano un'unica vasta zona;
- Garantire la movimentazione dei mezzi pesanti al di fuori degli orari di punta del traffico cittadino;
- Studiare la viabilità alternativa in funzione dell'entità del cantiere e tipologia dello stesso;
- Predisporre tutta la segnaletica orizzontale e verticale necessaria per la viabilità provvisoria; essa dovrà garantire condizioni di sicurezza, chiarezza e visibilità per il traffico pubblico e privato;
- Predisporre una campagna di informazione e di concentrazione tra tutte le organizzazioni coinvolte per quanto riguarda il traffico, la viabilità provvisoria, gli interventi sui sottoservizi, gli accessi carrai, l'accesso agli esercizi commerciali, ecc... (cittadini, esercenti commerciali, pubblici servizi, vigilanza urbana, organi comunali, ecc.).

### 2.7.2 MACROCANTIERI E MICROCANTIERI

La cantierizzazione della linea tranviaria in base al tessuto urbano presente è stata concepita individuando dapprima i macrocantieri e, visti i vincoli viabilistici presenti che determinano l'impossibilità di effettuare i lavori contemporaneamente e la necessità di minimizzare l'impatto con il contesto di intervento, la suddivisione di questi in aree di lavoro più piccole in cui le lavorazioni dovranno avvenire per fasi in concatenazione ad altre o in progressione sequenziale. Per questi ed ulteriori aspetti di dettaglio si rimanda agli elaborati specifici di cantierizzazione facenti parte del presente progetto definitivo.

### 2.7.3 AREE LOGISTICHE E STOCCAGGIO MATERIALI

Nella cantierizzazione della nuova linea tranviaria di Bologna si prevede la predisposizione di apposite aree sia con funzione logistica che per lo stoccaggio provvisorio di medio-lungo termine dei materiali e terre, nonché per il ricovero dei mezzi d'opera.

In queste aree saranno allestiti i principali servizi di base, quali servizi igienici e sanitari, spogliatoi, infermeria, parcheggi, baracche di cantiere e officina.

La realizzazione di tali aree comporta una rapida predisposizione delle stesse mediante lavorazioni che implicano la sola regolarizzazione delle superfici, non dovrebbero pertanto essere necessarie opere provvisionali di particolare impegno e/o difficoltà.

Le aree di stoccaggio saranno preparate e livellate in modo da facilitare lo scarico, il carico e l'ispezione dei materiali. La pavimentazione sarà realizzata con pietrisco stabilizzato di cava; tra il terreno e la pavimentazione verrà montato uno strato di geotessile non tessuto di separazione, al fine di ristabilizzare la superficie vergine del terreno alla fine della lavorazione.

Per i mezzi meccanici presenti, verranno realizzate delle piazzole di sosta specifiche con pavimentazione impermeabile al fine di scongiurare la caduta di grassi o oli idrocarburi sul terreno e quindi la filtrazione nelle acque di falda.

Si prevedono inoltre varie aree di stoccaggio materiale provvisorio in piccole zone presso i cantieri di linea dove poter stoccare materiale di immediato utilizzo.

## 2.8 CUMULO CON ALTRI PROGETTI

Le opere che interesseranno negli anni a venire la città di Bologna ("Passante di Mezzo", sottopasso stradale via Pertini/Prati di Caprara, parcheggio interrato Largo Nigrisoli, nuova viabilità Prati di Caprara), presentano attualmente livelli progettuali/attuativi differenti, e per ognuno di essi non si ha certezza circa l'inizio e la fine delle attività, né si conosce la successione temporale delle singole lavorazioni.

Nell'eventualità in cui si dovesse verificare una sovrapposizione dei tempi realizzativi, sarà cura dell'Ente Appaltante e delle imprese esecutrici dei lavori, studiare una successione temporale delle attività che limiti gli effetti negativi sulle componenti ambientali.

### 3. ANALISI DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE, AMBIENTALE E DI SETTORE

La presente sezione verificherà la conformità della proposta progettuale alle previsioni in materia urbanistica e ambientale e fornisce gli elementi conoscitivi sulle relazioni tra l'opera in progetto e gli atti di pianificazione e programmazione territoriale e settoriale. Tali elementi costituiscono parametri di riferimento per la costruzione del giudizio di compatibilità ambientale. In queste fasi il progetto viene messo in relazione agli stati di attuazione degli strumenti pianificatori di settore/territoriali, e vengono valutati i rapporti di coerenza del progetto con gli obiettivi perseguiti dagli strumenti pianificatori.

Prima di analizzare le caratteristiche tecniche del progetto e di stimare il potenziale impatto di quest'ultimo sull'ambiente, è dunque necessario verificare la congruenza con gli strumenti di programmazione e pianificazione.

In particolare si procederà ad analizzare la coerenza con i seguenti strumenti pianificatori di rilevanza regionale e locale:

- Piano Territoriale Regionale (PTR) dell'Emilia Romagna;
- Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) dell'Emilia Romagna;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) dell'Emilia Romagna;
- Piano Aria Integrato Regionale (PAIR) della Regione Emilia Romagna;
- Piano Energetico Regionale (PER) e Piano d'azione per l'energia sostenibile (PAES).
- Piano Territoriale Metropolitano (PTM);
- Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) della Città Metropolitana di Bologna;
- Piano Urbanistico Generale (PUG) Comune di Bologna;
- Piano Strutturale Comunale (PSC), Piano Operativo Comunale (POC),
- Piano Generale del Traffico Urbano (PGTU) del Comune di Bologna.

### 3.1 PIANO TERRITORIALE REGIONALE (PTR)

Il Piano Territoriale Regionale vigente è stato approvato dall'Assemblea Legislativa Regionale con Delibera n. 276 del 3 febbraio 2010 ai sensi della Legge Regionale 24 marzo 2000, n. 20 così come modificata dalla L.R. n.6, del 6 luglio 2009.

Il piano indirizza la politica territoriale regionale sulla base di alcuni indirizzi principali (individuazione del "capitale" territoriale regionale e sua valorizzazione).

Considerata la scala alla quale il PTR è stato costruito e visto il carattere strategico della pianificazione proposta, non vi si rilevano determinazioni specifiche per l'attività e la tipologia di opera in esame.

Il Piano stesso rimanda alle previsioni dei piani provinciali per indicazioni più dettagliate sulle attività produttive del territorio e loro sviluppo futuro.

### 3.2 PIANO TERRITORIALE PAESISTICO REGIONALE (PTPR)

Il Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) della Regione Emilia Romagna, approvato con D.C.R. n. 1388 del 28.1.1993 e n. 1551 del 14.7.1993, è entrato in vigore a seguito della pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione n. 75 del 8.9.1993. Il PTPR assume piena efficacia ai sensi della Legge 8.8.1985, n. 431, quale strumento di pianificazione urbanistico territoriale con specifica considerazione dei valori paesaggistici ed ambientali, ed ai sensi della L. R. 5.9.1988, n. 36, quale piano territoriale regionale stralcio. Tale Piano detta disposizioni costituenti indirizzi (norme di orientamento per l'attività di pianificazione e programmazione), direttive (norme operative da osservare nell'attività di pianificazione e programmazione) e prescrizioni (norme vincolanti ed anche immediatamente precettive).

Il PTPR ha quali oggetti di Piano i "Sistemi, zone ed elementi di cui è necessario tutelare i caratteri strutturali la forma del territorio" (sistema dei crinali, sistema collinare, sistema forestale e boschivo, sistema delle aree agricole, sistema costiero, sistema delle acque superficiali), le "Zone ed elementi di specifico interesse storico e naturalistico" (zone ed elementi di interesse storico

archeologico, insediamenti urbani storici e strutture insediative storiche non urbane, zone ed elementi di interesse storico testimoniale, zone di tutela naturalistica, altre zone di particolare interesse paesaggistico ambientale), le “Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto ed instabilità, in atto o potenziali” e le “Zone od elementi caratterizzati da elevata permeabilità dei terreni con ricchezza di falde idriche”.

Il Piano Regionale individua 23 Unità di Paesaggio (UdP), "intese come ambiti territoriali aventi specifiche, distintive e omogenee caratteristiche di formazione e evoluzione, da assumere come specifico riferimento nel processo di interpretazione del paesaggio e di attuazione del Piano stesso." Le Province e i Comuni, poi, tramite i propri strumenti di pianificazione hanno il compito di individuare le UdP rispettivamente di rango provinciale e comunale.

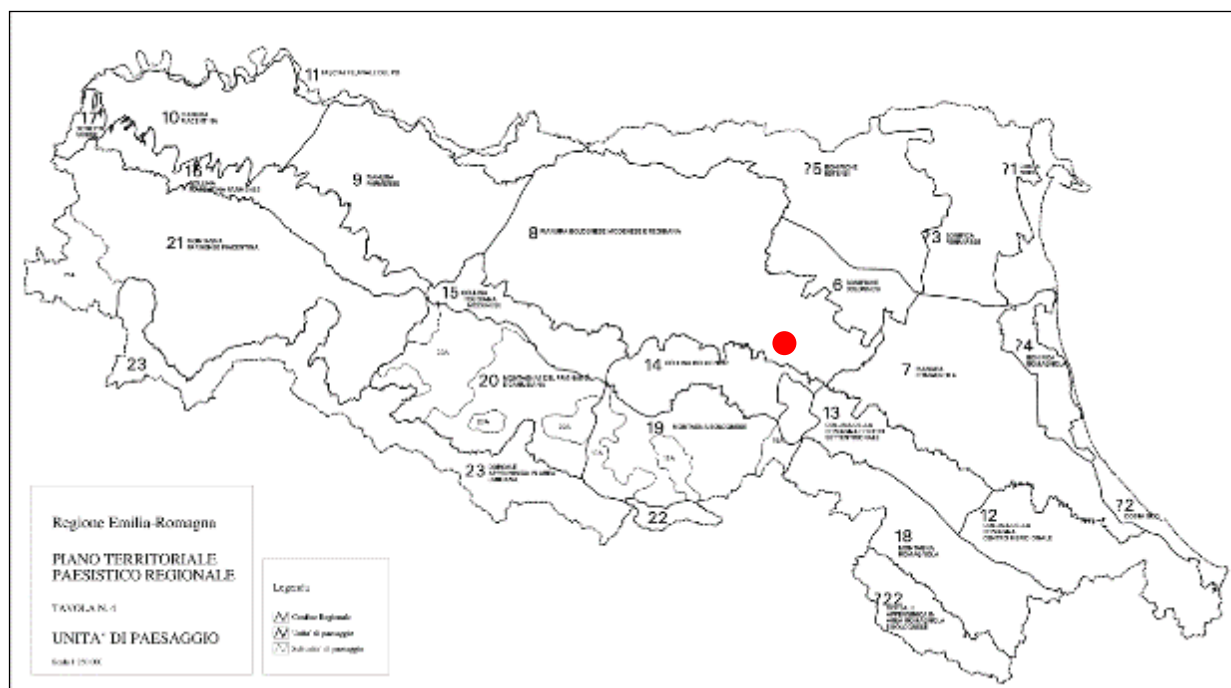


Figura 3-1 - Tavola delle Unità di paesaggio (figura non in scala)

Si ricorda infine che, ai sensi dell'art. 24 della L.R. n. 20/2000, dall'entrata in vigore della legge stessa, i Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale che abbiano dato piena attuazione alle

prescrizioni del P.T.P.R., costituiscono, in materia di pianificazione paesaggistica, l'unico riferimento per gli strumenti comunali di pianificazione e per l'attività amministrativa attuativa.

Il Piano paesistico regionale, attraverso l'incrocio di una serie complessa di fattori (ad es. costituzione geologica, elementi geomorfologici, quota, microclima ed altri caratteri fisico-geografici, vegetazione, espressioni materiali della presenza umana ed altri) individua 23 Unità di paesaggio su tutto il territorio regionale. Le Unità di paesaggio rappresentano ambiti territoriali con specifiche, distintive e omogenee caratteristiche di formazione e di evoluzione.

Esse permettono di individuare l'originalità del paesaggio emiliano romagnolo, di precisarne gli elementi caratterizzanti e consentiranno in futuro di migliorare la gestione della pianificazione territoriale di settore.

L'unità di paesaggio in cui rientra l'area in oggetto è la numero 5 che comprende la "Pianura della conurbazione bolognese".

### 3.3 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, nuovo strumento di pianificazione previsto nella legislazione comunitaria dalla Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e gestione del rischio di alluvioni, conosciuta anche come Direttiva Alluvioni, recepisce nell'ordinamento italiano con il D. Lgs. 49/2010, è redatto unitariamente per le 3 UoM (Unit of Management) Reno, romagnoli e Marecchia- Conca, nello spirito di garantire il più possibile, pur nelle singole specificità, un approccio armonico, omogeneo e coerente al tema della valutazione e gestione del rischio di alluvioni, anche in virtù della sostanziale omogeneità delle caratteristiche fisiche e territoriali delle aree e degli ambiti a cui il Piano si applica.

Il Piano è strutturato ed elaborato seguendo le indicazioni proposte dall'Autorità di Bacino del fiume Arno, avente la funzione di coordinamento all'interno del distretto dell'Appennino settentrionale, e concordate a scala di distretto, nonché seguendo la struttura e l'impostazione

di cui alla “Guidance for Reporting under the Floods Directive (2007/60/EC)”, n. 29 del 14 ottobre 2013, predisposta dal Working Group Floods costituito dalla Commissione Europea.

La Direttiva 2007/60/CE si inserisce all'interno di un percorso di politiche europee in tema di acque iniziato con la Direttiva quadro 2000/60/CE che si prefigge l'obiettivo di salvaguardare e tutelare i corpi idrici superficiali e sotterranei e di migliorare la qualità della risorsa, con la finalità di raggiungere il buono stato ambientale in tutti i corpi idrici europei.

Gli obiettivi generali declinati a scala di distretto dell'Appennino Settentrionale sono riconducibili, come indicato nella Parte generale del Piano, alle seguenti quattro categorie:

1. obiettivi per la salute umana
  - riduzione del rischio per la vita e la salute umana;
  - mitigazione dei danni ai sistemi che assicurano la sussistenza (reti elettriche, idropotabili, etc.) e l'operatività dei sistemi strategici (ospedali e strutture sanitarie, scuole, etc.);
2. obiettivi per l'ambiente
  - riduzione del rischio per le aree protette dagli effetti negativi dovuti al possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali;
  - mitigazione degli effetti negativi per lo stato ecologico dei corpi idrici dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali, con riguardo al raggiungimento degli obiettivi ambientali di cui alla direttiva 2000/60/CE;
3. obiettivi per il patrimonio culturale
  - riduzione del rischio per l'insieme di elementi costituito dai beni culturali, storici ed architettonici ed archeologici esistenti;
  - mitigazione dei possibili danni dovuti ad eventi alluvionali sul sistema del paesaggio;
4. obiettivi per le attività economiche
  - mitigazione dei danni alla rete infrastrutturale primaria (ferrovie, autostrade, strade regionali, impianti di trattamento, etc.);

- mitigazione dei danni al sistema economico e produttivo (pubblico e privato);
- mitigazione dei danni alle proprietà immobiliari;
- mitigazione dei danni ai sistemi che consentono il mantenimento delle attività economiche (reti elettriche, idropotabili, etc.).

Come già indicato, le categorie di misure previste nella Direttiva e negli atti di indirizzo in corso di definizione a livello europeo 3 sono riconducibili ai seguenti gruppi:

- misure inerenti alle attività di prevenzione: si tratta delle azioni di regolamentazione dell'uso del territorio tese ad un corretto utilizzo di questo nei confronti della pericolosità idraulica che è stata definita nelle mappe; qui abbiamo le regole di pianificazione urbanistica sia a livello regionale, territoriale e locale, le misure di prevenzione dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) vigenti, le eventuali misure per la delocalizzazione e riallocazione di elementi a rischio, la promozione di buone pratiche, etc;
- misure inerenti alle attività di protezione: si tratta degli interventi di difesa, sia che questi siano opere strutturali vere e proprie (dighe, argini, casse di espansione, difese a mare, etc.), sia che si tratti di modifiche dell'assetto fluviale tese ad un recupero della naturalità del corso d'acqua, ma che, in ogni caso, comportano lavori (recupero di aree golenali, sistemazioni idraulico-forestali, ripristino di aree umide, etc.);
- misure inerenti alle attività di preparazione: si tratta delle misure di preannuncio e monitoraggio degli eventi (sistema di rilevamento, monitoraggio idropluviometrico, modelli di previsione meteo e valutazione degli effetti a terra), dei protocolli di gestione delle opere in fase di evento (opere modulabili quali dighe, scolmatori, casse con paratie mobili, etc.), dei piani di protezione civile atti a fronteggiare e mitigare i danni attesi durante l'evento e l'eventuale rischio residuo;
- misure inerenti alle attività di ritorno alla normalità e analisi (risposta e ripristino - recovery and review) con le quali si intendono essenzialmente quelle azioni di rianalisi post-evento al fine di valutare ed eventualmente rivedere e correggere le misure adottate.

I criteri generali che si sono adottati per l'individuazione delle misure seguono i seguenti principi:

- dare priorità alle misure di prevenzione e preparazione, secondo quanto indicato dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D. Lgs. 49/2010;
- definire la programmazione degli interventi strutturali relativi alle aree a maggiore criticità;
- privilegiare misure win-win che rispondano agli obiettivi della Direttiva 2000/60/CE e della Direttiva 2007/60/CE;
- individuare e promuovere interventi riconducibili alla tipologia "infrastrutture verdi";
- sviluppare e incoraggiare azioni di informazione, comunicazione e partecipazione sui temi del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni.

La delimitazione delle aree inondabili è stata effettuata per i tre scenari di alluvione indicati nella direttiva 2007/60/CE. I tre scenari sono stati indagati con approfondimento e dettaglio crescente dallo scenario con scarsa probabilità a quello con elevata probabilità di alluvioni.

La mappatura della pericolosità è stata elaborata con tre metodi:

1. da studi idrologici-idraulici con modelli idraulici monodimensionali o con calcoli idraulici semplificati per i corsi d'acqua che attraversano le aree più popolate nelle porzioni vallive e collinari e successiva proiezione dei livelli idrometrici massimi sulle quote terreno, derivanti da rilievi topografici o dalle carte tecniche regionali (CTR) a scala 1:5000;
2. da valutazioni di carattere geomorfologico-idraulico per i tratti montani e i corsi d'acqua di minore importanza abbinate allo studio dell'evoluzione fluviale negli ultimi 60 anni, attraverso le cartografie e le foto aeree (primo anno di riferimento 1954 volo GAI);
3. da studi idrologici-idraulici con modelli idraulici monodimensionali per i corsi d'acqua di pianura, in prevalenza arginati, e con la valutazione delle aree maggiormente colpite dalle esondazioni e di quelle raggiunte sulla base dell'individuazione delle celle idrauliche, aree di territorio delimitate da rilevati e barriere, costituenti invasi delle alluvioni.

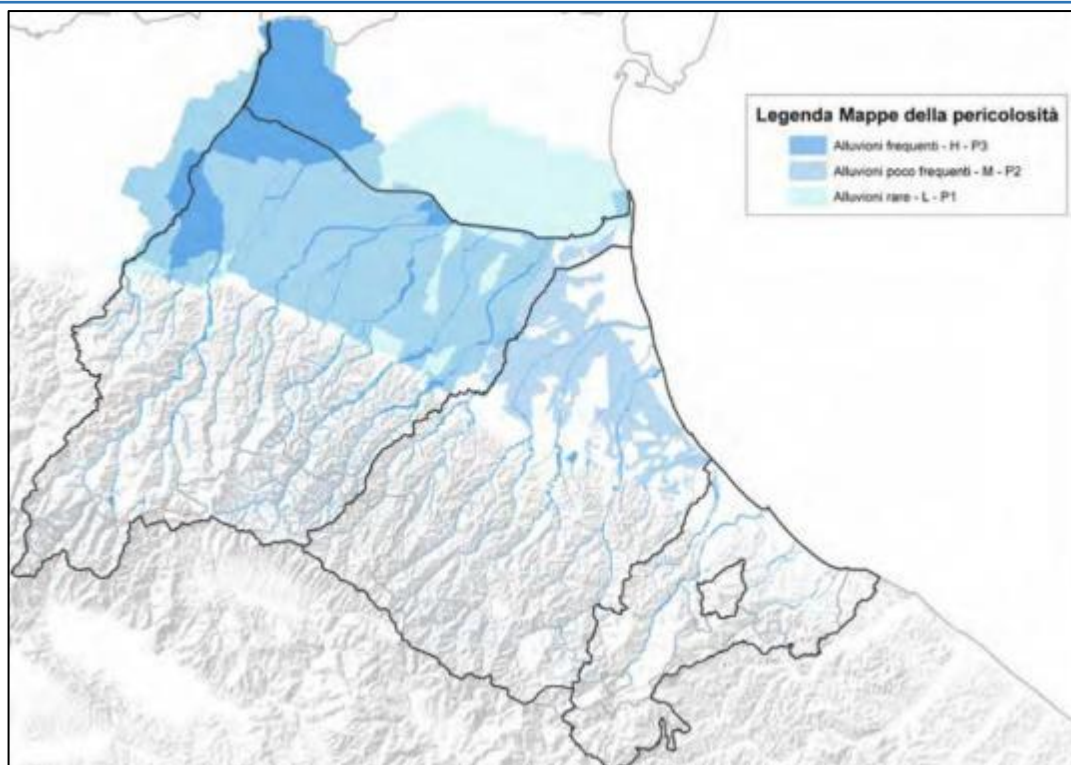


Figura 3-2 – Mappa di sintesi della pericolosità di alluvione per il reticolo naturale principale e secondario

Per le mappe di pericolosità si è adottata una gradazione del livello di confidenza (LC) in tre classi da basso (1) ad alto (3). Le aree allagabili sono state individuate sulla base degli studi e delle perimetrazioni dei Piani stralcio per l'Assetto Idrogeologico e di Bacino (PAI) redatti dal 2000 al 2008, secondo le modalità previste dalla normativa nazionale. Si sono inclusi integrazioni e aggiornamenti derivanti dall'attuazione degli interventi dei PAI o da approfondimenti.

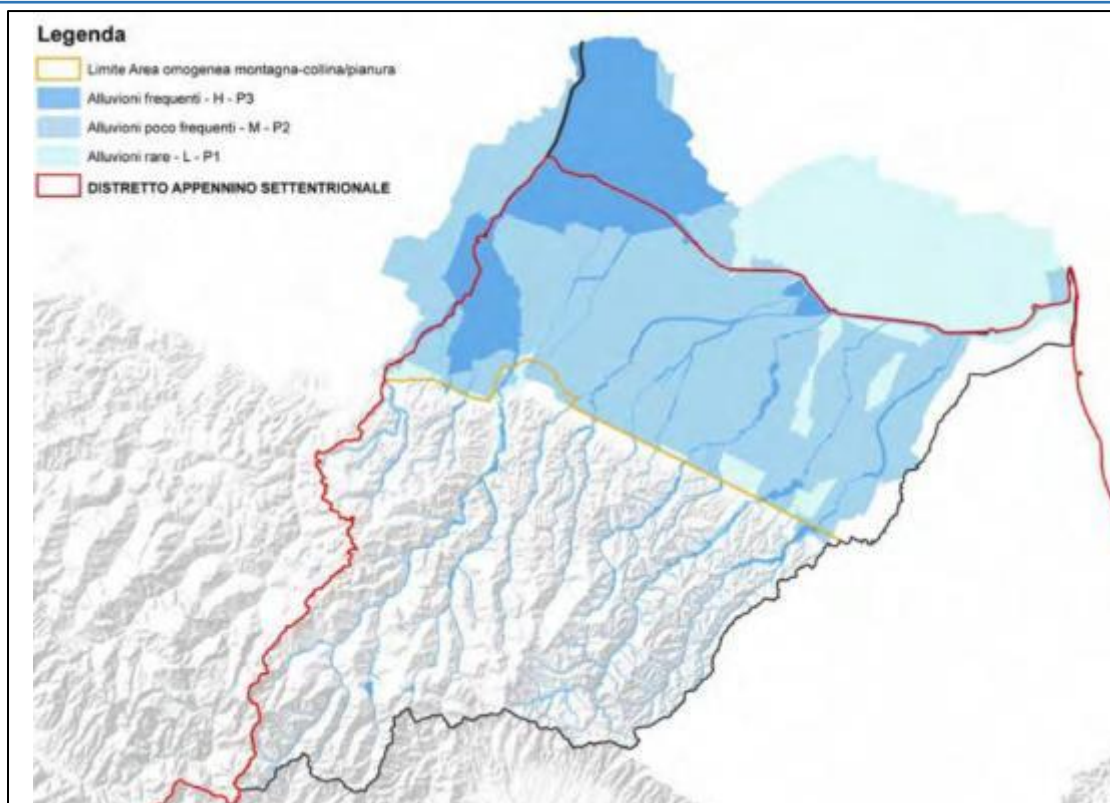


Figura 3-3 – Mappa della pericolosità del Reticolo naturale principale e secondario per il bacino del Reno e limite tra area omogenea di collina-montagna e di pianura

L'immagine che segue riporta lo stralcio della cartografia relativa alla pericolosità da alluvioni, interessata dallo sviluppo dell'infrastruttura tranviaria. Si evince come l'intero tracciato del tratto nord della Linea Verde sia per intero sovrapposto allo scenario di pericolosità di tipo P2 – Media probabilità, caratterizzato da alluvioni poco frequenti con un tempo di ritorno tra 100 e 200 anni.

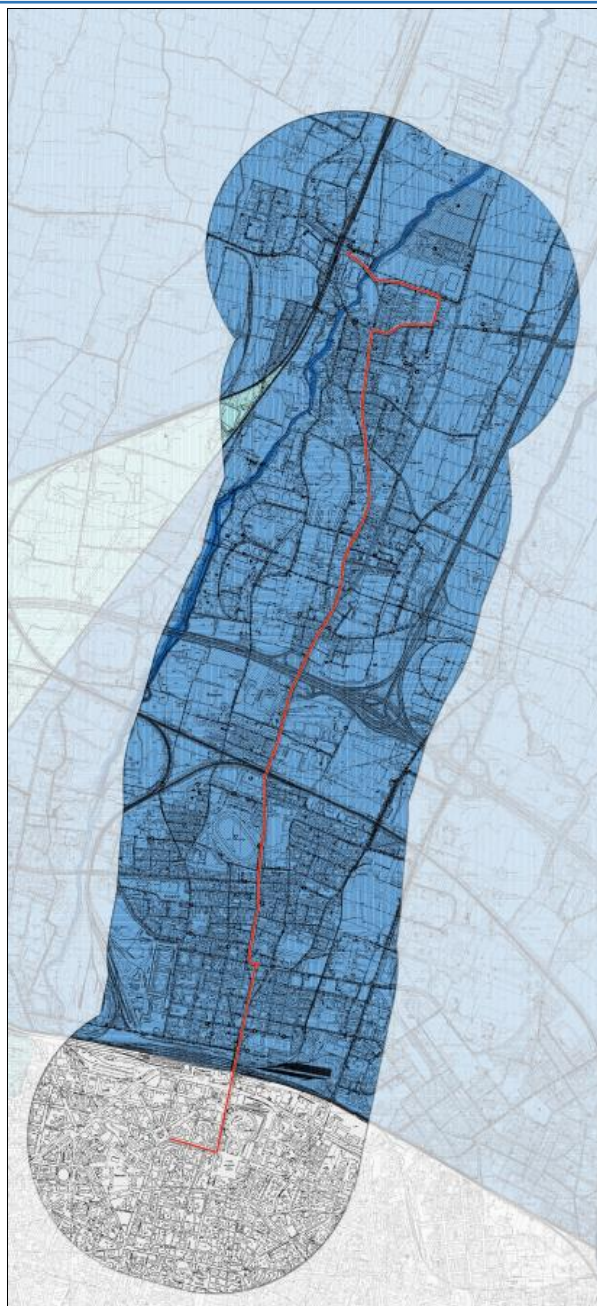


Figura 3-4 – Mappa della pericolosità

### Scenari di Pericolosità

- P3 – H (Alluvioni frequenti:  
tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 – M (Alluvioni poco frequenti:  
tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

Le mappe del rischio predisposte per le UoM Reno, Romagnoli e Marecchia-Conca sono restituite in due formati grafici:

- rappresentazione degli elementi esposti di cui all'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6, c. 5 del D. Lgs, 49/2010 ricadenti all'interno delle aree di pericolosità articolate nei tre scenari previsti, tematizzati in funzione delle 6 macrocategorie indicate negli Indirizzi Operativi MATTM" (Zone urbanizzate, Strutture Strategiche e sedi di attività collettive, Infrastrutture strategiche e principali, Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse, Distribuzione e tipologia delle attività economiche insistenti sull'area potenzialmente interessata, Zone interessate da insediamenti produttivi o impianti tecnologici) e della tipologia di attività economica prevalente presente nelle suddette aree;
- rappresentazione degli elementi esposti classificati in 4 gruppi di rischio, a valore crescente (da R1, moderato o nullo a R4, molto elevato), secondo quanto previsto dal D.P.C.M. 29.09.98 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e del D.L. 11.06.98, n. 180".

Tale seconda tipologia di mappa risponde a quanto specificamente richiesto dal D. Lgs. 49/2010 (art. 6, c. 5), per il quale "le mappe del rischio di alluvioni indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni, nell'ambito degli scenari di cui al comma 2 e prevedono le 4 classi di rischio di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 29 settembre 1998", mentre la prima si attesta sulle indicazioni riportate nella Direttiva 2007/60/CE che chiede di localizzare gli elementi esposti all'interno delle aree a diversa pericolosità di alluvione individuate nelle mappe di pericolosità, distinti in alcune categorie codificate (popolazione, attività economiche, etc).

Entrambe le mappe sono, di fatto, derivate dal medesimo gruppo di tematismi e layer vettoriali del rischio, nei quali sono presenti e codificate tutte le informazioni necessarie per effettuare i due tipi di vestizioni grafiche.

Il D.P.C.M. 29.09.98 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e del D.L. 11.06.98, n. 180" nel ribadire che i Piani di Bacino, devono tener conto delle disposizioni del D.P.R. 18.07.95, definisce quattro classi di rischio:

- R4 (rischio molto elevato): per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.
- R3 (rischio elevato): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale;
- R2 (rischio medio): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- R1 (rischio moderato o nullo): per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

#### Tipologia Matrice

#### Ambito

Matrice A	Corsi d'acqua naturali principali ITN008 (distretto padano)
Matrice B	Corsi d'acqua naturali principali e secondari UoM ITI021, ITR081, ITI01319 (distretto appennino settentrionale) e reticolo secondario collinare-montano ITN008 (distretto padano)
Matrice B	Aree costiere marine
Matrice C	Reticolo Secondario artificiale di Pianura

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'					
CLASSI DI DANNO	P3		P2		P1	
D4	R4		R4	R3	R2	
D3	R4	R3	R3		R2	R1
D2	R3	R2	R2		R1	
D1	R1		R1		R1	

Tabella 3-1 – Matrice del rischio (Indirizzi Operativi MATTM)

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1
D4	R4	R3	R2
D3	R3	R3	R1
D2	R2	R2	R1
D1	R1	R1	R1

Tabella 3-2 – Matrice del rischio adottata per la UoM ITI021, ITR081, ITI01319 per l'ambito costituito dai corsi d'acqua naturali

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'	
CLASSI DI DANNO	P3	P2
D4	R3	R2
D3	R3	R1
D2	R2	R1
D1	R1	R1

Tabella 3-3 – Matrice del rischio adottata per la UoM ITI021, ITR081, ITI01319 per l'ambito costituito dal reticolo secondario artificiale di pianura

Ai fini dell'attuazione del D. Lgs. 49/2010, le mappe del rischio sono state elaborate seguendo le indicazioni di cui al documento "Indirizzi operativi per l'attuazione della direttiva 2007/60/ce relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni", in base ai quali la definizione del concetto di rischio si basa sulla seguente formula:

$$R = P \times E \times V = P \times Dp$$

dove:

- P (pericolosità): probabilità di accadimento, all'interno di una certa area e in un certo intervallo di tempo, di un fenomeno naturale di assegnata intensità;
- E (elementi esposti): persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, ecc.) e/o attività (economiche, sociali, ecc.) esposte ad un evento naturale;
- V (vulnerabilità): grado di capacità (o incapacità) di un sistema/elemento a resistere all'evento naturale;

- Dp (danno potenziale): grado di perdita prevedibile a seguito di un fenomeno naturale di data intensità, funzione sia del valore che della vulnerabilità dell'elemento esposto;
- R (rischio): numero atteso di vittime, persone ferite, danni a proprietà, beni culturali e ambientali, distruzione o interruzione di attività economiche, in conseguenza di un fenomeno naturale di assegnata intensità.

L'analisi del rischio è stata svolta, pertanto, sovrapponendo, mediante procedure automatizzate su piattaforma GIS – Arcmap, alle mappe della pericolosità di alluvioni la cartografia degli elementi esposti distinti in 4 classi di danno potenziale (da D4 a D1), utilizzando l'algoritmo definito dagli "Indirizzi operativi" del MATTM, in particolare mediante la elaborazione di una matrice generale che associa le classi di pericolosità P1, P2, P3 alle classi di danno D1, D2, D3 e D4, declinata in funzione della specificità e dell'intensità dei processi attesi. Pertanto, definiti i 3 livelli di pericolosità (P3, P2, P1) e i 4 di danno potenziale (D4, D3, D2, D1) sono stati stabiliti i quattro livelli di Rischio conseguenti R4, R3, R2 ed R1 e quindi redatte le mappe del rischio.

Di seguito si riporta stralcio della cartografia relativa al Rischio che, in base alle classi, individua come categoria prevalente interessata dal tracciato in progetto la R3, che rappresenta la condizione di rischio elevato.

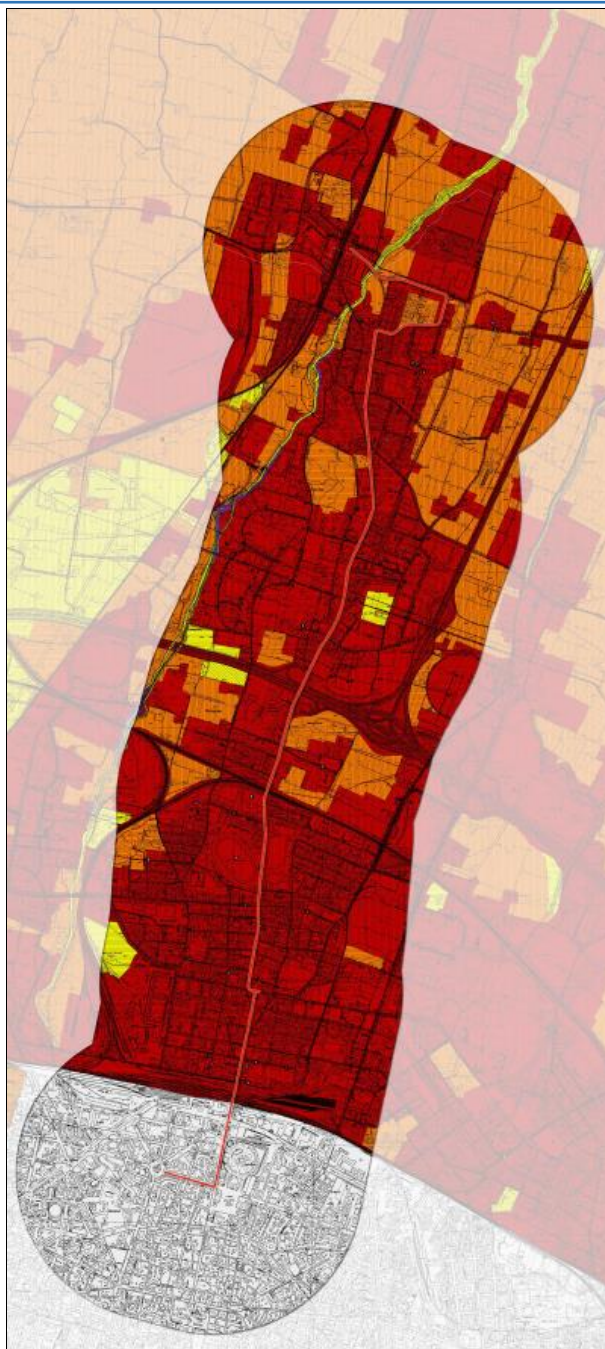


Figura 3-5 – Mappa del rischio



Le mappe del rischio elaborate applicando le due matrici sopra descritte sono costituite da tre tematismi:

- copertura poligonale: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità e elementi esposti di tipo areale (uso del suolo, etc);
- copertura lineare: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità e elementi esposti di tipo lineare (p.e. viabilità stradale e ferroviaria, etc);
- copertura puntuale: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità e elementi esposti di tipo areale (istituti scolastici, strutture sanitarie e ospedaliere, impianti IED, etc)

Gli elementi a rischio di tipo puntuale (p.e. istituti scolastici) e lineari (p.e. viabilità stradale) sono stati rappresentati attribuendo al punto o alla linea il colore corrispondente al livello di rischio attribuito. I colori attribuiti alle 4 classi di rischio (visibili anche nelle corrispondenti celle delle matrici utilizzate) sono stati concordati a scala di distretto dell'appennino settentrionali e sono ugualmente utilizzati anche nel distretto padano.

Le mappe così redatte sono state poi integrate, come indicato sia nella Direttiva 2007/60/CE che nel D. Lgs. 49/2010, in modo tale da contenere informazioni circa il numero di abitanti potenzialmente esposti all'alluvione e gli impianti industriali potenzialmente pericolosi (ai sensi dell'allegato I del D.L. 59/2005).

Complessivamente, il progetto del tratto nord della linea verde si occuperà di valutare gli aspetti legati all'invarianza idraulica e più in generale alla gestione delle acque, prevedendo adeguate misure di mitigazione e contenimento, soprattutto in relazione alla realizzazione del capolinea, attualmente immaginato in territorio del Comune di Bologna.

In particolare, sarà opportuno determinare le strategie più efficaci per ovviare le effettive condizioni di pericolosità idraulica del Canale Navile valutando gli effetti di ipotetiche rotture arginali, coerentemente con i criteri assunti dal PGRA per le attuali perimetrazioni delle aree a pericolosità da alluvione.

Stante il quadro delle pericolosità idrauliche attuali e di progetto che confermano in buona sostanza l'ambito P2 definito nella Variante di Coordinamento PGRA/PSAI, verranno proposte le necessarie misure di contenimento dell'invarianza idraulica a corredo della nuova infrastruttura tranviaria e al fine di migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici.

### **Piano Stralcio di Bacino**

Il "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico" (PSAI), redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Reno e adottato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 1/1 del 6.12.2002, è elaborato in attuazione di quanto previsto dal comma 1 dell'articolo 1 del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 agosto 1998, n. 267 e modificato dal DL 13.05.99 n. 132, convertito nella L. 266 del 13.07.99, e dal DL 12.10.2000 n. 279, convertito nella L. 365 dell'11.12.2000. (art. 2 NTA).

L'approvazione del D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", ha modificato l'impianto organizzativo ed istituzionale della legge 183/1989 prevedendo, all'articolo 63, la soppressione, a far data dal 30 aprile 2006, delle Autorità di Bacino previste dalla legge 183/1989 sostituendole con le Autorità di Bacino Distrettuale.

Il 17 febbraio 2017 con l'entrata in vigore il D.M. 25 ottobre 2016, sono state soppresse le Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali, e tutte le relative funzioni sono state trasferite alle Autorità di bacino distrettuali. L'Autorità di bacino interregionale del fiume Reno confluisce pertanto nell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po.

Dal punto di vista idrologico l'area è ricompresa nel territorio soggetto alle norme del "Territorio soggetto alle norme del Piano Stralcio per il Sistema Idraulico Navile Savena A." (rif. art. 5), come si evince dal seguente stralcio di cartografia.

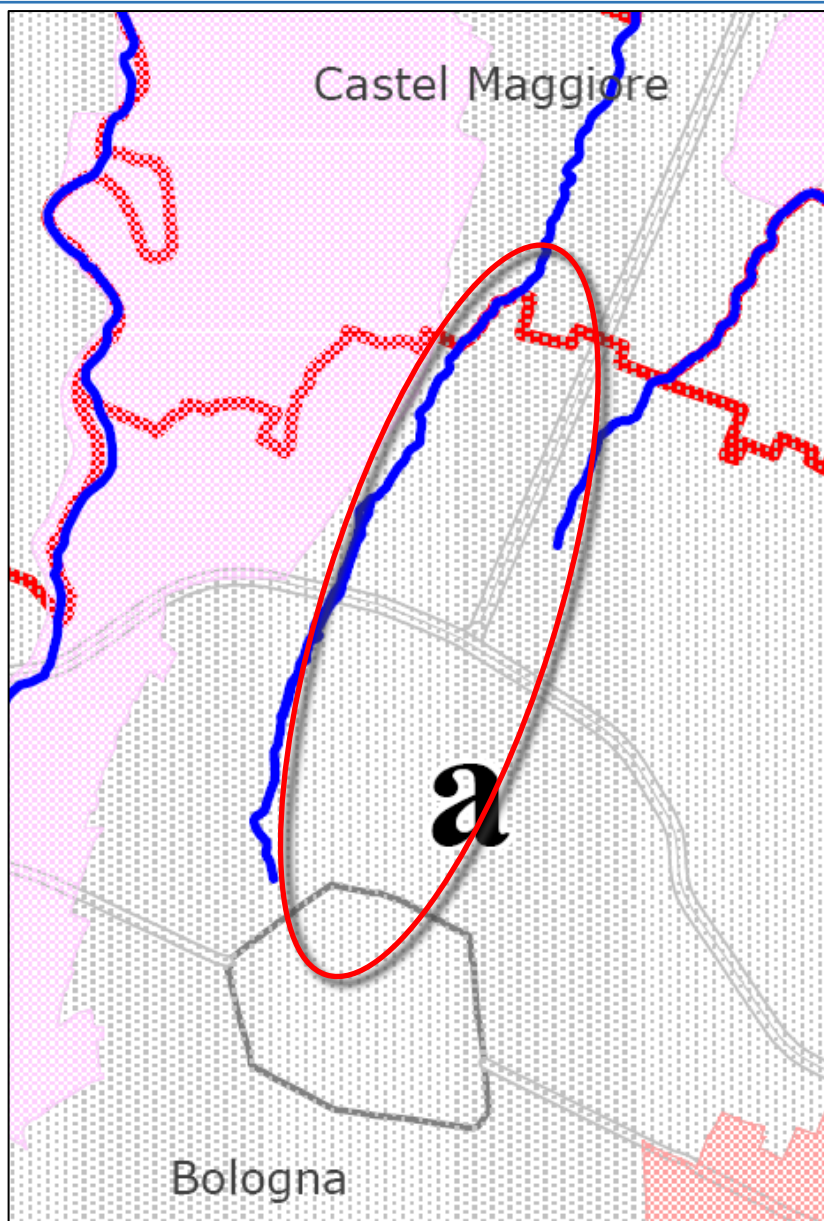
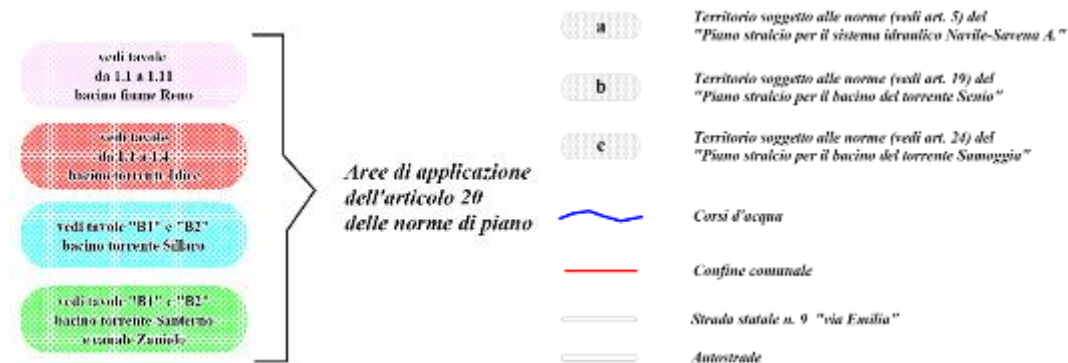


Figura 3-6 – PSAI - Tavola B.0/m5 – Aree soggette al controllo degli apporti d'acqua (figura non in scala)



Il Piano Stralcio per il Sistema Idraulico Navile-Savena Abbandonato disciplina gli interventi di trasformazione attraverso l'articolo 5, che regola il controllo degli apporti d'acqua. Tali disposizioni delegano alle amministrazioni comunali la necessità di favorire norme o comunque emanare atti che consentano e/o promuovano, anche mediante incentivi, la realizzazione di sistemi di regimentazione e regolamentazione degli apporti d'acqua mediante l'utilizzo di sistemi di raccolta delle acque piovane anche nelle aree edificate.

In particolare il seguente stralcio della Tavola B.2 riporta l'individuazione delle aree passibili di inondazioni con l'intento di:

- stimare le sollecitazioni idrologiche (piogge e portate) con le quali testare il comportamento del sistema in occasione di eventi molto gravosi;
- svolgere le necessarie verifiche idrologiche ed idrauliche atte ad individuare eventuali tratti d'alveo in condizioni idrauliche critiche, con particolare attenzione alle aree contigue all'alveo soggette ad inondazione ed ai tratti arginali dei cavi fluviali a rischio di sormonto;
- redigere la perimetrazione delle aree ad elevata probabilità di esondazione (evento di piena con TR = 25 - 30 anni), individuare la linea di esondazione e i tratti soggetti a sormonto arginale per piene a TR 100 - 200 anni e contribuire, per quanto riguarda i soli aspetti idraulici, alla definizione delle fasce di pertinenza fluviale;

- valutare i possibili interventi, quantificando in special modo il beneficio apportato in termini di riduzione del rischio idraulico e migliore assetto idraulico fluviale, con un approccio di sistema all'insieme della rete fluviale e del bacino di raccolta delle acque;
- analizzare la fattibilità degli interventi ipotizzati al punto precedente.

Come è possibile constatare dalla Tavola B.2 - Aree passibili di inondazione e sezioni trasversali di riferimento, la porzione di territorio interessata dalla realizzazione dell'opera non ricade in situazioni dove possano verificarsi inondazioni.

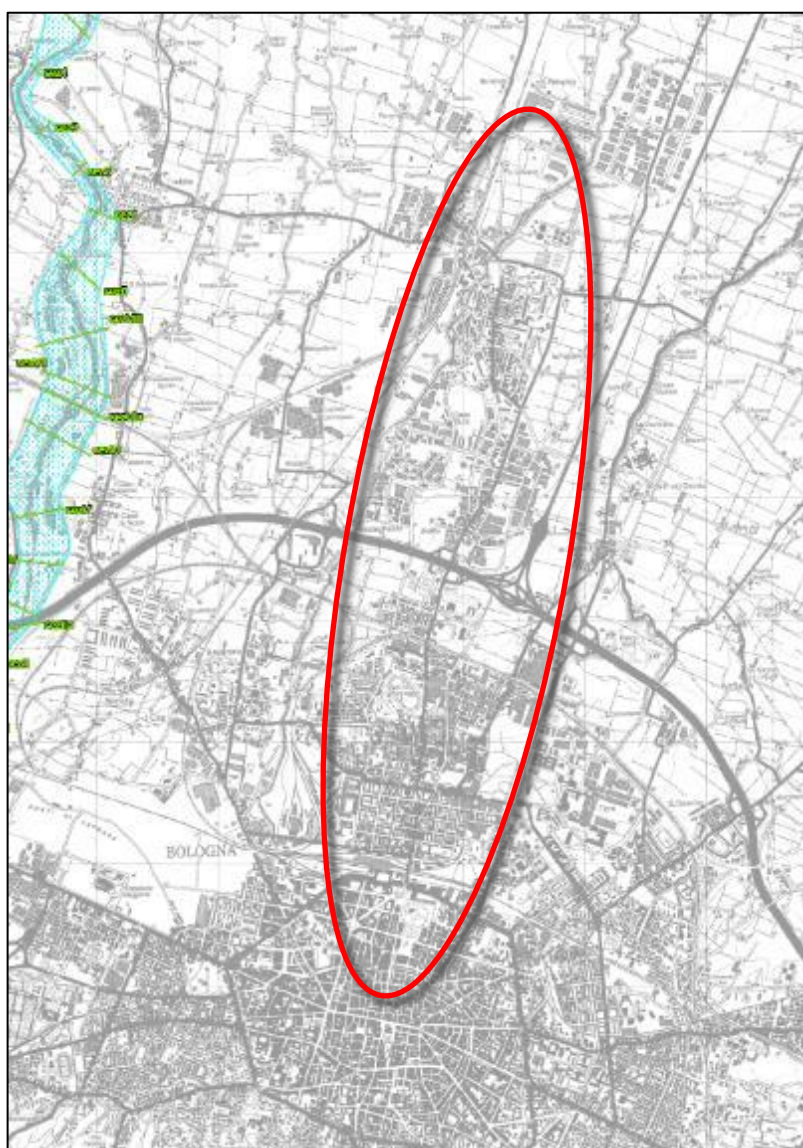
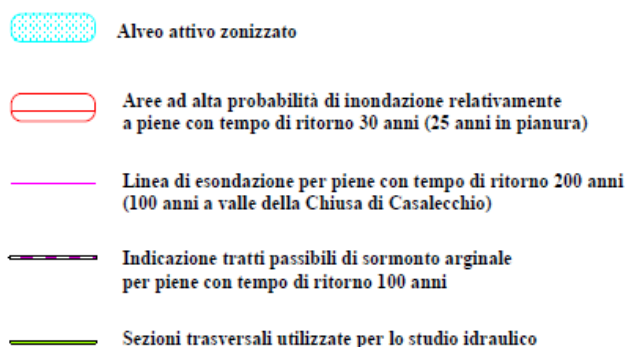


Figura 3-7 – PSAI - Tavola B.2 – Aree passibili di inondazione e sezioni trasversali di riferimento

(figura non in scala)



Il Piano definisce le misure da adottare per ridurre il rischio idraulico nelle aste dei corsi d'acqua principali, secondari, minori e minuti sono riconducibili alle seguenti azioni:

- Mantenere un costante coordinamento dell'azione della Pubblica Amministrazione (Stato, Regione, Enti Locali, Consorzi) al fine di una azione tempestiva ed efficace per il raggiungimento degli obiettivi comuni di sicurezza dei territori e di salvaguardia delle risorse naturali.
- Eseguire una costante manutenzione ordinaria negli alvei con interventi di sistemazione delle sponde e della vegetazione. Gli interventi sulla vegetazione devono essere eseguiti con diverse metodologie per quanto riguarda i tratti montani, quelli di pianura non arginati e quelli di pianura arginati. Alcuni tipi di transetti vegetazionali a cui fare riferimento come obiettivi della manutenzione ordinaria sono riportati nelle "Norme di indirizzo per la gestione e manutenzione dei corsi d'acqua nei tratti arginati del Bacino del Reno" allegato B, approvate con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n°3/2 in data 2 ottobre 1996.
- Salvaguardare le aree ad alta probabilità di inondazione da interventi di antropizzazione al fine di preservarne la funzione di naturale espansione delle piene, contribuendo nello stesso modo a prevenire costi sociali elevati dovuti all'introduzione di elementi a rischio.
- Destinare a parco fluviale tutte le aree di proprietà pubblica presenti nelle zonizzazioni di alveo e di pertinenze fluviale e attuare una particolare manutenzione ordinaria per la valorizzazione ambientale di tali aree secondo quanto previsto dalle "Norme di indirizzo

per la salvaguardia e la conservazione delle aree demaniali e la costituzione di parchi fluviali e lacuali e di aree protette” approvate con delibera del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino n°1/6 in data 14 marzo 1997.

- Prevedere interventi di manutenzione straordinaria per l’asportazione di materiale alluvionale sedimentato sulle golene, nelle parti a maggiore sofferenza idraulica dei tratti arginati. Tale materiale, infatti, produce un progressivo restringimento delle sezioni di deflusso dove la pendenza di fondo del corso d’acqua è più scarsa con un tendenziale diminuzione del franco arginale.
- Mantenere in piena efficienza i manufatti di attraversamento e le opere idrauliche.
- Avviare studi idraulici di dettaglio ed i relativi rilievi topografici integrativi di quelli già a disposizione, per definire la progettazione preliminare di interventi per la riduzione del rischio nelle aree indicate nelle tavole allegate come aree ad alta probabilità di inondazione e normate dall’art.16 delle Norme di Piano.
- Mantenere in piena efficienza e potenziare (migliorandone la copertura spaziale all’interno del bacino idrografico e delle aste torrentizie e fluviali) la strumentazione di misura delle grandezze idrologiche (telepluviometri) e delle grandezze idrauliche (teleidrometri), di fondamentale importanza per restituire in tempo reale l’evolversi di un evento di piena e soprattutto per fornire una messe di dati e di informazioni necessari per la valutazione del rischio idraulico e la progettazione di interventi di messa in sicurezza.

### 3.4 PIANO ARIA INTEGRATO REGIONALE (PAIR)

Il Piano Aria Integrato Regionale (PAIR 2020) è stato adottato dalla Giunta regionale con deliberazione n. 1180 del 21 luglio 2014, in attuazione del D. Lgs. 155/2010 e della Direttiva Europea 2008/50/CE sulla qualità dell’aria ambiente. Esso si articola in: Quadro Conoscitivo, Relazione Generale che include il Monitoraggio delle Azioni di Piano, Norme Tecniche di Attuazione e Rapporto Ambientale contenente la Sintesi non tecnica e lo studio di incidenza. Nel PAIR 2020 viene evidenziato che il territorio della Pianura Padana contribuisce per il 50% alle

emissioni nazionali di tutti gli inquinanti ad eccezione dell'ammoniaca il cui contributo sale al 70%; in tale contesto il contributo emissivo della Regione Emilia-Romagna per ciascun inquinante, rispetto al bacino padano, è inferiore al 20%. Pertanto il PAIR – 2020 prevede l'obiettivo, da raggiungere entro il 2020, della riduzione delle emissioni dirette di PM<sub>10</sub> e dei principali precursori (COV, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>), necessaria al rispetto del valore limite equivalente (VLE) per il PM<sub>10</sub>. Il PAIR – 2020 identifica gli ambiti di intervento prioritari individuati per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dell'aria:

- A. le città, la pianificazione e l'utilizzo del territorio;
- B. trasporti e mobilità;
- C. energia;
- D. attività produttive;
- E. agricoltura;
- F. acquisti verdi nelle Pubbliche Amministrazioni (*Green Public Procurement – GPP*);
- G. ulteriori misure: applicazione del principio del saldo zero;
- H. le misure sovra-regionali.

Per il raggiungimento di tali obiettivi il PAIR – 2020 prevede, in sintesi, le seguenti misure:

MACRO AZIONI IN AMBITO URBANO	MISURE DI DETTAGLIO
Qualità pianificazione territoriale e limitazione uso suolo	a) pianificazione improntata al minor consumo di suolo e dispersione abitativa
	b) inserire obiettivi di qualità dell'aria e la verifica del non peggioramento della stessa in tutti gli strumenti di pianificazione
Incremento degli spazi verdi urbani	a) Realizzazione di fasce boscate con siepi e filari o con piantumazione di specie arboree che trattengono le sostanze inquinanti
	b) trasformazione di lastrici solari in giardini pensili
	c) incremento delle "cinture verdi" periurbane
Promozione e ottimizzazione dell'uso del trasporto pubblico locale	a) Rinnovo parco autobus con sostituzione degli autobus più inquinanti con autobus a minor impatto ambientale
	b) Potenziamento e riqualificazione dell'offerta del servizio del trasporto pubblico su gomma e ferro per migliorare l'alternativa modale al veicolo privato

	c) Interventi per l'interscambio modale: Realizzazione di infrastrutture per il miglioramento dell'interscambio modale ferrogomma- bici nelle stazioni/fermate del trasporto pubblico
	d) potenziamento car-sharing
	e) L'integrazione modale e tariffaria: Completamento del sistema di tariffazione integrata tariffaria ferro-gomma (Mi Muovo), da estendere fino a diventare una "carta della mobilità regionale" (ad es. per i servizi di bike e car sharing, sosta, ricarica elettrica...)
	f) Sviluppo di progetti di infomobilità
	g) Sviluppo dell'ITS (Intelligent Transport Systems)
Promozione della mobilità ciclabile	a) Incremento, completamento e riqualificazione della rete ciclopedonale
	b) Promozione della mobilità ciclabile attraverso l'incremento di stalli protetti e sistemi di tracciabilità e registrazione dei mezzi
	c) Potenziamento bike-sharing
Regolamentazione, distribuzione merci in ambito urbano	a) Limitazione degli accessi alle zone urbane ai veicoli commerciali più inquinanti
	b) Gestione del trasporto merci nell'ultimo km con veicoli a basso impatto
	c) Promozione della sostenibilità e dell'ottimizzazione della logistica delle merci (piattaforme logistiche)
Politiche di Mobility Management	a) Promuovere accordi che prevedono l'attivazione di pedibus per gli spostamenti casa scuola
	b) Promozione degli accordi aziendali o di distretto industriale per ottimizzare gli spostamenti casa lavoro dei dipendenti (Mobility manager d'area)
	c) azioni per ridurre le necessità di spostamento della popolazione: videoconferenze, telelavoro, asili aziendali
	d) iniziative per diffondere il car-pooling
Riqualificazione energetica degli edifici	a) isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato
	b) sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato
	c) riqualificazione energetica edifici pubblici
	d) riqualificazione energetica degli edifici ad uso industriale
Riqualificazione di impianti termici	a) sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernale utilizzando generatori di calore a condensazione con requisiti minimi di rendimento termico utile

	b) Promozione della diffusione della centralizzazione degli impianti in edifici con più di 4 unità abitative collegate ad utenze singole con contestuale contabilizzazione del calore
Risparmio energetico illuminazione pubblica	a) Sostituzione di lampade tradizionali con lampade a risparmio energetico
	b) Sostituzione di lampade semaforiche a incandescenza con lampade al led
	c) Sostituzione di lampade a vapori di mercurio con lampade a vapori di sodio ad alta pressione negli impianti di pubblica illuminazione
	d) Installazione di regolatori di flusso luminoso
	e) Sostituzione di lampade votive ad incandescenza con lampade al LED
Adeguamento eco-sostenibile dei regolamenti edilizi comunali	a) adozione di requisiti di eco-sostenibilità nei regolamenti edilizi comunali
Misure gestionali per il risparmio energetico in ambienti pubblici	a) Obbligo di mantenere chiuse le porte di accesso al pubblico da parte di esercizi commerciali, pubblici, ecc. per evitare dispersioni termiche sia nel periodo invernale che in quello estivo
Estensione ZTL e aree pedonali nei centri storici	a) Promozione dell'estensione delle aree ZTL
	b) armonizzazione delle regole di accesso e sosta nelle ZTL
	c) Promozione dell'estensione delle aree pedonali
	d) Promozione dell'estensione di aree 30 km/h
Limitazione della circolazione privata in area urbana	a) Limitazione della circolazione in area urbana per le categorie veicolari più inquinanti dal lunedì al venerdì (ampliamento categorie soggette a limitazione al 2015, 2018 e 2020)
	b) Limitazione della circolazione i giovedì (1 ott-31 marzo) (ampliamento categorie soggette a limitazione al 2015, 2018 e 2020)
	c) Agevolazioni accesso ZTL e parcheggi gratuiti per veicoli elettrici
	d) Azioni per sopperire la domanda di mobilità privata con il trasporto pubblico (es. abbonamenti agevolati)
Domenica ecologica	a) Attivazione di provvedimenti di limitazione della circolazione una domenica al mese
Misure emergenziali in caso di superamenti prolungati di limiti qualità per PM10	a) Provvedimenti di limitazione della circolazione in giorni aggiuntivi dopo 4 giorni di superamento dei VL per il PM10
	b) Abbassamento di 1 grado della temperatura negli ambienti riscaldati
Mobilità sostenibile delle flotte degli enti pubblici	a) Progressiva conversione parco mezzi enti pubblici in flotte ecologiche
	b) Dotazioni di stalli protetti per bici per dipendenti pubblici e per utenti

Appalti verdi	a) Appalti per mezzi off road e per forniture di servizi a basso impatto ambientale
<b>MACRO AZIONI PER UNA MOBILITÀ SOSTENIBILE DELLE PERSONE</b>	<b>MISURE DI DETTAGLIO</b>
Promozione e ottimizzazione dell'utilizzo del trasporto pubblico locale	a) Rinnovo parco autobus con sostituzione degli autobus più inquinanti con autobus a minor impatto ambientale
	b) Potenziamento e riqualificazione dell'offerta del servizio del trasporto pubblico su gomma e ferro per migliorare l'alternativa modale al veicolo privato
	c) Interventi per l'interscambio modale: Realizzazione di infrastrutture per il miglioramento dell'interscambio modale ferrogomma- bici nelle stazioni/fermate del trasporto pubblico
	d) potenziamento car-sharing
	e) 'integrazione modale e tariffaria: Completamento del sistema di tariffazione integrata tariffaria ferro-gomma (Mi Muovo), da estendere fino a diventare una "carta della mobilità regionale" (ad es. per i servizi di bike e car sharing, sosta, ricarica elettrica...)
	f) Sviluppo di progetti di Infomobilità
	g) Sviluppo dell'ITS (Intelligent Transport Systems)
Promozione della mobilità ciclabile	a) Incremento, completamento e riqualificazione della rete ciclopedonale
	b) Promozione della mobilità ciclabile attraverso l'incremento di stalli protetti e sistemi di tracciabilità e registrazione dei mezzi
	c) potenziamento bike-sharing
Rinnovo parco autoveicolare: favorire veicoli a basse emissioni	a) Promozione dell'utilizzo di veicoli elettrici (biciclette a pedalata assistita, motocicli elettrici e autovetture elettriche)
	b) Potenziamento della rete pubblica con punti di ricarica per i veicoli elettrici nelle città
	c) Favorire il rinnovo del parco veicolare attraverso la sostituzione con veicoli a basse emissioni
Politiche di Mobility Management	a) Promuovere accordi che prevedono l'attivazione di pedibus per gli spostamenti casa scuola
	b) Promozione degli accordi aziendali o di distretto industriale per ottimizzare gli spostamenti casa lavoro dei dipendenti (Mobility manager d'area)
	c) azioni per ridurre le necessità di spostamento della popolazione: videoconferenze, telelavoro, asili aziendali

	d) iniziative per diffondere il car-pooling
Utilizzo ottimale dei veicoli: Eco Driving	a) Promozione della guida ecologica dei veicoli pubblici e privati
<b>MACRO AZIONI PER UNA GESTIONE SOSTENIBILE DELLE MERCI</b>	<b>MISURE DI DETTAGLIO</b>
Regolamentazione della distribuzione delle merci in ambito urbano	a) Limitazione degli accessi alle zone urbane ai veicoli commerciali più inquinanti
	b) Gestione del trasporto merci nell'ultimo km con veicoli a basso impatto
	c) Promozione della sostenibilità e dell'ottimizzazione della logistica delle merci (piattaforme logistiche)
Razionalizzazione logistica del trasporto merci a corto raggio in aree industriali	a) Promozione della sostenibilità e dell'ottimizzazione della logistica delle merci (Mobility manager di area industriale/artigianale)
Spostamento modale delle merci su rotaia	a) Spostamento modale del trasporto merci da mezzi su gomma su treno

In relazione agli obiettivi specifici che il piano si propone di raggiungere nell'orizzonte temporale sopradescritto, l'opera in progetto si inserisce e si perfeziona pienamente rispondendo nello specifico alle urgenze di riduzione e contenimento di emissioni in atmosfera attraverso macro azioni e misure di dettaglio che coinvolgono la gestione della mobilità sostenibile e, più in generale, la qualità della pianificazione territoriale in particolare in ambito urbano.

### 3.5 PIANO ENERGETICO REGIONALE (PER) E PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE E IL CLIMA (PAESC)

Il Piano energetico regionale - approvato con Delibera dell'Assemblea legislativa n. 111 del 01 marzo 2017 - fissa la strategia e gli obiettivi della Regione Emilia-Romagna per clima e energia fino al **2030** in materia di rafforzamento dell'economia verde, di risparmio ed efficienza energetica, di sviluppo di energie rinnovabili, di interventi su trasporti, ricerca, innovazione e formazione.

In particolare, il Piano fa propri gli obiettivi europei al 2020, 2030 e 2050 in materia di clima ed energia come driver di sviluppo dell'economia regionale.

In termini strategici, la Regione si impegna nei confronti di una decarbonizzazione dell'economia tale da raggiungere, entro il 2050, una riduzione delle emissioni serra almeno dell'80% rispetto ai livelli del 1990. Tale obiettivo dovrà essere raggiunto, in via prioritaria, attraverso una decarbonizzazione totale della generazione elettrica, un progressivo abbandono dei combustibili fossili in tutti i settori, in primo luogo nei trasporti e negli usi per riscaldamento e raffrescamento, e uno sviluppo delle migliori pratiche agricole, agronomiche e zootecniche anche al fine di accrescere la capacità di sequestro del carbonio di suoli e foreste.

Diventano pertanto strategici per la Regione:

- la riduzione delle emissioni climalteranti del 20% al 2020 e del 40% al 2030 rispetto ai livelli del 1990;
- l'incremento al 20% al 2020 e al 27% al 2030 della quota di copertura dei consumi attraverso l'impiego di fonti rinnovabili;
- l'incremento dell'efficienza energetica al 20% al 2020 e al 27% al 2030.

Il percorso di elaborazione e approvazione del nuovo Piano energetico regionale e del Piano triennale di attuazione si è articolato in diverse fasi:

1. Percorso partecipato dal novembre 2015 al 30 maggio 2016, con una serie di confronti e di approfondimenti con la società regionale
2. Approvazione da parte della Giunta regionale del Piano energetico regionale e del Piano triennale di attuazione con delibera n. 1284/2016
3. Avvio e conclusione della procedura di Valutazione ambientale strategica, dal 5 settembre al 4 ottobre 2016
4. Iter di approvazione in Assemblea legislativa

Il PER, nel delineare la strategia regionale, individua due scenari energetici: uno scenario "tendenziale" ed uno scenario "obiettivo". Lo scenario energetico tendenziale tiene conto delle politiche europee, nazionali e regionali adottate fino a questo momento, dei risultati raggiunti

dalle misure realizzate e dalle tendenze tecnologiche e di mercato considerate consolidate. Si tratta dunque di una prospettiva dove non si tiene conto di nuovi interventi ad alcun livello di governance.

Lo scenario obiettivo punta invece a raggiungere gli obiettivi Ue clima-energia del 2030, compreso quello relativo alla riduzione delle emissioni serra, che costituisce l'obiettivo più sfidante tra quelli proposti dall'UE. Questo scenario è supportato dall'introduzione di buone pratiche settoriali nazionali ed europee ritenute praticabili anche in Emilia-Romagna, e rappresenta, alle condizioni attuali, un limite sfidante ma non impossibile da raggiungere.

Il livello di raggiungimento dei risultati delineati nello scenario obiettivo di riduzione dei gas serra, di risparmio energetico e di copertura di consumo con fonti rinnovabili al 2030, sarà determinato dalle condizioni esogene - che riguardano dinamiche sovraregionali e per molti aspetti internazionali - ed endogene - determinate dagli indirizzi di politica regionale - che saranno in grado di favorire lo sviluppo delle tecnologie ad alta efficienza energetica e a ridotte emissioni di carbonio, degli impianti di produzione dell'energia da fonti rinnovabili, del miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici e delle attività di produzione di beni e di servizi.

Lo scenario obiettivo richiede perciò l'attuazione congiunta di misure e di politiche sia nazionali sia regionali e sarà fortemente condizionato da determinati fattori esogeni, oltre che dalle decisioni dell'UE in materia di clima ed energia.

La priorità d'intervento della Regione Emilia-Romagna è dedicata alle misure di decarbonizzazione dove l'intervento regionale può essere maggiormente efficace, quindi in particolare nei settori non Ets: mobilità, industria diffusa (pmi), residenziale, terziario e agricoltura. In particolare i principali ambiti di intervento saranno i seguenti:

- Risparmio energetico ed uso efficiente dell'energia nei diversi settori
- Produzione di energia elettrica e termica da fonti rinnovabili
- Razionalizzazione energetica nel settore dei trasporti
- Aspetti trasversali

In particolare il settore dei trasporti rappresenta uno dei principali settori che può contribuire in modo sostanziale al raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas climalteranti e riduzione del consumo di combustibili fossili. Il raggiungimento di tali obiettivi richiede pertanto un'azione congiunta a livello nazionale e regionale per favorire lo sviluppo di veicoli a basse emissioni di CO<sub>2</sub> e, nel caso del trasporto passeggeri, una riduzione degli spostamenti sui mezzi privati a favore di un incremento degli spostamenti collettivi, mentre nel caso del trasporto merci, una razionalizzazione della logistica ed uno spostamento dei trasporti su modalità diverse dalla gomma (e in particolare verso il ferro). Nello scenario obiettivo, lo shift modale a favore di mezzi pubblici o di modalità ciclopedonali per gli spostamenti privati è significativo: +10% di passeggeri su trasporto pubblico su gomma e +50% su ferro, oltre ad una crescita della mobilità ciclabile al 20% entro il 2030. Per quanto riguarda il trasporto merci si prevede un incremento del trasporto merci sul ferro fino a raggiungere uno share modale del 10% nel 2030. Chiaramente, il livello di penetrazione dei veicoli alimentati da carburanti alternativi (in particolare elettrici e ibridi) e a ridotte emissioni di inquinanti sarà condizionato da una serie di fattori esogeni indipendenti dalle scelte regionali e, nella maggior parte dei casi, sovraregionali: l'evoluzione dei prezzi delle materie prime energetiche (e a cascata dei carburanti tradizionali), lo sviluppo del mercato dei veicoli elettrici, il superamento delle attuali barriere tecnologiche (batterie, autonomia dei veicoli, tempi di ricarica, ecc.), l'andamento macroeconomico favorevole ad investimenti per la sostituzione dei veicoli commerciali, sono tutte questioni globali che incideranno in maniera sostanziale sull'evoluzione del settore dei trasporti in Emilia-Romagna e non solo.

Nel settore dei trasporti, la Regione intende promuovere sul proprio territorio azioni per il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo della mobilità sostenibile e di diffusione dei veicoli alimentati da carburanti alternativi (elettrici, ibridi, metano, GPL) in sinergia con le politiche regionali in materia di trasporti. Ciò potrà avvenire in primo luogo attraverso i seguenti strumenti: promozione nei Piani Urbani per la Mobilità Sostenibile (PUMS) di misure che privilegino la mobilità ciclopedonale, il trasporto pubblico e l'uso di veicoli sostenibili (ad es. veicoli elettrici) soprattutto nei contesti urbani;

- promozione delle infrastrutture urbane per il trasporto pubblico locale, in primo luogo elettrico (filobus, tram, ecc.);
- promozione dell'infrastrutturazione per la mobilità sostenibile alternativa, anche attraverso il sostegno all'autoproduzione da fonti rinnovabili (elettricità, biometano, ecc.) in particolare nel settore del trasporto pubblico;
- promozione della mobilità ciclopeditone, anche come strumento di valorizzazione di spazi pubblici e di rigenerazione urbana;
- promozione di servizi innovativi di mobilità condivisa (ad es. car sharing, corporate car sharing, ride sharing, ecc.) e infomobilità;
- fiscalità agevolata (ad es. esenzione bollo) ed altre misure di incentivazione finalizzate ad agevolare la transizione verso l'utilizzo di alcune tipologie di veicoli (ad es. veicoli elettrici).

Gli ultimi anni hanno visto un importante sviluppo delle politiche locali per il raggiungimento di obiettivi di sostenibilità energetica e ambientale.

La Regione Emilia-Romagna ha adottato il Patto dei Sindaci come strumento di riferimento per promuovere lo sviluppo delle politiche locali per l'energia sostenibile e la definizione di obiettivi ed azioni sui territori:

- svolgendo un'azione di supporto e coordinamento accreditata dalla Commissione Europea,
- predisponendo e aggiornando strumenti di supporto alla redazione dei Piani di Azione per l'Energia Sostenibile (PAES) e al loro coordinamento con le politiche regionali
- erogando co-finanziamenti tramite tre successivi bandi regionali che, in coerenza con il piano di riordino amministrativo in corso, promuovano lo sviluppo di politiche e piani per l'energia sostenibile congiunti a livello di Unione o di raggruppamento di Comuni.

Ad oggi circa 300 Comuni sui 328 che attualmente compongono il territorio regionale, pari al 95% della popolazione, hanno aderito al Patto e hanno predisposto il proprio PAES con obiettivi al 2020 e con azioni per la riduzione dei consumi energetici, l'incremento delle fonti rinnovabili e la riduzione delle emissioni climalteranti. Tutto ciò costituisce un'infrastruttura molto importante

per il territorio regionale, che permette di sviluppare forme di coordinamento tra le azioni locali e le politiche ad esse sottostanti (non solo energetiche ma anche di competitività e attrattività) e le politiche regionali. Da dicembre 2015 i Comuni possono aderire al nuovo Patto dei Sindaci, che amplia il proprio scopo integrando la sostenibilità energetica con i temi della sicurezza, della disponibilità e dell'adattamento al cambiamento climatico e prevede la redazione di un Piano di Azione per l'Energia e il Clima (PAESC) con orizzonte al 2030. Tramite questo nuovo strumento viene proposto ai Comuni di guardare ad un orizzonte di più lungo periodo, dando un valore ancora più strategico alle proprie politiche per l'energia sostenibile, e una valenza che si lega ad indicatori di tipo economico, sociale, e più in generale di competitività e coesione che permette di proporre in modo proprio anche a livello locale il tema della transizione verso una economia low carbon e di proporre quest'ultima come driver per la creazione di green jobs.

Il Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima (PAESC), approvato nell'aprile del 2021, costituisce lo strumento che integra tutti i locali piani urbanistici, di mobilità e ambientali urbani per rendere la città più adattabile ai cambiamenti climatici e climaticamente sostenibile, con un azzeramento netto delle emissioni di carbonio che provocano il riscaldamento globale. La redazione del Piano è uno degli impegni che il Comune di Bologna ha assunto con l'adesione al "Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia".

Il Piano stilato rappresenta la visione a lungo termine della città che mette in campo molteplici azioni, da quelle tecnologiche e infrastrutturali, dentro e fuori dalla città, sino a quelle culturali.

L'obiettivo del Piano è la definizione delle azioni necessarie per raggiungere la decarbonizzazione nel 2040 – traguardo che l'Unione europea pone oggi al 2050 – ma si prefigge anche un proposito di medio termine: un taglio del 40% delle emissioni entro il 2030. È parte integrante del Piano anche l'aggiornamento dell'inventario delle emissioni che evidenzia come sia già stato conseguito nel 2018 l'obiettivo di riduzione del 20% delle emissioni rispetto al 2005 (- 21,6%).

Le azioni del PAESC arrivano a considerare uno scenario al 2030 che, attraverso le tecnologie già oggi disponibili, consentono di arrivare ad una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> del 44%, pari a oltre 500 mila tonnellate di anidride carbonica ogni anno.

I protagonisti di questa transizione saranno il Comune, gli altri enti pubblici e gestori di pubblici servizi, il mondo produttivo e i singoli cittadini; sarà infatti anche l'azione dei singoli che permetterà alla città di rinnovarsi. Bologna dovrà diventare una città resiliente, solare e a basso consumo, attraverso interventi in tutti i settori (trasporti, patrimonio edilizio pubblico e privato, spazi aperti, infrastrutture verdi e blu).

La rigenerazione urbanistica prevista nel Piano Urbanistico Generale propone la creazione di interi quartieri "ad energia zero" o addirittura a energia positiva, con produzione locale da fonti rinnovabili. Prevede una forte spinta alla transizione verso l'elettrico di tutti i consumi energetici, da quelli domestici fino ai trasporti pubblici, con grandi tagli alle emissioni di gas serra. La sola realizzazione della linea tranviaria elettrica che attraverserà la città sarà in grado di ridurre le emissioni di oltre 50 mila tonnellate di CO<sub>2</sub> ogni anno.

In questa città elettrica verranno gradualmente eliminati i carburanti a base di carbonio tramite mezzi alimentati da energia rinnovabile, con l'uso di biogas derivato dai rifiuti organici (che già oggi alimenta molti autobus), con idrogeno verde, ossia prodotto dall'acqua a partire da energie pulite, e con i combustibili prodotti dai sistemi di immagazzinamento che convertono i surplus delle energie rinnovabili in gas (power-to-gas).

Il Piano inoltre disegna la Bologna futura come una città resiliente, prevedendo una complessa dinamica di adattamento con aumento delle fitomassa urbana, attraverso l'aumento del verde pubblico, il rinverdimento degli edifici (tetti verdi), la realizzazione di fasce verdi polifunzionali e di mitigazione, nuove piantumazioni di alberi, nuove soluzioni per una gestione sostenibile delle risorse idriche e per migliorare la risposta idrologica del territorio comunale; questo sia per rispondere alla pressione negativa dei cambiamenti climatici (isole di calore, eventi meteorologici estremi) ma anche per migliorare la salubrità e la sicurezza territoriale della città Bologna.

I macro-ambiti di intervento del PAESC sono:

- ondate di calore in ambito urbano, da mitigare mediante interventi mirati all'incremento della fitomassa (alberi), controllo della radiazione solare e di riduzione della vulnerabilità della popolazione mediante sistemi di allerta, di informazione e partecipazione attiva;

- eventi estremi di pioggia e dissesto idrogeologico, per migliorare la risposta idrologica della città e il drenaggio urbano, anche mediante interventi strutturali, di depavimentazione/desigillazione ecc;
- carenza e qualità della risorsa idrica, mediante azioni di rinnovo delle reti, riduzione degli sprechi e razionalizzazione dei consumi idrici;
- rigenerazione degli edifici civili e della relativa dotazione impiantistica, per la riqualificazione energetica profonda degli edifici e la creazione di zone ad energia zero o energia positiva, mediante un set di azioni coordinate di regolamentazione di diffusione delle competenze ecc.;
- produzione di energia da fonti rinnovabili, per aumentare la potenza installata di impianti fotovoltaici anche mediante la promozione dell'autoconsumo collettivo e delle comunità energetiche rinnovabile;
- decarbonizzazione dei trasporti e mobilità sostenibile, mediante l'elettrificazione e la diversione modale dei trasporti verso il trasporto pubblico e la mobilità ciclabile;
- edifici comunali e illuminazione pubblica, per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio pubblico e dei sistemi di illuminazione stradale;
- transizione energetica nel settore industriale, per il contenimento degli usi finali elettrici ed il sostegno verso progetti di innovazione tecnologica ed il ricorso ai vettori di energia rinnovabili (idrogeno, power to gas e biogas).

Sono infine state individuate sei azioni chiave, ovvero misure di significative che affrontano gli aspetti di mitigazione e adattamento, avviate o già realizzate sul territorio comunale:

- riqualificazione dell'edilizia residenziale pubblica;
- progetto GECO "Green Energy Community" in zona Roveri;
- linea rossa del tram;
- programmazione di aumento del verde e delle alberature;
- interventi di riduzione del rischio idraulico e idrogeologico e di manutenzione dei rii collinari e del canale Navile;

- recupero delle acque dell'impianto IDAR (impianto di trattamenti dei fanghi industriali di via Shakespeare) nell'ambito dell'accordo di programma regionale.

### 3.6 PIANO TERRITORIALE METROPOLITANO – CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA

Il PTM è elaborato, formato e redatto nel rispetto delle disposizioni dello Statuto della Città metropolitana di Bologna e in armonia con le previsioni del Piano Strategico Metropolitano, della Carta di Bologna per l'Ambiente, dell'Agenda Metropolitana per lo Sviluppo Sostenibile e del PUMS) di cui acquisisce espressamente tutti i corrispondenti obiettivi e contenuti ai fini della conseguente, compiuta e armonica territorializzazione delle scelte ivi compiute.

Il Piano Territoriale Metropolitano della Città Metropolitana di Bologna, stilato ai sensi dell'articolo n.41 della L.R. 24/2017, è stato adottato con Delibera del Consiglio Metropolitano n.42 del 23.12.2020 e ha visto la conclusione del suo iter di approvazione, avviato a febbraio del 2020, entrando a tutti gli effetti in vigore il 26 maggio 2021 con la pubblicazione sul Bollettino ufficiale regionale (BURERT).

Esso che raccoglie l'eredità del PTCP e disegna gli scenari di sviluppo della Città Metropolitana di Bologna. Obiettivo del PTM è un territorio sostenibile e resiliente, attrattivo, in cui la tutela dell'ambiente, la bellezza dei luoghi urbani e naturali, il lavoro e l'innovazione possono trovare una sintesi unitaria e propulsiva.

Il PTM rappresenta il punto di raccordo tra il Piano Strategico Metropolitano, cornice generale degli obiettivi da territorializzare, le scelte del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) e gli impegni di sostenibilità della Carta di Bologna per l'Ambiente.

Le scelte strategiche del PTM attribuiscono rilevanza alle specificità del territorio, facendo leva sul tema della rigenerazione, e sviluppano la disciplina del territorio rurale e delle nuove urbanizzazioni, mettendo al centro la sostenibilità ambientale, economica e sociale delle scelte e la resilienza del territorio.

Con il PTM la Città metropolitana, “ente federante”, crea una rete di relazioni, non gerarchiche e cooperative, con i comuni e con le unioni del territorio.

Il PTM si confronta con gli effetti della crisi climatica, con la legge urbanistica regionale L.R. n.24 del 2017, incardinata sul contenimento del consumo di suolo, e coinvolge attivamente le Amministrazioni comunali nel processo di formazione e approvazione del Piano.

Gli obiettivi strategici sono stati approvati all’unanimità dal Consiglio metropolitano il 12 febbraio 2021, aprendo il percorso di consultazione e partecipazione che ha portato all’approvazione definitiva del PTM nel maggio dello stesso anno.

A partire dall’approvazione del PTM, risultano abrogati:

- Il PTCP approvato con D.C.P. 19 del 2004 fermo restando che conservano pienamente la relativa validità ed efficacia e, come tali, non sono abrogati, i contenuti normativi e cartografici del medesimo PTCP che, anche ai sensi dell’art. 76, comma 3, della L.R. 24/2017, costituiscono pianificazione regionale e, in particolare, recepimento ed integrazione delle norme e dei contenuti del vigente Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) e del vigente Piano di Tutela delle Acque (PTA) e che tali contenuti trovano spazio nel PTM nei seguenti Sub Allegati:
  - A - Norme e cartografie del PTCP costituenti piano regionale di tutela delle acque;
  - B - Norme e cartografie del PTCP costituenti pianificazione paesaggistica regionale

Questi costituiscono parte integrante e sostanziale del PTM con conseguenti effetti conoscitivi, normativi e/o amministrativi

Gli elaborati costitutivi del PTM sono:

- Strategie
- Nome e relativi Allegati
- Norme Allegato 1:
  - Tavola 1 “Carta della Struttura”;
  - Tavola 2 “Carta degli Ecosistemi”;

Tavola 3 “Carta di Area Vasta del Rischio idraulico, rischio da Frana e dell’Assetto dei Versanti”;

Tavola 4 “Carta di Area Vasta delle Aree suscettibili di effetti locali”;

Tavola 5 “Carta delle Reti Ecologiche, della Fruizione e del Turismo”.

- Quadro Conoscitivo Diagnostico e approfondimenti conoscitivi allegati
- Valutazione di sostenibilità ambientale e territoriale e relativi allegati
- Allegati al Piano

Allegato A – Norme e cartografie del PTCP costituenti piano regionale di tutela delle Acque;

Allegato B – Norme e cartografie del PTCP costituenti pianificazione paesaggistica regionale.

### 3.6.1 “CARTA DELLA STRUTTURA”

Di seguito si riporta stralcio della Tav. 1 - Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storico-culturali, dal quale si evince che l’infrastruttura in progetto ricade nel settore nord in aree e fasce interessate da elementi del sistema idrografico, in particolare del Canale Navile.

Il tracciato principale ricalca una porzione di quella definita dal piano come “viabilità storica”, procedendo lungo la cardinale Via di Corticella.

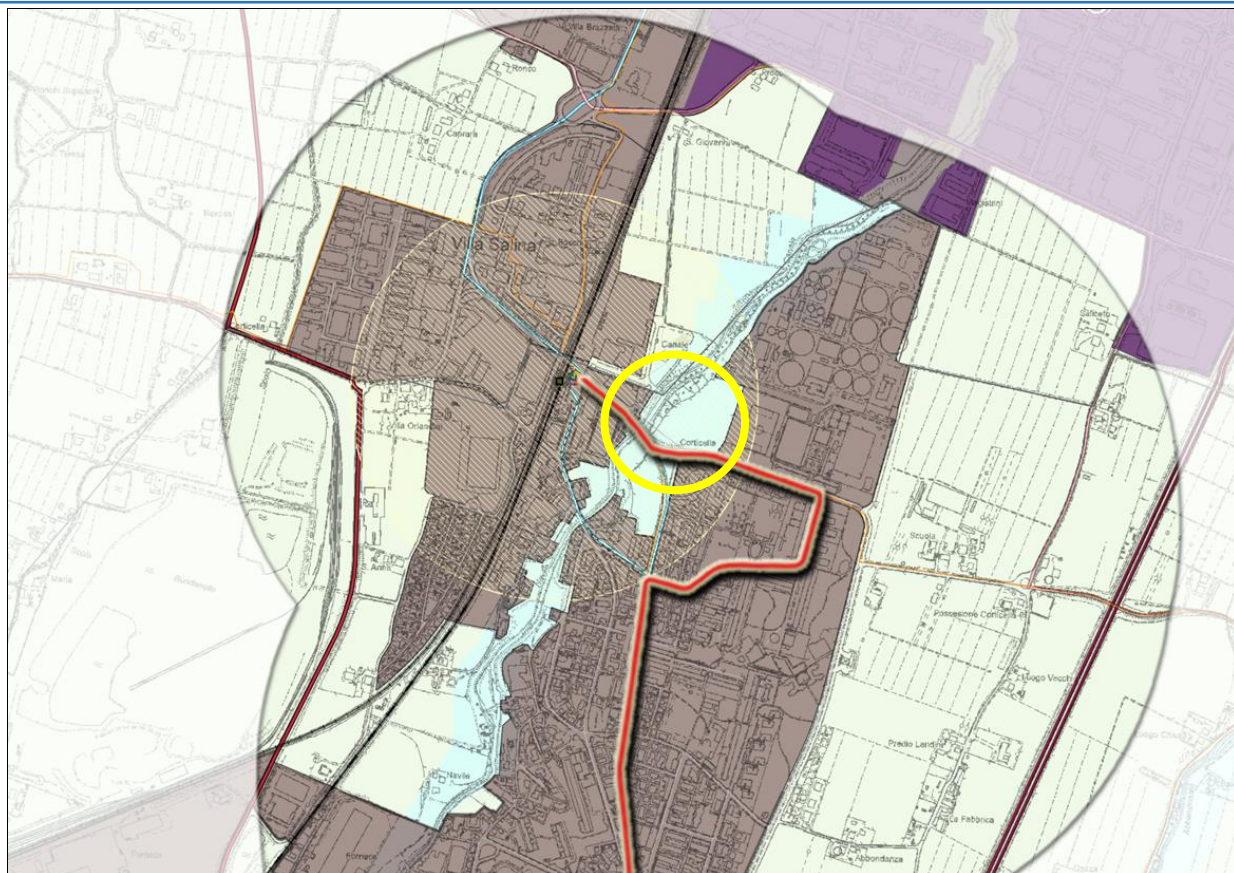
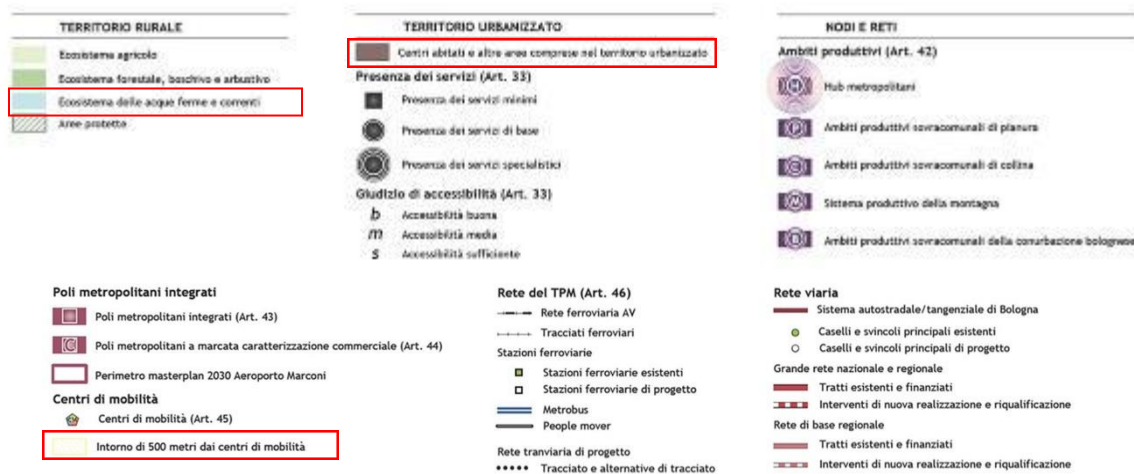


Figura 3-8 – Stralcio PTM Tavola 1 Carta della Struttura (in giallo l'area di interesse)



Viabilità extraurbana secondaria di rilievo provinciale o interprovinciale	Rete ciclabile
Tratti esistenti e finanziati	Rete ciclabile strategica e integrativa
Interventi di nuova realizzazione e riqualificazione	* Campo base TAV (Tavola 1 PTCP)
Viabilità extraurbana secondaria di rilievo intercomunale	
Tratti esistenti e finanziati	
Interventi di nuova realizzazione	
Viabilità urbana	
Principali strade urbane o prevalentemente urbane	
Viabilità locale	

L'area del nuovo nodo di interscambio in esame ricade in aree normate dai seguenti articoli del PTM.

#### ARTICOLO 22 Fasce perifluviali di pianura

Le disposizioni dei commi seguenti si riferiscono alle fasce perifluviali di pianura individuate nella Carta degli ecosistemi. Tali fasce ricomprendono:

- ambiti di tutela paesaggistica di cui all'art. 4.3 delle norme del PTCP allegato al PTM in quanto costituente pianificazione regionale e, in particolare, recepimento e integrazione degli artt. 17 e 34 del PTPR;
- fasce di pertinenza fluviale della pianificazione di bacino vigente (ivi individuate graficamente o, se non individuate, definite in conformità alle disposizioni della pianificazione di bacino stessa. Rientrano nelle dette fasce di pertinenza fluviale le aree ad alta probabilità di inondazione e le aree esondabili per piene con tempo di ritorno di 200 anni. Disposizioni inerenti alle nuove urbanizzazioni

Fermo restando quanto stabilito dalle previsioni del PTPR e del PSAI e in conformità al regime delle competenze del PTM di cui all'art. 41 della legge regionale Emilia-Romagna n. 24/2017 in relazione alla disciplina delle nuove urbanizzazioni e del territorio rurale, nelle fasce perifluviali di pianura non sono ammesse nuove urbanizzazioni di cui all'art. 50. Disposizioni inerenti agli interventi edilizi

Negli edifici esistenti in aree ad alta probabilità di inondazione (con rischio elevato e molto elevato connesso a un tempo di ritorno pari o inferiore a 50 anni) individuate nella Carta degli ecosistemi in conformità ai piani di bacino sono ammessi esclusivamente gli interventi ammissibili ai sensi della pianificazione di bacino vigente.

Negli edifici esistenti in aree esterne alle aree ad alta probabilità di inondazione di cui al precedente comma 3 sono ammessi interventi di qualificazione edilizia ai sensi dell'art. 7, comma 4, lettera a,) della legge regionale Emilia-Romagna n. 24/2017, senza aumenti di SU o mutamenti delle destinazioni d'uso tali da determinare un incremento del carico antropico e urbanistico e con modalità che riducano la vulnerabilità dell'edificio, previa valutazione delle esondazioni con tempo di ritorno di 200 anni, del potenziale interessamento da allagamento e della pericolosità nelle fasce laterali agli argini per sormonto o rottura arginale nel caso dei corsi d'acqua delimitati da arginature continue.

Negli edifici produttivi esistenti nelle aree esterne alle aree ad alta probabilità inondazione di cui al precedente comma 3 sono ammessi interventi di manutenzione o interventi, con esclusivo riferimento alla relativa area di pertinenza, funzionali a determinarne un riassetto organico ai fini della messa in sicurezza dal rischio idraulico e della eliminazione delle interferenze dell'attività produttiva con le risorse ambientali, quali il potenziale inquinamento delle acque superficiali, i prelievi da falda non compatibili con il bilancio idrico, l'aumento dell'area impermeabilizzata o l'alterazione degli assetti morfologici incidenti sull'assetto idraulico. I PUG promuovono la delocalizzazione dell'attività, laddove sia qualificabile come centro di pericolo ai sensi del PTA, così come adeguato alla scala provinciale e, per l'effetto, allegato al PTM. In caso di cessazione o delocalizzazione dell'attività, per gli edifici esistenti sono consentiti solamente interventi di demolizione senza ricostruzione e successivo ripristino dell'area stessa, con eventuale applicazione delle disposizioni di cui all'art. 36, comma 5, lettera e), della legge regionale Emilia Romagna n. 24/2017.

Fermo restando quanto stabilito dalle disposizioni del PTPR, del PTA e della pianificazione di bacino vigente, nelle fasce perfluviali di pianura, gli interventi di nuova costruzione sono ammessi, purché non rientranti nella fascia interessabile da esondazioni con tempo di ritorno di 200 anni (fermo restando che, laddove la linea di esondazione non sia cartograficamente individuata, la si deve considerare coincidente con la fascia perfluviale), esclusivamente per:

- a) impianti tecnici di modesta entità quali cabine elettriche, cabine di decompressione del gas, impianti di pompaggio et similia;
- b) fabbricati produttivi agricoli inseriti in centri aziendali esistenti e non altrimenti localizzabili, nel rispetto dei parametri previsti per le aree agricole di pianura.

Per gli interventi di nuova costruzione di cui al precedente comma 6, nel rispetto di quanto previsto dall'art.30, i PUG prevedono misure per la riduzione della vulnerabilità in relazione agli edifici ubicati nelle aree potenzialmente interessate da allagamento o nelle fasce laterali agli argini nel caso dei corsi d'acqua delimitati da arginature continue.

Negli edifici dismessi non più funzionali all'attività agricola, compresi i casi di edifici produttivi, sono ammessi gli interventi di cui all'art. 36, comma 5, lettera e), della legge regionale Emilia Romagna n. 24/2017. In relazione agli edifici individuati dal PUG come opere incongrue ai sensi delle vigenti disposizioni normative di fonte statale e regionale, si applica altresì quanto previsto dall'art. 36, comma 5, lettera e), secondo periodo, della legge regionale Emilia-Romagna n. 24/2017.

#### ARTICOLO. 45 - Centri di mobilità

I Centri di mobilità sono i nodi principali di interscambio collocati in corrispondenza dei punti della rete in cui si concentra la massima intensità delle opportunità di trasbordo e intermodalità, con particolare riferimento alla rete di trasporto pubblico. Nel rispetto dei contenuti PUMS, le aree circostanti il Centro di mobilità costituiscono ambiti privilegiati per lo sviluppo di dotazioni, attività e servizi, anche di natura commerciale, per i residenti, i pendolari e i turisti.

Il PTM riconosce quali nodi di interesse metropolitano i Centri di mobilità così come individuati nella Carta della struttura, sulla base dello scenario a regime del PUMS.

La realizzazione dei Centri di Mobilità persegue i seguenti obiettivi:

- a) promozione dell'intermodalità tra mezzi di trasporto sostenibili, integrata nel contesto urbano di inserimento mediante il rafforzamento di servizi diversificati e di qualità per la mobilità condivisa;

- b) incremento e riqualificazione degli spazi e delle strutture relative alla mobilità ciclabile e pedonale, favorendo la creazione di hub urbani di qualità in cui realizzare l'integrazione tra funzioni urbane e esigenze di mobilità, migliorando la vivibilità dei luoghi;
- c) riconoscibilità dei Centri di mobilità come nodi strategici della rete del TPM, attraverso la piena integrazione spaziale e funzionale con il relativo contesto urbano e la qualificazione degli spazi pubblici e del tessuto edilizio esistente, e come luoghi identitari;
- d) miglioramento dell'attrattività dei territori a elevata fragilità economica, sociale e demografica. Indicazioni per i progetti

A tal fine, i progetti relativi ai Centri di mobilità devono:

- a) prestare specifica attenzione alla qualità architettonica e alla configurazione degli spazi pubblici, in conformità all'Appendice sulla qualità urbana del PUMS, e con possibilità di ricorrere a concorsi di architettura e progettazione partecipata ai sensi dell'art. 17 della legge regionale Emilia Romagna n. 24/2017;
- b) assicurare la presenza delle strutture necessarie per favorire l'interscambio e dei servizi per la mobilità, compresi quelli di supporto alla rete ciclistica, in conformità all'Appendice sulla qualità urbana del PUMS;
- c) con particolare riferimento ai Centri di mobilità collocati nei territori di pianura, rappresentare occasioni prioritarie per la sperimentazione di azioni per la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico e l'incremento della resilienza, attraverso l'utilizzo delle soluzioni tecniche innovative di cui al precedente art. 39 delle presenti norme del PTM;
- d) per i Centri di mobilità ubicati nelle aree fragili, articolare interventi preordinati a potenziare l'attrattività turistica, anche attraverso la previsione di spazi informativi collegati a specifici progetti o Programmi metropolitani di rigenerazione di cui all'art. 52, e l'offerta di servizi alle persone e alle imprese mediante la rifunzionalizzazione dei fabbricati esistenti, anche attraverso la previsione di usi temporanei di cui all'art. 16 della legge regionale Emilia-Romagna n. 24/2017.

I progetti relativi ai Centri di mobilità devono contemplare azioni necessarie per promuovere il miglioramento dell'accessibilità, l'incremento della resilienza, il miglioramento del metabolismo urbano e il potenziamento dei servizi ecosistemici avuto riguardo allo stato e alle condizioni specifiche del contesto in cui è inserito.

Le Linee di indirizzo per la progettazione dei Centri di Mobilità sono state approvate con Atto del Sindaco metropolitano n. 23 del 10 febbraio 2021, assumendo una portata attuativa e integrativa Indicazioni per i PUG.

Il PUG assume i Centri di mobilità come architravi dell'organizzazione urbana e armonizza la propria strategia per la qualità urbana ed ecologico-ambientale agli obiettivi e ai contenuti del PUMS, in particolare di cui al relativo cap. 5.7 e all'Appendice sulla qualità urbana del PUMS (cap. 2.4), come specificate nelle Linee di indirizzo di cui al precedente comma 6.

Le aree del Territorio Urbanizzato, indicativamente ricomprese entro un raggio di 500 metri dalla stazione del SFM corrispondente al Centro di mobilità, costituiscono ambiti prioritari di rigenerazione urbana di rilievo metropolitano, nei quali è promossa, anche tramite interventi di addensamento e sostituzione urbana, la formazione di polarità urbane con presenza di servizi, rivolti alle persone, ai pendolari e ai turisti, nonché di attività commerciali, ricettive e ricreative.

Nelle aree del Territorio Urbanizzato ricomprese entro un raggio di 500 metri dalla stazione del SFM corrispondente al Centro di mobilità, le proposte di accordo operativo sono verificate e valutate, ai sensi dell'art. 38, comma 7, della legge regionale Emilia-Romagna n. 24/2017, anche in relazione agli obiettivi, ai requisiti prestazionali e alle condizioni di sostenibilità per la realizzazione dei Centri di mobilità e delle opportune connessioni ciclabili e pedonali nonché in relazione all'articolazione e sistemazione complessiva di una rete qualificata di spazi pubblici, corrispondente e adeguata al ruolo strategico che il PTM attribuisce ai Centri di mobilità.

I Comuni assumono e declinano altresì le previsioni qui indicate nei piani attuativi di iniziativa pubblica e negli interventi di ristrutturazione urbanistica.

### 3.6.2 "CARTA DEGLI ECOSISTEMI"

Il seguente elaborato riporta il complesso degli ecosistemi costituenti il territorio metropolitano, declinati in:

- Ecosistemi naturali;
- Ecosistemi agricoli;
- Aree ed elementi interni agli ecosistemi agricoli e naturali;
- Ecosistema urbano.

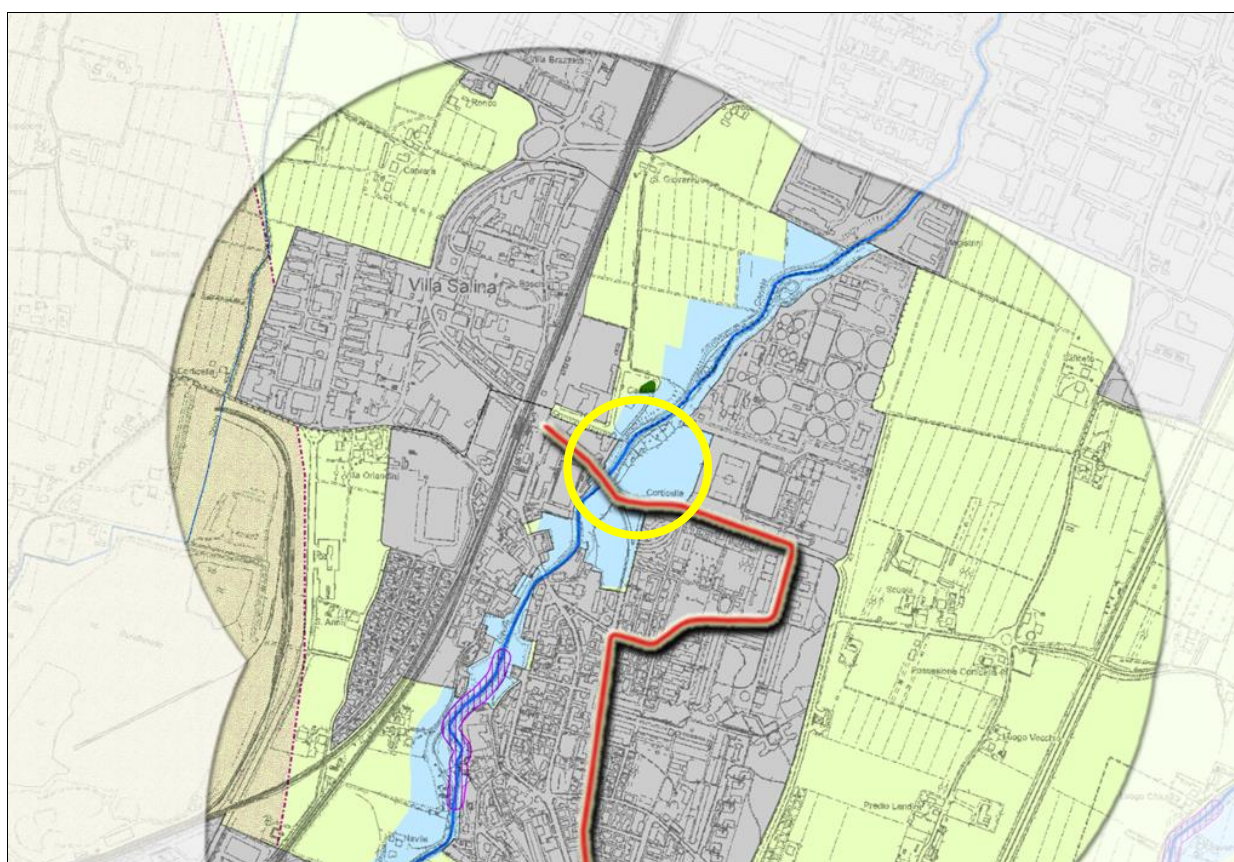


Figura 3-9 – Stralcio PTM Tavola 2 - Carta degli Ecosistemi (in giallo l'area di interesse)

ECOSISTEMI NATURALI	ECOSISTEMI AGRICOLI
<p><b>Ecosistemi delle acque correnti (Art. 19)</b></p> <p><b>Alveo attivo e reticolo idrografico (Art. 20)</b></p> <p>Alveo attivo</p> <p>Reticolo idrografico principale</p> <p>Reticolo idrografico secondario</p> <p>Reticolo idrografico minore</p> <p>Canali di bonifica</p> <p>Canale Emiliano - Romagnolo</p> <p><b>Fasce perfluviali</b></p> <p>Fasce perfluviali di montagna, collina, pedecollina/pianura (Art. 21)</p> <p>Fasce perfluviali di pianura (Art. 22)</p> <p><b>Aree interne alle fasce perfluviali</b></p> <p>Aree ad alta probabilità di inondazione</p> <p>Aree a rischio di inondazione in caso di eventi di pioggia con tempo di ritorno di 200 anni</p> <p>Aree di ricarica di tipo D</p> <p><b>Aree per interventi idraulici strutturali (Art. 15)</b></p> <p>Aree di interventi</p> <p>Aree di localizzazione di interventi</p> <p>Aree di potenziale localizzazione di interventi</p> <p><b>Ecosistemi delle acque ferme (Art. 23)</b></p> <p>Invasi dei bacini idrici</p> <p>Zone Umide</p> <p><b>Ecosistemi Forestale, Arbustivo e Calanchivo</b></p> <p>Ecosistema Forestale (Art. 24)</p> <p>Ecosistema Arbustivo (Art. 25)</p> <p>Ecosistema Calanchivo (Art. 26)</p>	<p><b>Ecosistema Agricolo della montagna collina (Art. 16 e 17)</b></p> <p>Aree agricole su terrazzi alluvionali</p> <p>Aree agricole su aree di ricarica di tipo A</p> <p>Aree agricole nelle aree montano-collinari intravallive</p> <p><b>Ecosistema Agricolo della pianura (Art. 16 e 18)</b></p> <p>Aree agricole della Pianura Alluvionale</p> <p>Aree agricole costituenti zone di particolare interesse naturalistico e paesaggistico della pianura alluvionale</p> <p>Aree agricole della Pianura delle Bonifiche</p> <p>Aree agricole costituenti zone di particolare interesse naturalistico e paesaggistico della pianura delle bonifiche</p> <p>Zone di protezione delle aree di alimentazione di sorgenti (certe e incerte) e delle zone di riserva</p> <p>Zone di protezione di captazioni delle acque superficiali</p> <p>Zone di rispetto delle sorgenti e pozzi</p> <p><b>Elementi di interesse storico, archeologico e paesaggistico</b></p> <p>Complessi archeologici</p> <p>Aree di accertata e rilevante consistenza archeologica</p> <p>Aree di concentrazione di materiali archeologici</p> <p>Zone di tutela della struttura centuriata</p> <p>Zone di tutela di elementi della centuriazione</p> <p>Principali complessi architettonici storici non urbani</p> <p>Criniali significativi</p> <p>Fascia di transizione pianura/collina/montagna/alto crinale</p> <p><b>ECOSISTEMA URBANO</b></p> <p>Ecosistema urbano</p>
<p><b>AREE ED ELEMENTI INTERNI AGLI ECOSISTEMI AGRICOLI E NATURALI</b></p> <p><b>Aree protette e Siti della Rete Natura 2000</b></p> <p>Perimetro delle aree protette e Siti della Rete Natura 2000</p> <p><b>Protezione acque sotterranee e superficiali</b></p> <p>Zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio pedecollinare e di pianura</p>	

Di seguito si riporta la norma che disciplina gli elementi interferenti con il tracciato di progetto.

## ARTICOLO 18 - Ecosistema agricolo della pianura

L'ecosistema agricolo della pianura è costituito dai territori della pianura alluvionale e della pianura delle bonifiche, in quanto aree agricole, storicamente e attualmente, alla base di una forte economia agricola che ha profondamente caratterizzato l'infrastrutturazione edilizia e alla quale si è rapportata l'infrastrutturazione idraulica, in un processo continuo di artificializzazione del reticolo. Le caratteristiche ambientali e infrastrutturali dell'ecosistema comportano e determinano l'articolazione differenziata della disciplina urbanistica ed edilizia in relazione alle aree agricole della pianura alluvionale e alle aree agricole delle bonifiche.

Nel rispetto delle previsioni di cui agli artt. 7.4, 7.5 e 8.2 delle norme del PTCP allegati al PTM in quanto costituenti pianificazione regionale e, in particolare, recepimento e integrazione,

rispettivamente, degli articoli 25 e 31 delle norme del PTPR, e di quanto stabilito al precedente capoverso, le nuove urbanizzazioni di cui al successivo art. 50 delle norme del PTM non sono ammesse nelle aree agricole rientranti:

- a) nelle aree protette e nei siti della Rete Natura 2000 e nelle zone di tutela naturalistica non incluse nelle aree soprarichiamate e nelle zone di particolare interesse naturalistico e paesaggistico della pianura;
- b) nelle aree di valore archeologico, quali i Complessi archeologici e le Aree di accertata e rilevante consistenza archeologica, o di valore storico, quali le zone di tutela della struttura centuriata, i Complessi architettonici storici non urbani e le relative aree di pertinenza.

Fermo restando quanto previsto dall'art. 8.2, comma 10, delle norme del PTCP allegato al PTM in quanto costituente recepimento e integrazione delle norme del PTPR, nel caso di centri abitati ubicati all'interno di zone di tutela della struttura centuriata nei quali risulti impossibile individuare alternative localizzative, un nuovo insediamento può essere realizzato purché attraverso una sistemazione del tessuto urbano coerente con la relativa organizzazione storica. Nella ValSAT accedente all'Accordo operativo o ad altro strumento attuativo deve essere data specifica evidenza delle scelte insediative e distributive funzionali a mantenere e salvaguardare gli elementi a tal fine coinvolti.

La realizzazione di nuovi insediamenti che interessino le aree di "Concentrazione di materiali archeologici" così come disciplinate dall'art. 8.2 delle norme del PTCP allegato al PTM in quanto costituente pianificazione regionale e, in particolare, recepimento e integrazione dell'art. 21 del PTPR, è subordinata all'effettuazione di sondaggi preliminari svolti unitamente al competente organo periferico del Ministero dei beni e delle attività culturali ai sensi del decreto legislativo n. 42/2004.

Le nuove urbanizzazioni nelle Zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio di pedecollina/pianura ubicate nella pianura alluvionale sono subordinate al mantenimento di una superficie permeabile non inferiore al 20% della superficie territoriale dell'insediamento

ricadente nell'area di ricarica, in caso di insediamenti produttivi, e non inferiore al 35%, in caso di insediamenti residenziali/terziari.

Lungo la direttrice della Via Emilia i nuovi insediamenti non possono interessare gli spazi aperti che separano tra loro i centri abitati, in quanto la relativa salvaguardia concorre al perseguimento del più generale obiettivo di valorizzazione e qualificazione della medesima direttrice della Via Emilia in relazione al corrispondente carattere identitario per il territorio metropolitano.

I nuovi insediamenti non possono interessare varchi e discontinuità individuati nella Carta delle reti ecologiche della fruizione e del turismo.

La strategia per la qualità urbana ed ecologico-ambientale del PUG e la relativa ValSAT, anche dei successivi accordi operativi o piani attuativi di iniziativa pubblica, tiene conto della perdita di servizi ecosistemici forniti dal suolo così come individuati nell'Allegato 1 del Quadro Conoscitivo Diagnostico del PTM.

Fermo restando quanto previsto dagli artt. 7.4, 7.5 e 8.4 delle norme del PTCP allegati al PTM in quanto costituenti pianificazione regionale e, in particolare, recepimento e integrazione delle norme del PTPR e di quanto stabilito al precedente comma 1, le nuove urbanizzazioni di cui al successivo art. 50 delle presenti norme del PTM non sono ammesse nelle aree agricole rientranti:

- a) nelle aree protette e nelle zone di tutela naturalistica non incluse nelle aree protette;
- b) nelle zone di particolare interesse naturalistico e paesaggistico della pianura, in quanto tali aree svolgono funzioni di interesse pubblico per l'incremento della biodiversità in pianura;

La strategia per la qualità urbana ed ecologico-ambientale del PUG e la relativa ValSAT, anche dei successivi accordi operativi o piani attuativi di iniziativa pubblica, tiene conto della perdita di servizi ecosistemici forniti dal suolo così come individuati nell'Allegato 1 del Quadro Conoscitivo Diagnostico del PTM.

#### ARTICOLO. 20 - Alveo attivo

Le seguenti disposizioni si riferiscono agli alvei attivi, costituenti nel loro insieme il reticolo idrografico, riportato nella Carta degli ecosistemi come indicazione delle aree occupate dall'alveo attivo o come asse del corso d'acqua. In questo secondo caso la delimitazione dell'alveo attivo viene effettuata in conformità alle disposizioni dei piani di bacino vigenti e ricomprende le porzioni di terreno ai lati dell'asse del corso d'acqua, così come cartograficamente individuato, a distanza planimetrica sia a destra sia a sinistra del medesimo asse, non inferiore a 20 m per il reticolo principale, a 15 m per quello secondario, a 10 per quello minore e a 5 m per quello minuto. Il PTM considera a tal fine anche la rete idrografica di bonifica (principale e secondaria) così come riportata nella "Direttiva per la sicurezza idraulica nei sistemi idrografici di pianura".

Nel rispetto delle previsioni del PTPR, dei piani di bacino vigenti e delle misure di prevenzione del PGRA, in conformità al regime delle competenze del PTM di cui all'art. 41 della legge regionale Emilia-Romagna n. 24/2017 in relazione alla disciplina delle nuove urbanizzazioni e del territorio rurale, non sono ammesse negli alvei attivi di cui al precedente comma 1 nuove urbanizzazioni di cui al successivo art. 50.

Per gli interventi edilizi negli alvei di cui al precedente comma 1 si rinvia espressamente alle disposizioni dell'art. 4.2 delle norme del PTCP allegato al PTM in quanto costituente recepimento e integrazione dell'art. 18 del PTPR nonché alle corrispondenti norme della pianificazione di bacino vigente.

Per quanto attiene alle altre attività concernenti la gestione idraulica e la gestione del territorio, si rimanda alle disposizioni della pianificazione di bacino vigente così come direttamente applicabili e alla D.G.R. n. 1919/2019, concorrenti alla conservazione e al ripristino dei servizi ecosistemici dell'ecosistema delle acque correnti, come meglio specificato nell'Allegato 1 delle presenti norme.

### 3.6.3 “CARTA DI AREA VASTA DI RISCHIO IDRAULICO”

Il seguente stralcio cartografico restituisce gli scenari pericolosità Idraulica derivanti dal Piano di Gestione Rischio Alluvioni, e, più in generale, gli elementi che costituiscono parte integrante della zonizzazione del Rischio Idraulico mutuati dallo PSAI.

Inoltre sono ricomprese le zonizzazioni afferenti la tutela dei versanti e la riduzione del rischio idrogeologico oltre che le informazioni relative alla Gestione delle acque meteoriche.

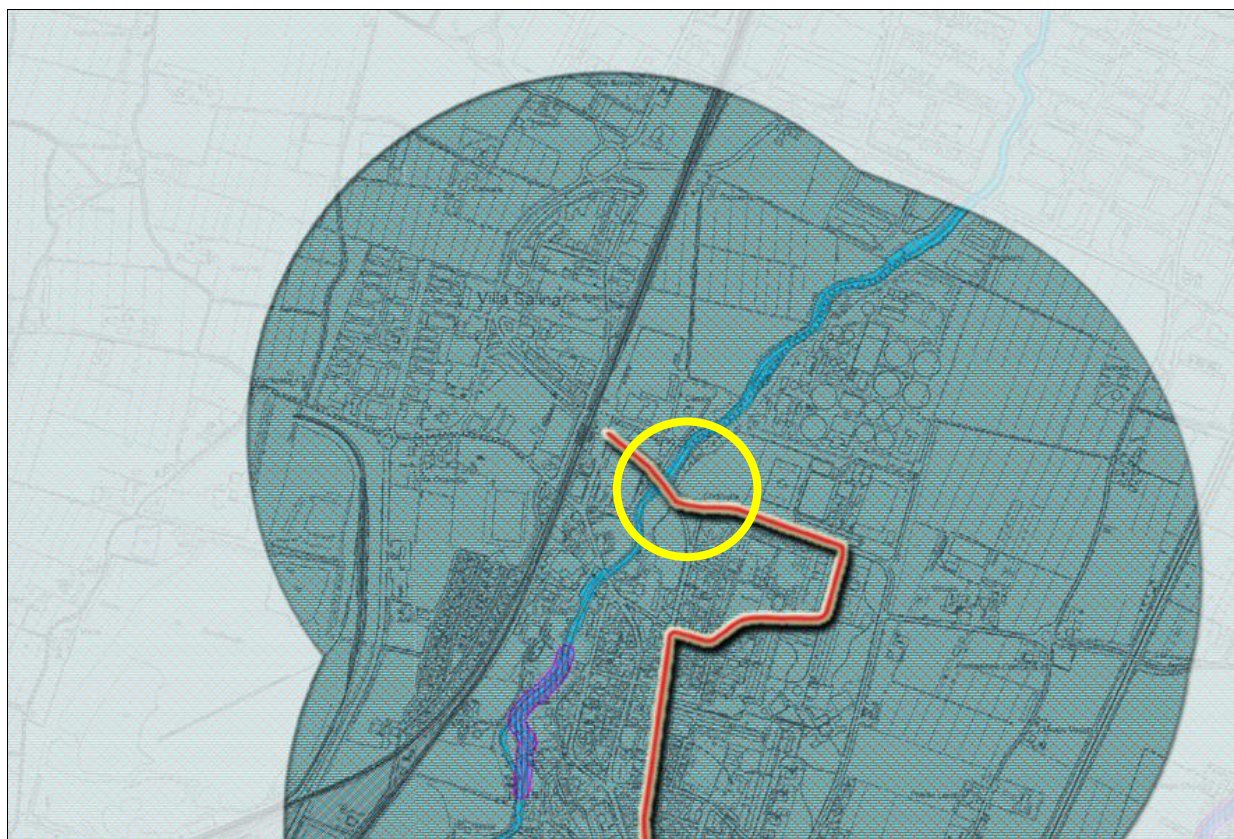
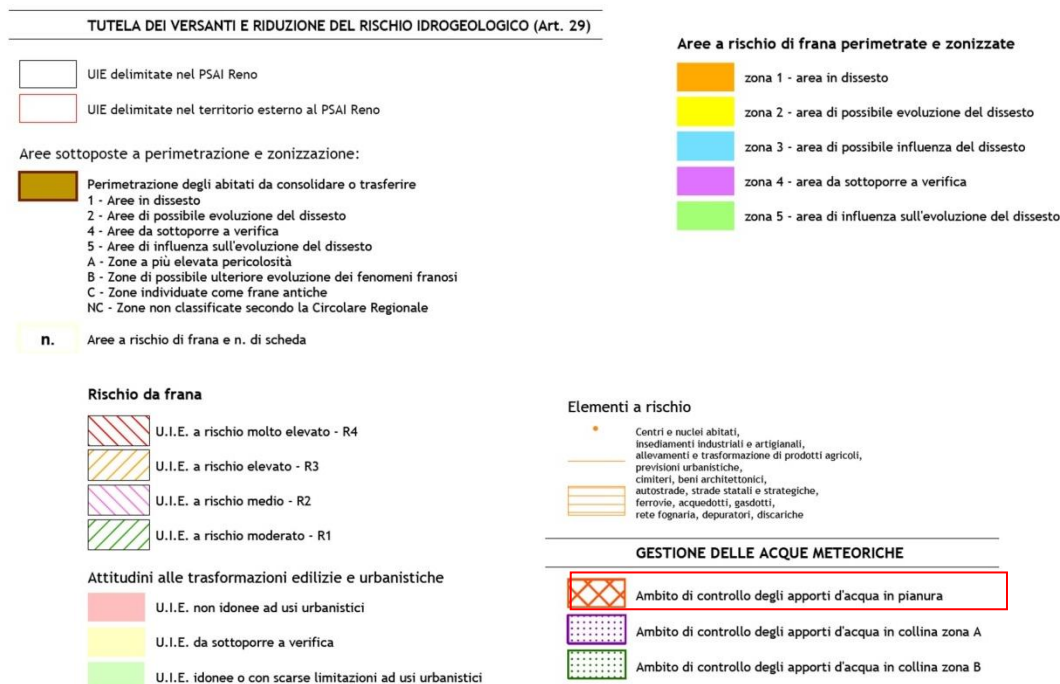


Figura 3-10 – Stralcio PTM Tavola 3 Carta di Area Vasta del Rischio Idraulico (in giallo l'area di interesse)





## ART. 30 - Rischio idraulico

Nel rispetto del regime delle competenze relativo alla gestione del rischio idraulico, così come rispettivamente spettanti all'Autorità di Bacino, alla Regione Emilia-Romagna, ai Consorzi di bonifica e ai Comuni, il PTM promuove e disciplina per il territorio di pianura la programmazione di approfondimenti locali, in particolare alla scala comunale o di Unione, in relazione alla pericolosità idraulica e alla riduzione della vulnerabilità degli elementi interferenti, in armonia con gli obiettivi del PGRA, allo scopo di far emergere le porzioni di territorio caratterizzate da criticità più eterogenee – sia di maggior complessità, sia di minore significato- rispetto agli scenari di pericolosità così come territorialmente delimitati nel PGRA. Gli approfondimenti di carattere idraulico richiesti dal PTM per la scala comunale non costituiscono modifica al PGRA, i cui contenuti di pericolosità e di rischio sono pienamente recepiti dal medesimo PTM, quale necessario riferimento per la pianificazione territoriale e urbanistica, oltre che per la progettazione degli interventi.

Il quadro conoscitivo del PUG, sulla base dei contenuti del PGRA, deve contenere i seguenti approfondimenti che costituiscono riferimento necessario per i Comuni ai fini della costruzione della propria strategia per la qualità urbana ed ecologico-ambientale:

- a) rilievi del territorio comunale in grado di delimitare cartograficamente i settori con elementi morfologici naturali significativi (es. aree topograficamente depresse; alti morfologici) e idonei a condizionare un eventuale deflusso delle acque di allagamento. Tali rilievi possono anche derivare da dati topografici già disponibili (es. Banche Dati di Regione Emilia-Romagna) eventualmente integrati da studi specifici in relazione alle aree morfologicamente complesse.
- b) rilievi del territorio comunale in grado di definire gli elementi morfologici “antropici” (es. arginature; rilevati stradali/ferroviari; ecc.) idonei a condizionare l'eventuale deflusso delle acque esondate, promuovendosi a tale fine anche l'individuazione e la rappresentazione cartografica dei possibili varchi di particolare rilievo.
- c) studi idraulici locali, limitati a scoli e rii minori, da condurre sempre in stretto coordinamento con l'autorità idraulica competente e l'Autorità di bacino.

Gli esiti dei precedenti rilievi possono consentire la ripartizione del territorio comunale in zone di rango inferiore rispetto alle delimitazioni del PGRA, ma comunque sempre nel pieno e integrale rispetto di tutto quanto previsto dal medesimo PGRA. Queste zone potranno essere dimensionate attraverso l'analisi degli elementi morfologici e antropici indicati in precedenza, individuando i settori di territorio adiacenti i cui limiti sono definiti tenendo conto delle discontinuità topografiche. Tale ripartizione potrà risultare più accurata in relazione alle parti di territorio caratterizzate da pericolosità più significativa così come indicato nelle tavole di PGRA in ordine agli scenari di pericolosità P2 e P3

I predetti approfondimenti idraulici costituiranno un aggiornamento del Quadro conoscitivo diagnostico del PTM messo a disposizione ai sensi dell'art. 22 della legge regionale Emilia-Romagna n. 24/2017.

Ai fini della riduzione del pericolo di alluvioni, gli interventi edilizi diretti e/o convenzionati nell'ecosistema agricolo, in particolare nelle "conche morfologiche" (intese come aree topograficamente depresse e caratterizzate da scarse capacità di deflusso delle acque di possibile allagamento) e nelle zone a pericolosità "P3" e "P2", riferite agli ambiti del reticolo idrografico principale di pianura (RP) del PGRA, devono contenere specifiche indicazioni in merito al recupero e all'efficientamento del reticolo agricolo e in particolare alla conservazione, se esistenti, o alla realizzazione, se non presenti, di nuovi scoli di confine.

Nelle relazioni idromorfologiche locali dei livelli attuativi del PUG, si dovrà tenere adeguatamente conto degli approfondimenti ivi elaborati nonché sviluppare valutazioni di compatibilità e di vulnerabilità degli elementi ivi parimenti esposti.

A seguito degli approfondimenti svolti attraverso il PUG, qualora sia confermata una pericolosità locale con chiare evidenze di criticità idraulica, il Comune promuove processi di delocalizzazione oppure azioni volte alla riduzione della vulnerabilità degli elementi ivi esposti, al fine di un'effettiva riduzione del rischio derivante da alluvioni potenziali.

Nell'ambito della gestione delle acque meteoriche, il tracciato ricade all'interno dell'ambito di controllo degli apporti d'acqua in pianura, individuabile nella Tavola 2A "Rischio da frana, assetto dei versanti e gestione delle acque meteoriche", facente parte della Variante al PTCP in recepimento del Piano Regionale di Tutela delle Acque, e dei Sub Allegati del PTM e relative norme. Essi costituiscono parte integrante e sostanziale del PTM con conseguenti effetti conoscitivi, normativi e/o amministrativi.

La gestione delle acque meteoriche è disciplinata dall'articolo 4.8 delle predette norme che recita:

"Al fine di non incrementare gli apporti d'acqua piovana al sistema di smaltimento e di favorire il riuso di tale acqua, in tutto il territorio non ricadente entro il perimetro dei bacini montani, come individuato nelle tavv. 2A e 2B, i Comuni in sede di redazione o adeguamento dei propri strumenti urbanistici, prevedono per i nuovi interventi urbanistici (v.) e comunque per le aree non ancora

urbanizzate, la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque di tipo duale, ossia composte da un sistema minore costituito dalle reti fognarie per le acque nere (v.) e le acque bianche contaminate ABC (v.), e un sistema maggiore costituito da sistemi di laminazione per le acque bianche non contaminate ABNC (v.). Il sistema maggiore deve garantire la laminazione delle acque piovane per un volume complessivo di almeno 500 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie territoriale, ad esclusione delle superfici permeabili destinate a parco o a verde compatto. Tale esclusione non vale nel bacino del Navile e Savena Abbandonato, che è regolato dalle misure più restrittive previste dal Piano Stralcio per il sistema idraulico “Navile-Savena Abbandonato.

I sistemi di laminazione delle ABNC devono essere localizzati in modo tale da raccogliere le acque piovane prima della loro immissione, anche indiretta, nel corso d’acqua o collettore di bonifica ricevente individuato dall’Autorità idraulica competente (Regione o Consorzio di Bonifica), la quale stabilisce le caratteristiche funzionali di tali sistemi di raccolta e con la quale devono essere preventivamente concordati i criteri di gestione.

Tali sistemi oltre a riguardare tutto il territorio interessato dai nuovi interventi urbanistici dovranno, d'intesa con l'Autorità idraulica competente, privilegiare la realizzazione di soluzioni unitarie a servizio di più ambiti o complessi insediativi.

I Comuni, mediante i propri strumenti urbanistici, garantiscono che la realizzazione dei sistemi di laminazione delle acque meteoriche individuati, sia contestuale alla realizzazione dei nuovi interventi urbanistici. La realizzazione di tali sistemi dovrà essere finanziata o attraverso un contributo economico chiesto in misura proporzionale alle superfici impermeabilizzate, o ponendola direttamente a carico dei soggetti attuatori dei nuovi interventi.

I sistemi di laminazione delle ABNC dovranno preferibilmente essere costituiti da canali e zone umide naturali inseriti armonicamente nel paesaggio urbano ed integrati nei sistemi di reti ecologiche, includendo eventualmente anche sistemi naturali di trattamento e smaltimento delle ABC (vedi allegato 7 alla “Relazione – Variante in recepimento del PTA regionale”). I sistemi di laminazione delle acque di pioggia ABNC previsti dovranno possibilmente includere soluzioni

tecniche che consentano anche il riutilizzo per irrigazione di giardini, lavaggio strade, antincendio ed altri usi non potabili.

I Comuni interessati da “Piani Consortili Intercomunali” e dal “Piano stralcio di bacino”, previsti dalla “Direttiva per la sicurezza idraulica nei sistemi idrografici di pianura nel Bacino del Reno” (Direttiva dell’Autorità di Bacino del 23 aprile 2008) e finalizzati alla sicurezza idraulica del territorio già urbanizzato, laddove possibile integrano tali piani con gli obiettivi e gli approfondimenti tecnici richiesti nei successivi punti 2 e 3.

I Comuni in sede di redazione o adeguamento dei propri strumenti urbanistici, elaborano specifici approfondimenti tecnici rivolti alla totalità del proprio territorio, finalizzati a verificare le criticità, le potenzialità e le relative misure per ridurre il carico inquinante dovuto alle acque di prima pioggia e di dilavamento, ridurre le superfici impermeabili esistenti nel tessuto consolidato e di nuova formazione, recuperare quote di naturalità in ambiente urbano e diffondere “buone pratiche” di gestione, (vedi Allegati 1 e 7 alla “Relazione – Variante in recepimento del PTA regionale”).

Mediante gli approfondimenti di cui al punto precedente i Comuni individuano e adottano soluzioni tecniche riguardanti i sistemi di laminazione, la riduzione del carico proveniente dagli scolmatori, i sistemi di drenaggio urbano (sdoppiamento delle reti, canali filtranti, coperture verdi, parcheggi drenanti, pavimentazioni permeabili, riapertura di canali, zone umide a parco, ecc.) vedi all' Allegato 1 alla “Relazione – Variante in recepimento del PTA regionale”, e individuano soluzioni volte ad un trattamento delle ABC (ad esempio fitodepurazione) secondo le indicazioni dell’allegato 7 alla “Relazione – Variante in recepimento del PTA regionale” e dalle Linee Guida attuative della Del.G.R. 286/2005”. Tali soluzioni saranno da adottare negli interventi: nuovi, di riqualificazione e di manutenzione urbana.

Al fine di contenere la crescita di superfici impermeabili, oltre ai limiti stabiliti nei successivi punti 5 e 6, i Comuni definiscono nel RUE forme di incentivazione economica da applicare in sede di rilascio dei titoli abilitativi e da quantificare in misura proporzionale alla superficie dell’intervento mantenuta o resa permeabile. Il computo della superficie permeabile potrà comprendere:

pavimentazioni permeabili, coperture verdi, superfici impermeabili già compensate da sistemi di accumulo e riuso dell'acqua meteorica e una riduzione del valore della superficie impermeabile in misura di 1 m<sup>2</sup> ogni 50 litri di volume di accumulo e riuso dell'acqua meteorica realizzato. Gli ambiti per i nuovi insediamenti e gli ambiti da riqualificare ai sensi della LR 20/00, ricadenti nelle zone di protezione di cui all'art. 5.2 dovranno comunque garantire, laddove richiesto, le superfici permeabili previste all'art. 5.3.

Le nuove aree produttive che si qualificheranno Apea (aree produttive ecologicamente attrezzate, cfr. art. 9.3) ovunque localizzate, dovranno presentare indici e parametri urbanistici tali da garantire il mantenimento di una superficie permeabile pari almeno al 25% della superficie territoriale. Una quota non superiore al 10% della superficie permeabile potrà essere costituita da pavimentazioni permeabili e coperture verdi. Ai fini del calcolo delle percentuali suddette, la superficie territoriale è considerata al netto delle eventuali aree cedute al di fuori dell'ambito interessato dalle nuove urbanizzazioni o dai nuovi interventi edilizi.

In tutto il territorio non ricadente entro il perimetro dei bacini montani, come individuato nelle tavv. 2A e 2B, l'adozione, nei terreni ad uso agricolo, di nuovi sistemi di drenaggio che riducano sensibilmente il volume specifico d'invaso, modificando quindi i regimi idraulici, è soggetta ad autorizzazione da parte del Comune ed è subordinata all'attuazione di interventi compensativi consistenti nella realizzazione di un volume d'invaso pari almeno a 100 m<sup>3</sup> per ogni ettaro di terreno drenato con tali sistemi e al parere favorevole, espresso sulla base di un'idonea documentazione in cui sia dimostrato il rispetto di quanto previsto dal presente punto, dell'Autorità idraulica competente. Ai fini dell'applicazione del presente punto, i sistemi di "drenaggio tubolare sotterraneo" e di "scarificazione con aratro talpa" sono da considerare come sistemi che riducono sensibilmente il volume specifico d'invaso.

#### 3.6.4 "CARTA DI AREA VASTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DEGLI EFFETTI LOCALI"

L'elaborato di seguito riportato, fornisce dati e informazioni afferenti, per l'area Metropolitana, in relazione alla riduzione del Rischio Sismico, le aree suscettibili di effetti locali.

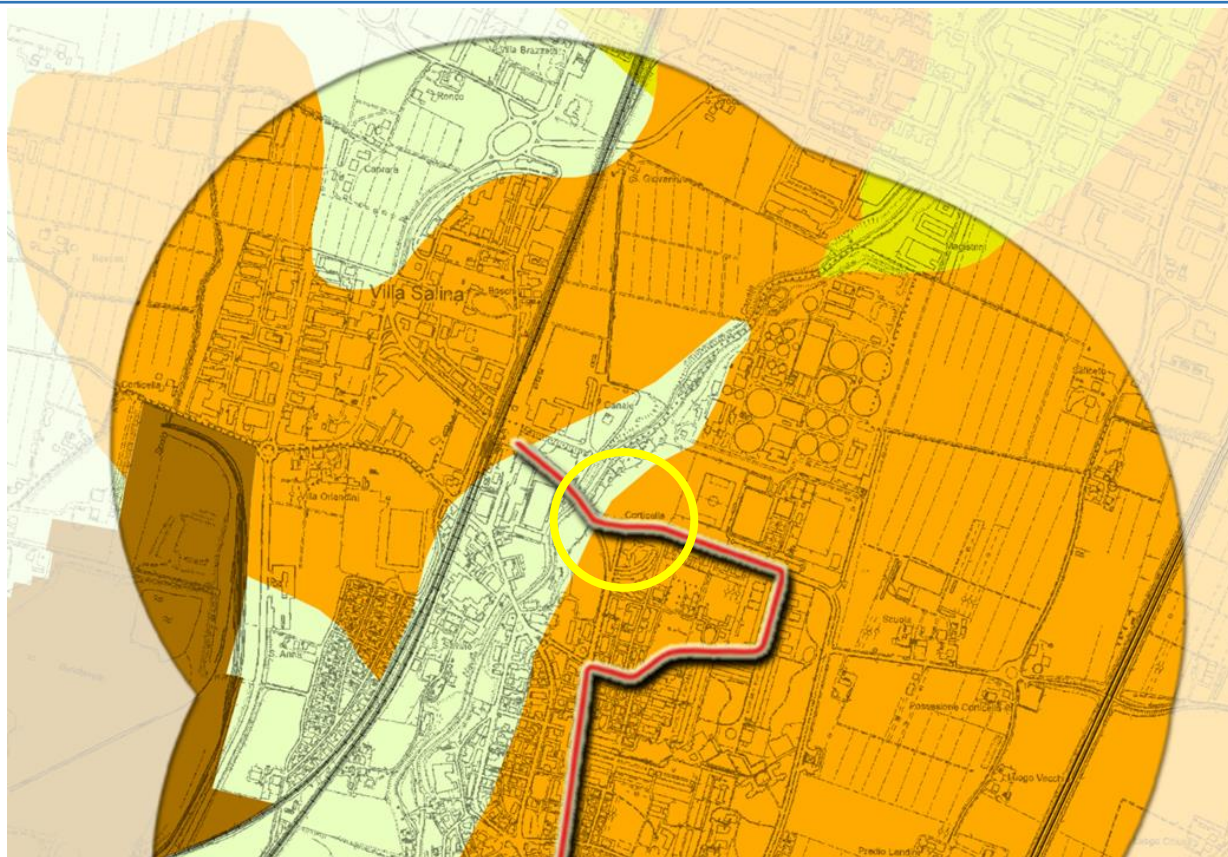











Figura 3-11 – Stralcio PTM Tavola 4 - Carta di Area Vasta delle Aree suscettibili di effetti locali (in giallo l'area di interesse)

#### RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO (Art. 28)

##### Aree suscettibili di effetti locali

-  S - Substrato rigido affiorante/subaffiorante  
Substrato lapideo o ben cementato, affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture H<3m).  
Inclinazione del pendio  $\leq 15^\circ$
-  SP - Substrato rigido affiorante/subaffiorante  $15^\circ < i \leq 50^\circ$   
Substrato lapideo o ben cementato, affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture H<3m).  
Inclinazione del pendio  $15^\circ < i \leq 50^\circ$
-  N - Substrato non rigido affiorante/subaffiorante  
Substrato prevalentemente pelitico o poco consolidato o alterato o fratturato, affiorante o sub-affiorante  
(spessore delle coperture H<3m). Inclinazione del pendio  $\leq 15^\circ$
-  NP - Substrato non rigido affiorante/subaffiorante  $15^\circ < i \leq 50^\circ$   
Substrato prevalentemente pelitico o poco consolidato o alterato o fratturato, affiorante o sub-affiorante  
(spessore delle coperture H<3m). Inclinazione del pendio  $15^\circ < i \leq 50^\circ$
-  FP - Zona di attenzione per instabilità di versante  $i > 15^\circ$   
Corpo di frana (attiva, quiescente e stabilizzata), accumuli detritici di versante s.l., depositi alluvionali  
e riporti antropici. Spessore della coltre H $\geq 3$ m. Inclinazione della superficie topografica  $i > 15^\circ$
-  D - Zona di intensa fratturazione/cataclastica  
Fascia di territorio con rocce intensamente fratturate a cavallo di una faglia
-  G - Zona di attenzione per cavità sotterranee  
Zone in cui possono essere presenti cavità ipogee, anche estese, riempite o meno (depositi evaporitici  
messiniani, sabbiosi plio-quaternari, ecc.)
-  R - Zona di attenzione per accumuli di origine antropica  
Riempimenti di ex cave riempite, discariche, depositi di terre di scavo, terreni di riporto
-  L - Zona di attenzione per instabilità da liquefazione/densificazione  
Successioni di pianura con intervalli granulari (limi sabbiosi, sabbie, sabbie ghiaiose), almeno metrici,  
nei primi 20 m da p.c.

..... Isobate da p.c. del bedrock sismico (Mascandola et al. 2019)

AV - Detriti s.l.  $i \leq 15^\circ$   
Corpi detritici di varia origine (alluvionale, eluvio-colluviale, coltri di alterazione, ecc.), generalmente a  
granulometria mista. Spessore della coltre H $\geq 3$ m. Inclinazione della superficie topografica  $\leq 15^\circ$

B - Depositi di margine appenninico-padano  
Depositi prevalentemente grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose) di conoide alluvionale, di  
spessore H<5m, sepolti (profondità >3m da p.c.) e depositi di interconoide

C - Sedimenti prevalentemente fini di pianura  
Depositi coesivi prevalenti (limi, limi argillosi, argille)

P50 - Substrato affiorante/subaffiorante  $i \geq 50^\circ$   
Substrato affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture H<3 m). Inclinazione del pendio  $\geq 50^\circ$

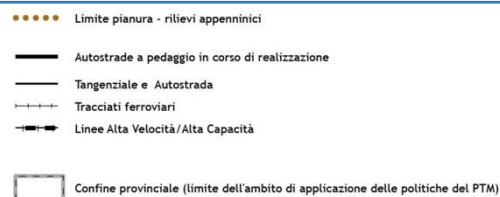
F - Zona di attenzione per instabilità di versante  $i \geq 15^\circ$   
Corpo di frana (attiva, quiescente e stabilizzata). Spessore della coltre H $\geq 3$ m. Inclinazione della superficie  
topografica  $\geq 15^\circ$

C Perimetrazione degli abitati da consolidare o trasferire

- 1 - Aree in dissesto
- 2 - Aree di possibile evoluzione del dissesto
- 4 - Aree da sottoporre a verifica
- 5 - Aree di influenza sull'evoluzione del dissesto
- A - Zone a più elevata pericolosità
- B - Zone di possibile ulteriore evoluzione dei fenomeni franosi
- C - Zone individuate come frane antiche
- NC - Zone non classificate secondo la Circolare Regionale

N Aree a rischio di frana perimetrate e zonizzate

- 1 - Aree in dissesto
- 2 - Aree di possibile evoluzione del dissesto
- 3 - Aree di possibile influenza del dissesto
- 4 - Aree da sottoporre a verifica
- 5 - Aree di influenza sull'evoluzione del dissesto



Le aree suscettibili di effetti locali coinvolte, in particolare, sono quelle disciplinate dal seguente articolo delle Norme del PTM.

#### ARTICOLO. 28 - Riduzione del rischio sismico

Ai fini della disciplina per la riduzione del rischio sismico, la “Carta di area vasta delle aree suscettibili di effetti locali” del PTM, elaborata alla scala 1:25:000:

- costituisce un primo livello di approfondimento e identifica le condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali, sulla base dei quali è possibile definire potenziali scenari di pericolosità sismica locale per l'intero territorio metropolitano;
- fornisce come ulteriore dato conoscitivo, per i settori del margine appenninico-padano e di pianura, le isobate del tetto del substrato rigido, i limiti e le isobate dei depositi grossolani di conoide sepolta in grado di condizionare la risposta sismica locale;
- fornisce inoltre le prime indicazioni sui limiti e sulle condizioni di sicurezza per orientare le scelte di pianificazione alla scala comunale verso ambiti meno esposti alla pericolosità sismica;
- rappresenta uno strumento propedeutico per le elaborazioni richieste agli strumenti urbanistici comunali e per la ValSAT relativa alle singole scelte di pianificazione;
- permette di operare una prima distinzione delle aree sulla base degli effetti locali attesi in caso di evento sismico e, per ciascuna tipologia di esse, indica le indagini e/o analisi di approfondimento che devono essere effettuate dagli strumenti di pianificazione successivi.

Il PTM individua le tipologie di aree suscettibili di effetti locali di cui al presente comma, nel rispetto dei contenuti della delibera di Giunta regionale dell'Emilia-Romagna 29 aprile 2019, n. 630. I Comuni, nell'ambito della redazione degli strumenti urbanistici, approfondiscono, integrano ed eventualmente modificano con riferimento al corrispondente territorio le

perimetrazioni individuate dal PTM. All'esito delle predette attività, sulle aree così come individuate dagli strumenti urbanistici comunali si applicano le seguenti disposizioni:

AV- e detriti  $\leq 15^\circ$  Descrizione: depositi alluvionali di fondovalle e terrazzati e depositi di conoide alluvionale affioranti; corpi detritici di varia origine (eluvio-colluviale, coltri di alterazione), generalmente a granulometria mista (da fine a grossolana). Spessore delle coltri  $H \geq 3m$ . Inclinazione del pendio  $\leq 15^\circ$ . Effetti attesi e approfondimenti richiesti: aree suscettibili di amplificazione stratigrafica. È richiesta la stima dell'amplificazione. In relazione a tali aree è ritenuto sufficiente il II livello di approfondimento.

L - Zona di attenzione per instabilità da liquefazione/densificazione Descrizione: successioni di pianura con intervalli granulari (limi sabbiosi, sabbie, sabbie ghiaiose), almeno metrici, nei primi 20 m da p.c. Effetti attesi e approfondimenti richiesti: la presenza di sedimenti granulari saturi nei primi 20 m dal p.c. costituisce fattore predisponente il fenomeno della liquefazione mentre negli intervalli sabbiosi soprafalda e poco addensati si può verificare il fenomeno della densificazione. Per gli interventi ammessi in relazione a tali aree dovranno essere effettuati studi di terzo livello, con valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, verifica della presenza di caratteri predisponenti la liquefazione e/o la densificazione e relativa stima del potenziale di liquefazione/densificazione e dei cedimenti attesi.

### 3.6.5 "CARTA RETI ECOLOGICHE E FRUIZIONE TURISMO"

Infine, si riporta stralcio della Cartografia del PTM relativa alle Reti Ecologiche e di Fruizione del Turismo, che si articola in:

- Reti ecologiche;
- Fascia di Connessione Collina-Pianura;
- Reti ciclabili per la fruizione e la connettività funzionale ed ecologica;
- Oditura Storica

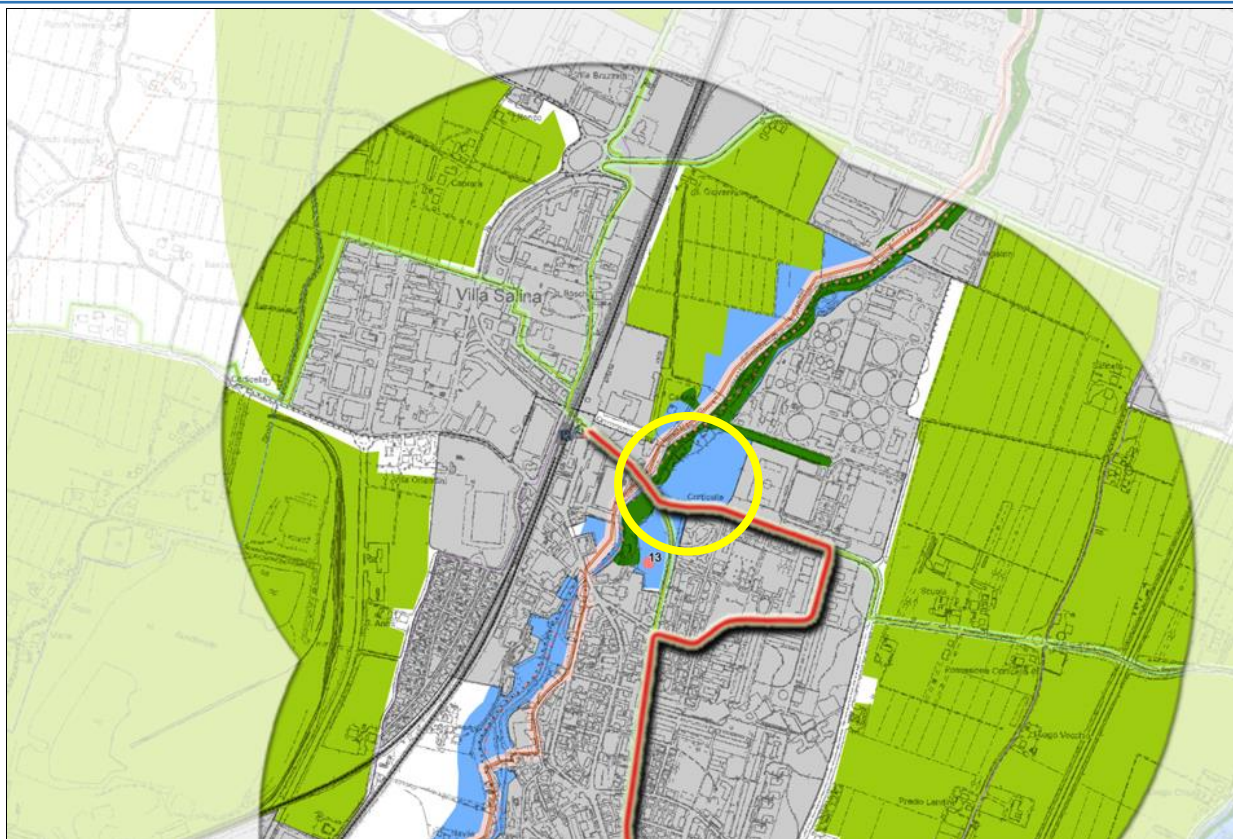















Figura 3-12 – Stralcio PTM Tavola 5 Carta delle Reti Ecologiche e fruizione del turismo (in giallo l'area di interesse)



RETI CICLABILI PER LA FRUIZIONE E LA CONNETTIVITA' FUNZIONALE ED ECOLOGICA (Art. 47)

-  Ciclabili di pianura - supporto alla connettività ecologica
-  Itinerari cicloturistici di pianura - supporto alla realizzazione di reti ecologiche
-  Itinerari cicloturistici di collina/montagna - supporto a progetti di valorizzazione abitati
-  Itinerari escursionistici e ciclovie dei parchi-supporto a potenziamento attività locali diffuse
-  Itinerari cicloturistici internazionali e nazionali - significative interrelazioni funzionali con gli abitati
-  Itinerario Via Emilia - elemento di un più generale progetto Via Emilia

ALTRI ELEMENTI

-  Osservatori
-  Zone di protezione dall'inquinamento luminoso
-  Ecosistema Urbano
-  Servizio Ferroviario Metropolitano
-  Stazioni e fermate Ferroviarie
-  Centri di Mobilità
-  Viabilità panoramica

Nell'ambito dell'Ecosistema urbano il tracciato ricade nel territorio urbanizzato disciplinato dall'ARTICOLO. 7 - Territorio urbanizzato. Ferma restando la competenza dei PUG in relazione all'individuazione del perimetro del territorio urbanizzato, il PTM, ai fini della definizione dell'ambito di applicazione dei propri contenuti in conformità all'art. 41 della legge regionale Emilia-Romagna n. 24/2017 e, in particolare, in relazione all'individuazione e alla rappresentazione della griglia degli elementi strutturali che connotano il territorio extraurbano definita dal presente Piano ai sensi dell'art. 35 nonché in ordine alla disciplina del territorio rurale ai sensi dell'art. 36, assume il perimetro del territorio urbanizzato così come individuato ai sensi degli artt. 6 e 32 della medesima legge regionale Emilia-Romagna n. 24/2017.

Anche se non direttamente, trattandosi di infrastruttura che marcia su sede propria nota, il tracciato attraversa, nell'ambito dei Corridoi ecologici multifunzionali dei corsi d'acqua, l'alveo attivo, disciplinato dall'Art. 20. Gli alvei attivi, costituiscono nel loro insieme il reticolo idrografico, riportato nella Carta degli ecosistemi come indicazione delle aree occupate dall'alveo attivo o come asse del corso d'acqua. In questo secondo caso la delimitazione dell'alveo attivo viene effettuata in conformità alle disposizioni dei piani di bacino vigenti e ricomprende le porzioni di terreno ai lati dell'asse del corso d'acqua, così come cartograficamente individuato, a distanza planimetrica sia a destra sia a sinistra del medesimo asse, non inferiore a 20 m per il reticolo principale, a 15 m per quello secondario, a 10 per quello minore e a 5 m per quello minuto. Il PTM considera a tal fine anche la rete idrografica di bonifica (principale e secondaria) così come riportata nella "Direttiva per la sicurezza idraulica nei sistemi idrografici di pianura".

Nel rispetto delle previsioni del PTPR, dei piani di bacino vigenti e delle misure di prevenzione del PGRA, in conformità al regime delle competenze del PTM di cui all'art. 41 della legge regionale

Emilia-Romagna n. 24/2017 in relazione alla disciplina delle nuove urbanizzazioni e del territorio rurale, non sono ammesse negli alvei attivi di cui al precedente capoverso nuove urbanizzazioni di cui al successivo art. 50. Per gli interventi edilizi negli alvei di cui al precedente comma 1 si rinvia espressamente alle disposizioni dell'art. 4.2 delle norme del PTCP allegato al PTM in quanto costituente recepimento e integrazione dell'art. 18 del PTPR nonché alle corrispondenti norme della pianificazione di bacino vigente. Per quanto attiene alle altre attività concernenti la gestione idraulica e la gestione del territorio, si rimanda alle disposizioni della pianificazione di bacino vigente così come direttamente applicabili e alla D.G.R. n. 1919/2019, concorrenti alla conservazione e al ripristino dei servizi ecosistemici dell'ecosistema delle acque correnti, come meglio specificato nell'Allegato 1 delle norme del PTM.

Inoltre, l'infrastruttura di progetto, interessa formalmente le Fasce perifluviali di pianura disciplinate dall'ARTICOLO. 22. Le disposizioni dei commi seguenti si riferiscono alle fasce perifluviali di pianura individuate nella Carta degli ecosistemi. Tali fasce ricomprendono:

- a) ambiti di tutela paesaggistica di cui all'art. 4.3 delle norme del PTCP allegato al PTM in quanto costituente pianificazione regionale e, in particolare, recepimento e integrazione degli artt. 17 e 34 del PTPR;
- b) fasce di pertinenza fluviale della pianificazione di bacino vigente (ivi individuate graficamente o, se non individuate, definite in conformità alle disposizioni della pianificazione di bacino stessa. Rientrano nelle dette fasce di pertinenza fluviale le aree ad alta probabilità di inondazione e le aree esondabili per piene con tempo di ritorno di 200 anni. Disposizioni inerenti alle nuove urbanizzazioni.

Fermo restando quanto stabilito dalle previsioni del PTPR e del PSAI e in conformità al regime delle competenze del PTM di cui all'art. 41 della legge regionale Emilia-Romagna n. 24/2017 in relazione alla disciplina delle nuove urbanizzazioni e del territorio rurale, nelle fasce perifluviali di pianura non sono ammesse nuove urbanizzazioni di cui all'art. 50.

Fermo restando quanto stabilito dalle disposizioni del PTPR, del PTA e della pianificazione di bacino vigente, nelle fasce perfluviali di pianura, gli interventi di nuova costruzione sono ammessi, purché non rientranti nella fascia interessabile da esondazioni con tempo di ritorno di 200 anni (fermo restando che, laddove la linea di esondazione non sia cartograficamente individuata, la si deve considerare coincidente con la fascia perfluviale), esclusivamente per:

- a) impianti tecnici di modesta entità quali cabine elettriche, cabine di decompressione del gas, impianti di pompaggio et similia;
- b) fabbricati produttivi agricoli inseriti in centri aziendali esistenti e non altrimenti localizzabili, nel rispetto dei parametri previsti per le aree agricole di pianura.

Per gli interventi di nuova costruzione di cui al precedente comma 6, nel rispetto di quanto previsto dall'art.30, i PUG prevedono misure per la riduzione della vulnerabilità in relazione agli edifici ubicati nelle aree potenzialmente interessate da allagamento o nelle fasce laterali agli argini nel caso dei corsi d'acqua delimitati da arginature continue.

Nell'ambito della rete infrastrutturale strategica della mobilità metropolitana, l'infrastruttura interferisce in parte con il sistema delle piste Ciclabili di pianura supporto alla connettività ecologica in corso di realizzazione, disciplinato dall'ARTICOLO. 46. Nel rispetto del PUMS, il PTM individua e disciplina, per quanto di propria competenza, le reti infrastrutturali strategiche della mobilità metropolitana articolate in:

- a) rete del TPM;
- b) rete per la mobilità motorizzata;
- c) rete per la mobilità ciclistica;
- d) rete escursionistica.

In particolare, la rete per la mobilità ciclistica definita dal biciplan metropolitano è intesa come infrastruttura funzionale sia agli spostamenti quotidiani delle persone sia alla fruizione turistica e del tempo libero ed è costituita dalla rete strategica e dalla rete integrativa, compresi i

collegamenti ciclabili di carattere locale e urbano che costituiscono la rete della mobilità quotidiana, così come specificate negli elaborati e nei contenuti del PUMS.

I tracciati sono riportati nella Carta della struttura. Gli elementi di previsione si riferiscono allo scenario a regime del PUMS. Gli elementi esistenti ricomprendono anche i tratti in corso di realizzazione, così come già finanziati al momento dell'assunzione del PTM.

I tracciati delle reti infrastrutturali sono individuati ai sensi dell'art. 41, comma 7, della legge regionale Emilia-Romagna n. 24/2017 ad ogni conseguente effetto, potendo comunque essere specificati e/o modificati in sede progettuale, fermo restando che la puntuale localizzazione delle corrispondenti opere pubbliche o di interesse pubblico è di competenza degli strumenti urbanistici e/o degli altri atti a cui la disciplina normativa vigente rimette la produzione dei medesimi effetti localizzativi e appositivi del vincolo preordinato all'esproprio, nel rispetto delle forme e dei dispositivi procedurali previsti dall'ordinamento nazionale e regionale.

Il tracciato e le opere dell'area di interesse, nell'ambito del sistema dell'orditura storica metropolitana, si sovrappongono direttamente e indirettamente, a:

a) Canali, in particolare il canale Navile.

#### ARTICOLO. 47 - Reti ecologiche, della fruizione e del turismo

Il PTM riconosce le reti ecologiche, della fruizione e del turismo come un sistema integrato e interconnesso o parte costitutiva delle infrastrutture verdi e blu che consente di temperare e relazionare gli obiettivi di conservazione ambientale, di arricchimento dei servizi culturali e per il tempo libero nonché di valorizzazione turistica del territorio metropolitano.

Nella Carta delle reti ecologiche, della fruizione e del turismo sono rappresentati le aree e gli elementi che costituiscono le reti ecologiche, della fruizione e del turismo afferenti alla natura, ai segni stratificati della storia, alla fruizione sostenibile. Le aree e gli elementi che costituiscono le reti ecologiche, della fruizione e del turismo si articolano in:

a) reti ecologiche costituite da:

- aree ad alta naturalità (core areas);
  - fasce di protezione;
  - fasce di connessione;
- b) fascia di connessione collina/pianura (direttrice via Emilia) costituente l'ambito di interconnessione tra il sistema appenninico e il sistema della pianura alluvionale che ricomprende la fascia delle conoidi alluvionali dei fiumi appenninici e la fascia del processo evolutivo della direttrice via Emilia;
- c) varchi;
- d) orditura storica;
- e) reti ciclabili.

La puntuale ricognizione e identificazione delle aree e degli elementi rappresentati nella Carta delle reti ecologiche, della fruizione e del turismo e la correlativa definizione delle specifiche disposizioni inerenti alla disciplina degli ecosistemi naturali e agricoli sussunti dal PTM e, in generale, delle prescrizioni che individuano le condizioni preclusive ai nuovi insediamenti, fermo restando quanto già stabilito dagli strumenti di pianificazione delle aree protette e dalle Misure specifiche di conservazione e dai Piani di Gestione dei siti della Rete Natura 2000, sono effettuate da:

- a) gli strumenti di attuazione del PTM e, in particolare, dai Programmi metropolitani di rigenerazione di cui all'art. 52 e dagli accordi territoriali;
- b) dai PUG e/o dagli altri piani di settore, secondo il regime delle rispettive competenze. Obiettivi

Il PTM persegue i seguenti obiettivi:

- a) assicurare la conservazione e favorire l'implementazione della biodiversità e mantenere le dinamiche di distribuzione degli organismi biologici e della vitalità delle popolazioni e delle comunità vegetali e animali ai sensi dell'art. 2 della legge regionale Emilia-Romagna n. 6/2005;

- b) assicurare la cura e favorire la valorizzazione dei segni che rimandano ai vari strati della storia pregressa e che, in maniera diversificata, condizionano e integrano le forme e le modalità di vivere il territorio e i corrispondenti progetti di fruizione per il futuro;
- c) promuovere la fruizione da parte delle persone e la valorizzazione turistica, in coerenza con le strategie della Destinazione Turistica e nei limiti e secondo forme tali da garantire la conservazione degli elementi di interesse storico e/o ambientale e nel rispetto degli obiettivi di conservazione della biodiversità ovvero entro i limiti stabiliti ai fini della conservazione di habitat e specie dai piani e dalle misure a tale fine preposte;
- d) favorire l'accessibilità attraverso la rete ciclabile e il trasporto pubblico metropolitano degli elementi indicati alle precedenti lettere a), b) e c) del presente comma, prioritariamente lungo gli itinerari turistici, nei limiti stabiliti ai fini della conservazione della biodiversità dai piani e dalle misure a tale fine preposte;
- e) valorizzare i fiumi e i canali storici come itinerari prioritari per il cicloturismo.

Al fine di conseguire gli obiettivi indicati al precedente capoverso, il PTM:

- a) assicura la tutela dell'integrità fisica delle aree e degli elementi della rete ecologica e di quelli di valore storico, attraverso limitazioni agli interventi all'esterno del territorio urbanizzato;
- b) promuove la formazione di Programmi metropolitani di rigenerazione di cui all'art. 52 e di interventi che integrino la riduzione dei rischi, il potenziamento dei servizi ecosistemici, la connessione dei corridoi ecologici, il mantenimento dei varchi o discontinuità dell'urbanizzato e la deframmentazione, le sistemazioni paesaggistiche e le opere per la fruizione collettiva, come punti di sosta attrezzati e percorsi di mobilità dolce;
- c) detta indirizzi per la strategia della qualità urbana ed ecologico ambientale dei PUG, affinché assicurino la continuità delle reti ecologiche, per la fruizione collettiva e il turismo all'interno del territorio urbanizzato. Limitazioni per gli interventi all'esterno del territorio urbanizzato

Le nuove urbanizzazioni di cui all'art. 50 delle presenti norme del PTM non devono interessare i seguenti elementi territoriali, così come rappresentati nella Carta delle reti ecologiche, della fruizione e del turismo:

- a) Aree ad alta naturalità (core areas), costituite da aree protette, siti della Rete Natura 2000 ed ecosistemi forestali, arbustivi e calanchivi, aree di tutela naturalistica al di fuori di aree protette; unità puntuali, costituite da geositi e zone umide, corrispondenti agli ecosistemi delle acque ferme;
- b) Fasce di connessione, costituite dai collegamenti ecologici appenninici di scala regionale e sovraregionale (corridoio della dorsale appenninica e corridoio del medio Appennino) e dai corridoi ecologici multifunzionali dei corsi d'acqua, corrispondenti all'ecosistema delle acque correnti;
- c) Fasce di protezione, costituite dalle aree agricole di montagna e collina nelle quali si applicano anche le disposizioni dell'art. 5.3 del PTA allegato al PTM in quanto costituente pianificazione regionale nonché dalle aree di particolare interesse naturalistico e paesaggistico della pianura, come disciplinate dall'art. 7.4 del PTCP che costituisce pianificazione regionale in quanto recepisce e integra il PTPR;
- d) Varchi, da salvaguardare e da deframmentare per consentire la connettività ecologica tra le aree agricole;
- e) Parchi pubblici di interesse territoriale.

Nella fascia di connessione collina/pianura, rappresentata nella Carta delle reti ecologiche, della fruizione e del turismo, gli eventuali interventi all'esterno del territorio urbanizzato:

- a) non devono interessare gli spazi aperti fra i centri abitati lungo la via Emilia;
- b) non devono comportare nuovi insediamenti o ampliamenti di attività produttive esistenti, a meno che non sia possibile reperire alternative localizzative, nell'ambito pedecollinare ricadente nelle zone di protezione delle acque sotterranee.

- c) Nel rispetto delle disposizioni di cui al Titolo 8 delle norme del PTCP, allegato al PTM in quanto costituente pianificazione regionale, nelle aree dell'ecosistema agricolo interessate da segni stratificati della storia, gli interventi:
- d) non devono comportare compromissioni degli elementi di interesse storico rappresentati nella Carta delle reti ecologiche, della fruizione e del turismo (aree di interesse archeologico, aree della struttura centuriata e elementi della centuriazione, rete della viabilità storica e complessi architettonici non urbani) né interferenze paesaggistiche relativamente al contesto in cui sono inseriti; a tal fine, Città metropolitana, le Unioni e i Comuni, secondo le rispettive competenze, dettano le più opportune limitazioni in riferimento all'entità, alle tipologie di intervento e agli usi ammissibili nonché l'effettuazione di opere di mitigazione paesaggistico-ambientale;
- e) devono concorrere, in misura congrua, coerente e corrispondente all'entità delle trasformazioni, alla cura e alla valorizzazione di tali segni mediante interventi di sistemazione paesaggistica, recupero ambientale, completamento della rete ciclopedonale ed effettuazione di interventi finalizzati alla fruizione collettiva; i relativi obblighi sono definiti nella convenzione accedente all'accordo operativo di cui all'art. 38 della legge regionale Emilia-Romagna n. 24/2017. Indirizzi per programmi metropolitani di rigenerazione.

I programmi metropolitani di rigenerazione di cui all'art. 52 assumono le reti ecologiche, della fruizione e del turismo come elementi di riferimento per la territorializzazione delle iniziative e concorrono alla realizzazione e implementazione degli interventi di cura, di recupero delle situazioni di degrado e di valorizzazione. A tal fine, sono formati nel rispetto delle disposizioni di cui ai seguenti commi del presente articolo.

Il potenziamento della dotazione ambientale e il consolidamento delle connessioni ecologiche devono avvenire prioritariamente attraverso un insieme integrato di interventi comportanti:

- a) l'incremento delle aree boscate e delle fasce arboree e arbustive;

- b) la riqualificazione ambientale delle aree degradate, la deframmentazione con ripristino di varchi funzionali alle connessioni ecologiche e la rimozione degli elementi detrattori;
- c) l'applicazione di misure di mitigazione degli interventi urbanistici e infrastrutturali;
- d) la realizzazione di fasce arboree/arbustive, anche in funzione di protezione delle aree agricole dagli inquinanti, nelle fasce di ambientazione delle infrastrutture viarie;
- e) la realizzazione di alberature lungo i percorsi ciclabili e i tratti della viabilità extraurbana e di filari e siepi in area agricola al fine di articolare un reticolo arboreo che, ovunque sia possibile, ripercorra i segni storici.

La realizzazione degli itinerari di valorizzazione turistica, da sviluppare in coerenza con le strategie della Destinazione turistica, lungo i corsi d'acqua principali naturali e storici, i crinali e il fondovalle, deve avvenire prioritariamente attraverso un insieme integrato di interventi comportanti:

- a) l'uso di soluzioni basate sulla natura e il riuso del patrimonio storico minore a servizio della fruizione collettiva;
- b) il completamento della rete infrastrutturale per la mobilità sostenibile, nel rispetto delle indicazioni del seguente comma 12;
- c) l'effettuazione di interventi preordinati al potenziamento dei servizi ecosistemici al fine di incrementare la resilienza, l'attrattività turistica e la valorizzazione del patrimonio diffuso nelle aree collinari in funzione del "buon vivere collettivo";
- d) l'attivazione e/o il consolidamento di imprese innovative e a basso impatto ambientale per contrastare le fragilità economiche nei territori dell'Appennino e della bassa Pianura;
- e) la sistemazione degli elementi di interesse storico, con priorità per quelli destinati alla fruizione collettiva.

Il completamento della rete infrastrutturale per la mobilità sostenibile, prioritariamente attraverso percorsi escursionistici pedonali e itinerari cicloturistici, deve contemplare

sistemazioni paesaggistiche coerenti con il contesto e la qualificazione degli spazi pubblici lungo gli itinerari, tenendo conto altresì della rete dei percorsi escursionistici censita nella base dati “Sentieri”, di cui alla delibera di Giunta Regionale n. 1841/2009 “Linee guida per cartografia, segnaletica, manutenzione, ripristino, sicurezza e divulgazione della rete escursionistica emiliano-romagnola”, al fine di consolidarne il regime ed assicurarne la regolare manutenzione. Nelle aree di pianura, dove il contesto lo suggerisca e consenta, deve essere favorito l’inserimento di filari alberati continui che costituiscano un’orditura verde in direzione nord/sud ed est/ovest, con funzione microclimatica e di ripristino di biodiversità diffusa, secondo una tipologia di assetto vegetazionale storicamente presente nella pianura.

Ai fini della realizzazione degli interventi di cui ai precedenti commi 10, 11 e 12 del presente articolo, possono essere utilizzate le risorse del Fondo perequativo metropolitano di cui all’art. 51. Indirizzi per i PUG

I PUG assumono quanto previsto dal presente articolo nella propria strategia per la qualità urbana ed ecologico-ambientale, specificandola alla scala locale, e in particolare:

- a) recepiscono quanto stabilito in relazione agli interventi all’esterno del territorio urbanizzato di cui ai precedenti commi 6 e 7;
- b) concorrono al potenziamento della dotazione ambientale e al consolidamento delle connessioni ecologiche, mediante l’applicazione delle disposizioni sulla rigenerazione dei tessuti urbanizzati di cui al precedente art. 35 delle presenti norme del PTM;
- c) integrano a rete ecologica e la rete degli itinerari ciclopeditoni per quanto di competenza comunale e/o comunque riferibile alla scala locale nel rispetto di quanto previsto al precedente art. 46 delle presenti norme del PTM;
- d) definiscono gli interventi e gli usi compatibili per assicurare la gestione e la fruizione dei siti storici e delle aree di interesse naturalistico, con prioritario riferimento ai Parchi pubblici di interesse metropolitano, nel rispetto dello standard di 15 mq/ab di cui al decreto interministeriale 2 aprile 1968, n. 1444.

### 3.7 PIANO URBANO DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILE (PUMS)

Il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile metropolitano Bologna (PUMS) è uno strumento di pianificazione di nuova concezione introdotto per la prima volta nel 2009 dalla UE. Nel 2014 la Commissione Europea ha pubblicato le Linee Guida che tracciano analiticamente le caratteristiche, i criteri, le modalità, e le fasi del processo di formazione e approvazione del PUMS.

Successivamente la Regione Emilia Romagna, anticipando quanto previsto dal D.M. 04/08/2017 avente per oggetto "Individuazione delle linee guida per i piani urbani di mobilità sostenibile, ai sensi dell'articolo 3, comma 7, del decreto legislativo 16 dicembre 2016, n.257", ha promosso l'elaborazione del PUMS attraverso la concessione di un contributo economico alla Città Metropolitana di Bologna.

Il PUMS, a seguito dell'approvazione delle Linee di Indirizzo avvenuta nel 2016, il 27 novembre 2018 è stato adottato dopo una riunione delle Giunte del Comune di Bologna e della Città Metropolitana.

Il PUMS definisce i progetti strategici della mobilità di Bologna metropolitana dei prossimi anni, frutto anche di un processo di partecipazione con cittadini, Comuni, Quartieri, Unioni di Comuni e stakeholder.

#### 3.7.1 OBIETTIVI

L'obiettivo di Piano del PUMS, confermando la scelta delle Linee di indirizzo del 2016 estendendolo però all'intero territorio metropolitano, prevede al 2030, la riduzione delle emissioni da traffico del 40% rispetto al 1990 così come proposto dall'Unione Europea per garantire il rispetto degli Accordi sul Clima di Parigi<sup>7</sup>. L'obiettivo del piano è quello di perseguire:

- l'accessibilità;
- la tutela del clima;
- la salute e la salubrità dell'aria
- la sicurezza stradale.

## Pianificazione territoriale e mobilità sostenibile

I concetti chiave che accompagnano la congiunzione tra pianificazione urbanistica e mobilità sostenibile abbracciano tre diversi livelli di scala territoriale:

a livello regionale ponendo al centro il Sistema Ferroviario Metropolitano come componente fondamentale della strategia regionale per garantire la compattezza dei centri urbani, la coesione sociale e la sostenibilità del territorio;

a livello metropolitano dettando quale condizione imprescindibile il potenziamento del Trasporto Pubblico Metropolitano per garantire un modello di sviluppo sostenibile del sistema insediato con l'obiettivo di azzerare l'ulteriore dispersione insediativa;

a livello locale valorizzando lo spazio pubblico e la strada come spazio condiviso, non più conteso, insieme alla ricomposizione efficace dei conflitti d'uso sia nelle aree urbane che nel resto del territorio per garantire la qualità urbana, la vivibilità e la sicurezza, ponendo al centro le esigenze di fruizione e spostamento del pedone e del ciclista che intersecano in varie forme lo spazio pubblico (e in particolare lo spazio stradale).

### 3.7.2 MOBILITÀ PEDONALE E CICLISTICA

Le strategie per la promozione e la diffusione della *Mobilità Pedonale* all'interno della Città metropolitana di Bologna, si basano sui principi di seguito elencati:

- Promuovere l'accessibilità universale per favorire equità sociale nei confronti di tutti i cittadini.
- Creare un ambiente pedonale sicuro, costituito da percorsi continui, leggibili e confortevoli.
- Incrementare la qualità e l'efficienza della mobilità pedonale nei nodi del Trasporto Pubblico Metropolitano.
- Favorire la creazione di aree dedicate alla pedonalità.
- Promuovere iniziative di educazione alla mobilità pedonale.

Per la *Mobilità Ciclistica* il PUMS punta sulla definizione di una rete ciclabile di progetto integrata ed estesa a tutto il territorio metropolitano così come prefigurata dalla proposta di Biciplan

metropolitano, classificando la rete per la mobilità quotidiana in strategica e integrativa e dedicando inoltre attenzione allo sviluppo della rete cicloturistica.

Il quadro prefigura gli interventi prioritari per migliorare ed estendere infrastrutture e servizi per la mobilità ciclistica, realizzando efficienti opportunità di integrazione con le altre modalità di trasporto, aumentando l'offerta di parcheggi bici in prossimità delle stazioni e fermate dei mezzi di trasporto collettivi quali ferrovia e futura tramvia. Il Biciplan metropolitano in particolare mira a realizzare una rete portante metropolitana strutturata in:

- Rete ciclabile per la Mobilità Quotidiana
- Rete Cicloturistica

Gli interventi che il PUMS individua come prioritari per la creazione della rete ciclistica condivisa con il Biciplan sono i seguenti:

- interventi infrastrutturali, più consistenti e articolati da realizzare, solo se strettamente necessari, là dove sia opportuno diminuire il rischio percepito dal ciclista o si debbano collegare tratti esistenti;
- ridisegno dello spazio della strada lungo i principali assi dei centri abitati, creando corridoi ciclistici e attrezzandoli prevalentemente con la segnaletica e ogni strumento necessario a migliorare le indicazioni per percorrerli in sicurezza;
- azioni per la promozione della ciclabilità diffusa per la convivenza tra ciclisti ed autovetture (zone 30, ZTL, AP, moderazione della velocità, etc.). Il modello di riferimento è costituito dalla preferenziazione dei percorsi e degli spazi ciclabili che si contrappone a quello della separazione.

### 3.7.3 TPM – TRASPORTO PUBBLICO METROPOLITANO

Gli obiettivi posti dal PUMS al 2030 impongono un significativo potenziamento della rete di trasporto pubblico in ambito metropolitano, che si esplica attraverso una strategia basata sulle linee di intervento di seguito elencate.

1. Creazione di un'integrazione tariffaria multimodale estesa a tutta la rete di Trasporto Pubblico in ambito metropolitano.

2. Implementazione di un sistema di infomobilità multimodale.
3. Potenziamento del SFM attraverso la previsione di: a. un obiettivo di frequenza nelle fasce di punta ai 15' su alcune stazioni principali; b. realizzazione di interventi strumentali (potenziamento materiale rot e rotabile) e infrastrutturali propedeutici all'intensificazione del traffico ferroviario in base al modello di esercizio previsto sulle diverse linee.
4. Potenziamento della capacità di trasporto e dell'attrattività della rete portante urbana di Bologna mediante l'introduzione della tecnologia tranviaria.
5. Potenziamento della capacità di trasporto e innalzamento della velocità commerciale e della regolarità di marcia delle autolinee della rete portante mediante l'individuazione delle linee prioritarie (Metrobus) per la realizzazione di interventi riconducibili ai sistemi BRT (Bus Rapid Transit).
6. Creazione di una rete di trasporto collettivo basata sul rendez-vous (sincronizzazione degli orari) tra servizi della rete portante (SFM e Tram per la distribuzione rapida a Bologna) e reti complementare e integrativa.
7. Realizzazione di Centri di Mobilità intesi come spazi infrastrutturalmente e tecnologicamente attrezzati dedicati alla fruizione della "Mobilità come servizio" (Mobility as a Service) nei principali nodi della rete multimodale metropolitana e urbana. Il Centro di Mobilità costituisce il superamento del concetto di nodo di interscambio tradizionale, in quanto esso è finalizzato ad offrire all'utenza una gamma di soluzioni di mobilità, piuttosto che una preordinata soluzione di viaggio, che consente di riprogrammare in itinere il proprio viaggio qualora mutino le esigenze o lo stato di funzionamento della rete.

Il PUMS struttura la rete di trasporto collettivo nelle tre componenti di seguito descritte.

- Rete portante – costituita dal SFM, dalla nuova rete tranviaria di Bologna e dalle linee extraurbane/suburbane ad alto traffico - METROBUS (rete di 1° livello) che propone di servire con sistemi assimilabili a BRT (Bus Rapid Transit).
- Rete complementare – costituita da tutte le autolinee urbane di Bologna e Imola e suburbane ed extraurbane di 2° e 3° livello.

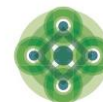
- Rete integrativa – costituita dai cosiddetti “servizi locali” cioè a bassa frequenza o servizi “finalizzati” e/o flessibili.

Primario obiettivo del PUMS è quello di portare a compimento, introducendo alcuni correttivi, il disegno originario del Servizio Ferroviario Metropolitano bolognese garantendo un livello di offerta adeguato alla corrispondente domanda. In particolare il primario obiettivo del PUMS è quello di portare a compimento, introducendo alcuni correttivi, il disegno originario del Servizio Ferroviario Metropolitano bolognese propone un potenziamento delle attuali linee come dallo schema seguente:



Comune di Bologna

SECONDA LINEA TRANVIARIA DI BOLOGNA  
(TRATTO NORD LINEA VERDE)  
PROGETTO DEFINITIVO  
CUP:F31D21000020001



Sostenibilità  
è Bologna



Figura 3-13 – SFM: Schema di rete proposto nello Scenario a regime (oltre lo Scenario PUMS - 2030)

Coerentemente alle strategie individuate dalle Linee di indirizzo del PUMS Metropolitano di Bologna, il primo fondamentale aspetto della mobilità a Bologna che il PUMS è chiamato ad affrontare riguarda il potenziamento della rete portante del trasporto pubblico urbano.

La programmazione vigente ha già definito, con il progetto PIMBO, un'evoluzione della rete delle autolinee portanti esistente verso una nuova e più estesa rete filoviaria che, integrandosi con il sistema "Crealis" tra Bologna e San Lazzaro attualmente in fase di collaudo, intende garantire non tanto una maggiore capacità del servizio, quanto benefici ambientali diretti (il progetto prevede una filoviarizzazione completa delle linee portanti della rete urbana) e una maggior integrazione con la rete SFM.

Tuttavia, considerando la tempistica per l'implementazione del progetto PIMBO (7 anni dal momento del suo finanziamento, ottenuto con l'approvazione del Progetto Definitivo da parte del CIPE con delibera n. 92 del 22-12-2017, pubblicata sulla GU n. 137 del 15-06-2018) e la sua totale sovrapposizione con quasi tutte le attuali linee portanti del TPL (ne risultano escluse solo le linee 13 e 14, in quanto già filoviarizzate), tale progetto deve necessariamente integrarsi nello scenario proposto dal PUMS che, oltre a puntare sulla elettrificazione completa della rete urbana mira anche ad incrementarne la sua capacità. Fermo restando quindi l'obiettivo dell'elettrificazione, già alla base del Progetto Crealis e del Progetto PIMBO, la proposta del PUMS è quella di una progressiva transizione verso la tecnologia tranviaria per la componente della rete portante metropolitana interna alla città Bologna. Tale scelta è suffragata sostanzialmente da due elementi di criticità, tra loro interdipendenti, che si stanno evidenziando sulle attuali linee portanti urbane, tendenzialmente esercite con autobus e filobus articolati: 1. l'accentuazione, negli ultimi anni, di un sovraffollamento a bordo dei mezzi in diverse ore del giorno nelle tratte a ridosso delle aree centrali, con conseguenti riflessi sul comfort di viaggio e sui perditempo alle fermate; 2. un raggiunto limite di distanziamento minimo tra i passaggi dei mezzi nei corridoi su cui insistono più linee, con le conseguenti problematiche in termini di fluidità della circolazione. L'assetto a regime della rete tranviaria ipotizzata dal PUMS prevede 4 linee interconnesse tra loro:

- Linea Tram Rossa: Terminal Emilio Lepido – CAAB;
- Linea Tram Gialla: Casteldebole – Rastignano;
- Linea Tram Verde: Dep. Due Madonne – Corticella;
- Linea Tram Blu: Casalecchio – San Lazzaro (attuazione prevista oltre lo Scenario PUMS - 2030).

La proposta elaborata dal PUMS per l'assetto a regime della rete tranviaria prevede dei percorsi base individuati mediante simulazioni iterative preliminari (che dovranno essere affinate nelle successive fasi di progettazione) che successivamente sono stati inseriti come linee nello scenario complessivo, e una serie di possibili diramazioni nelle tratte terminali ove la struttura della domanda e la localizzazione di una serie di attrattori di traffico di rango metropolitano suggeriscono di lasciare aperta, rinviandola ad una successiva fase di approfondimento progettuale concertata con i comuni coinvolti, l'effettiva configurazione e priorità di realizzazione.

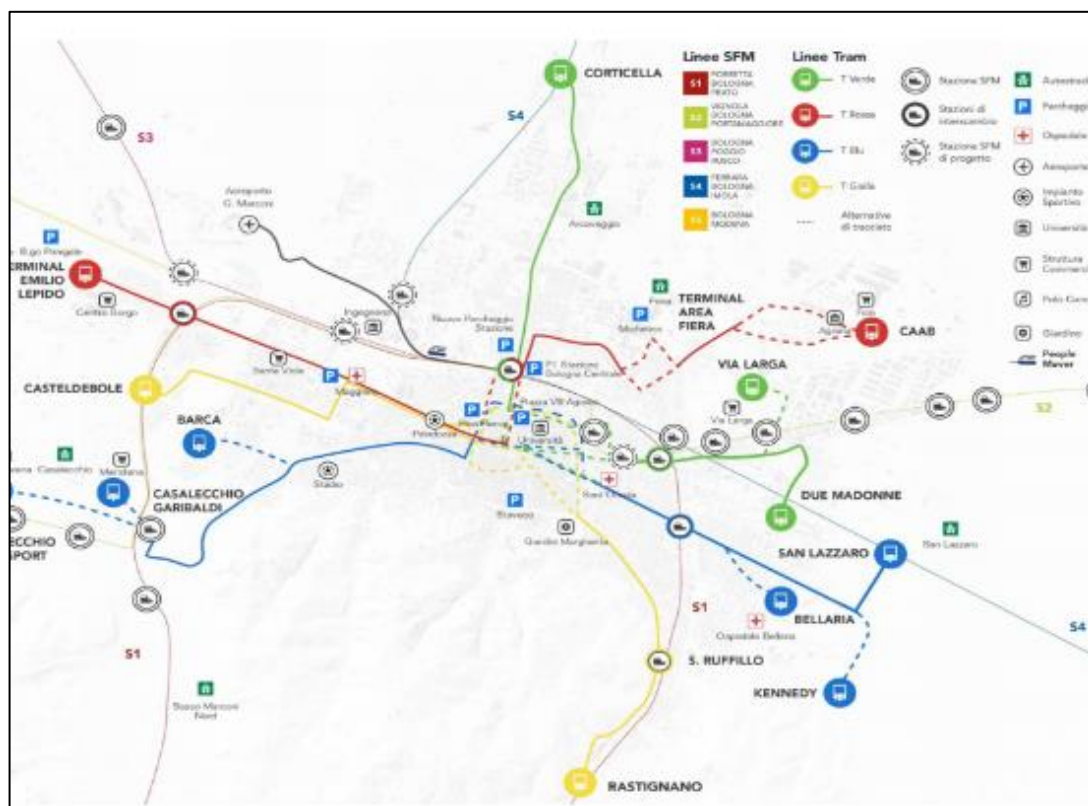


Figura 3-14 – Assetto a regime (oltre lo Scenario PUMS -2030) della rete tranviaria

### 3.8 PIANO URBANISTICO GENERALE (PUG) – COMUNE DI BOLOGNA

La nuova disciplina urbanistica dettata dalla L.R. n. 24/2017 prevede la sostituzione del Piano Regolatore Strutturale Comunale (PSC), del Regolamento Urbanistico Edilizio e del Piano Operativo comunale con un innovato assetto normativo, che ha previsto l'elaborazione del Piano Urbanistico Generale quale nuovo strumento urbanistico di progettazione delle trasformazioni della Città.

Il Piano è stato approvato dal Consiglio Comunale con delibera PG 342648/2021 ed è entrato in vigore il 29 settembre 2021 a seguito della pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Emilia Romagna n. 286 dell'Avviso di avvenuta approvazione; insieme al Piano sono entrate in vigore le modifiche al Regolamento Edilizio approvate con delibera PG 342650/2021.

È stato approvato ed è vigente anche il Regolamento Edilizio che contiene la disciplina definitoria e prescrittiva sui materiali urbani. Il Regolamento è luogo di convergenza anche del Regolamento del verde pubblico e privato e del Regolamento per l'applicazione del vincolo idrogeologico.

A complemento del Piano sono state approvate dalla Giunta con delibera PG 430532/2021 le Disposizioni organizzative urbanistiche in cui vengono descritti gli aspetti operativi e documentali per l'elaborazione e la presentazione delle istanze degli strumenti attuativi introdotti dalla L.R. 24/2017 e disciplinati dal PUG.

Il Quadro Conoscitivo è costituito da Profilo e Conoscenze, che rappresenta uno strumento di orientamento per la costruzione del PUG ed è costituito da 80 schede in cui vengono descritte le evidenze e i tratti qualificanti dei temi studiati, delle tendenze e degli aspetti prioritari. Profilo e conoscenze riporta le informazioni relative alle componenti fisiche dello spazio urbano e ai servizi che le mettono in relazione. Il buon funzionamento di tali relazioni costituisce condizione di sostenibilità per le trasformazioni espresse in Assetti e strategie.

Le informazioni sono soggette ad un periodico aggiornamento che tiene conto dell'approfondimento conoscitivo rispetto agli indicatori, della rilevazione dei possibili

cambiamenti che interverranno nella città e del diverso valore sociale attribuito nel tempo ai singoli aspetti (in riferimento ai Laboratori di Quartiere o altre forme di consultazione pubblica, o all'orientamento di politiche pubbliche).

Le conoscenze utili per la costruzione del profilo relative alle 80 schede sono raggruppate in temi: popolazione, sistema economico, servizi alle persone, dimensione urbana, patrimonio abitativo, ambiente, paesaggio, mobilità, governance e dimensione sociale.

La lettura del quadro delle conoscenze permette di formulare una diagnosi e la determinazione di un profilo attuale fatto di aspetti qualificanti e al contempo di aspetti problematici.

Ne è emerso un profilo che restituisce una visione di Bologna come una piccola metropoli europea poliedrica e a misura d'uomo. Contemporaneamente Bologna manifesta la volontà di farsi sempre più sostenibile, e proiettata a sviluppare politiche per le imprese, il lavoro, le famiglie e i giovani.

Questo viene reso attraverso una rappresentazione ideogrammatica della città, recependo le intenzioni del piano previgente, declinando l'assetto consolidato della città e l'individuazione schematica delle parti del territorio investite dalla ricaduta territoriale degli obiettivi del PUG.

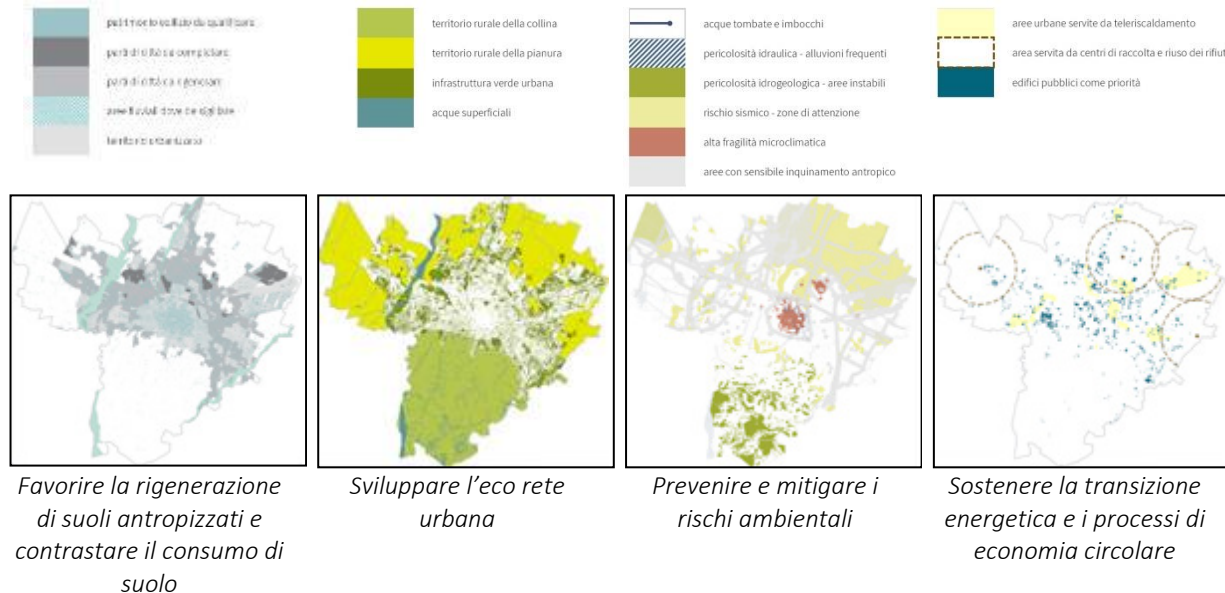
Questo rappresenta un punto di partenza per definire gli obiettivi del PUG: ambientale, sociale ed economico.

### *3.8.1 RESILIENZA ED AMBIENTE*

L'obiettivo è quello di assicurare salute e benessere a chi abita la città oggi e a chi la abiterà domani, minimizzando i rischi per le persone e le cose, anche quelli che derivano dal cambiamento climatico, sostenendo la transizione energetica. Assumere i target dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite e dell'Agenda Metropolitana come traduzione degli obiettivi del piano secondo un approccio metabolico. Di seguito si riporta stralcio della cartografia relativa.



Figura 3-15 – Stralcio PUG – Resilienza e Ambiente (in giallo l'area di interesse)



### 3.8.1 ABITABILITÀ ED INCLUSIONE

L'obiettivo è quello di Sostenere la crescita demografica offrendo abitazioni e servizi cui famiglie, giovani e studenti possano accedere garantendo altresì spazi innovativi per il lavoro. Di seguito si riporta stralcio della cartografia relativa.



Figura 3-16 – Stralcio PUG – Abitabilità e Inclusionione (in giallo l'area di interesse)



*Estendere l'accesso alla casa*

*Garantire la diffusione di una rete equilibrata di attrezzature e servizi di qualità*

*Ridisegnare gli spazi e le attrezzature*

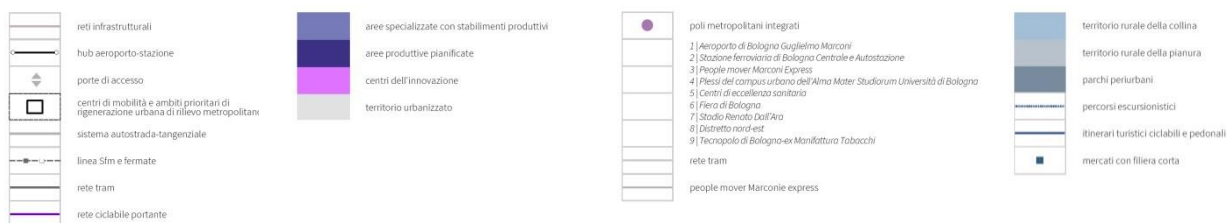
*Conservare i caratteri del paesaggio storico urbano rinnovandone il ruolo*

### 3.8.1 ATTRATTIVITÀ E LAVORO

L'obiettivo è quello di Rafforzare e adeguare le infrastrutture sopra e sottosuolo, per sostenere l'innovazione e la crescita economica, mettendo in valore le dinamiche locali; favorire i nuovi lavori e l'affermarsi di una economia circolare. Di seguito si riporta stralcio della cartografia relativa.

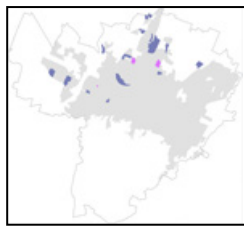


Figura 3-17 – Stralcio PUG – Attrattività e Lavoro (in giallo l'area di interesse)

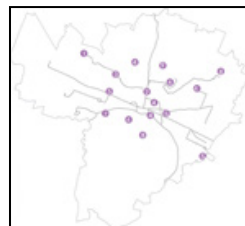




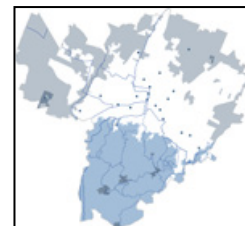
*Estendere l'accesso alla casa*



*Garantire la diffusione di una rete equilibrata di attrezzature e servizi di qualità*



*Ridisegnare gli spazi e le attrezzature*



*Conservare i caratteri del paesaggio storico urbano rinnovandone il ruolo*

Costituisce la parte normativa del Piano, definisce le condizioni necessarie per attuare le operazioni di trasformazione all'interno del territorio urbanizzato.

La Disciplina del PUG è articolata secondo lo schema obiettivi/strategie/azioni proprio del Piano.

Parte integrante della Disciplina è il Catalogo dati cartografici che permette di individuare cartograficamente il campo di applicazione delle azioni di Piano quando non contenute nella Tavola dei vincoli.

### 3.8.2 "TUTELE E VINCOLI"

La tavola dei Vincoli costituisce lo strumento conoscitivo ai sensi dell'art. 37 della l.r. 24/2017 nel quale sono rappresentati tutti i vincoli e le prescrizioni derivanti dai piani sovraordinati, da singoli provvedimenti amministrativi ovvero da previsioni legislative che precludono, limitano o condizionano l'uso o la trasformazione del territorio che pertanto devono essere considerati prevalenti rispetto alle altre disposizioni degli strumenti urbanistici comunali.

La Tavola dei vincoli è corredata da apposito elaborato denominato "Schede dei vincoli" in cui per ogni tutela e vincolo sono riportati l'indicazione sintetica del suo contenuto, i riferimenti normativi e la relativa rappresentazione grafica del layer della banca dati territoriale unificata del Comune.

Le tutele sono volte alla salvaguardia delle risorse naturali, paesaggistiche e storiche del territorio comunale e riguardano:

- risorse idriche e assetto idrogeologico;
- stabilità dei versanti;
- elementi naturali e paesaggistici;
- testimonianze storiche e archeologiche;
- rischio sismico;
- PTM – Ecosistemi naturali e limitazioni per gli interventi all'esterno del territorio urbanizzato.

I vincoli interessano le aree la cui trasformazione può modificare il grado di funzionalità e di sicurezza delle infrastrutture territoriali esistenti e previste e riguardano:

- infrastrutture, suolo e servitù;
- infrastrutture per la navigazione aerea/1;
- infrastrutture per la navigazione aerea/2;
- elettromagnetismo.

La Tavola dei vincoli è elaborato costitutivo degli strumenti di pianificazione urbanistica e delle relative varianti. Come previsto dall'art. 37 comma 5 della Lr 24/2017 la Tavola dei vincoli deve essere aggiornata a seguito dell'approvazione di leggi, piani o altri atti che comportano la modifica dei vincoli e delle prescrizioni gravanti sul territorio comunale attraverso apposite deliberazioni del Consiglio comunale meramente ricognitive, non costituenti varianti alla pianificazione vigente.

Le schede dei vincoli riportano inoltre:

- perimetro del territorio urbanizzato valido alla data di entrata in salvaguardia sia del Piano territoriale paesistico regionale (29 giugno 1989) che del Piano territoriale di coordinamento provinciale (11 febbraio 2003) parte integrante e sostanziale del Piano Territoriale Metropolitano vigente, significativo per l'applicazione di talune norme sulle tutele;
- perimetro del territorio urbanizzato del Piano Urbanistico Generale;
- perimetro del centro abitato, valido ai soli fini dell'applicazione del Codice della strada, delimitato ai sensi dell'art. 4 del D.Lgs. 285/1992 e s.m.i. come modificato dalla Delibera di

Giunta Comunale Progr. N. 16/2018 del 24 gennaio 2018 e oggetto di rettifica di errore materiale nell'ambito dell'Aggiornamento 2020;

- perimetro delle aree escluse per legge dai vincoli paesaggistici ai sensi dell'art. 142, comma 2 del D.Lgs. 42/2004, ovvero delle aree che alla data del 6 settembre 1985 erano delimitate negli strumenti urbanistici, ai sensi del decreto ministeriale 2 aprile 1968, n. 1444, come zone territoriali omogenee A e B.

### 3.8.2.1 Tutele – Risorse idriche e assetto idrogeologico

Di seguito si riporta lo stralcio della tavola “Tutele – Elementi Naturali e Paesaggistici” con sovrapposizione del tracciato tranviario in esame. La tavola si compone dei seguenti tematismi:

- alvei attivi e invasi dei bacini idrici;
- reticolo idrografico coperto;
- fasce di tutela fluviale;
- fasce di pertinenza fluviale;
- aree a rischio di inondazione 200 anni;
- aree ad alta probabilità di inondazione;
- aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;
- aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;
- aree potenzialmente interessate da alluvioni rare;
- aree di protezione delle acque sotterranee nel territorio pedecollinare e di pianura;
- zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio collinare;
- aree per la salvaguardia delle acque destinate al consumo umano.

Il tracciato del tratto nord della linea verde interseca gli strati cartografici riferiti a:

- Alvei attivi e invasi dei bacini idrici;
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti, poco frequenti e rare;
- Alvei attivi e invasi dei bacini idrici;
- Fasce di pertinenza fluviale

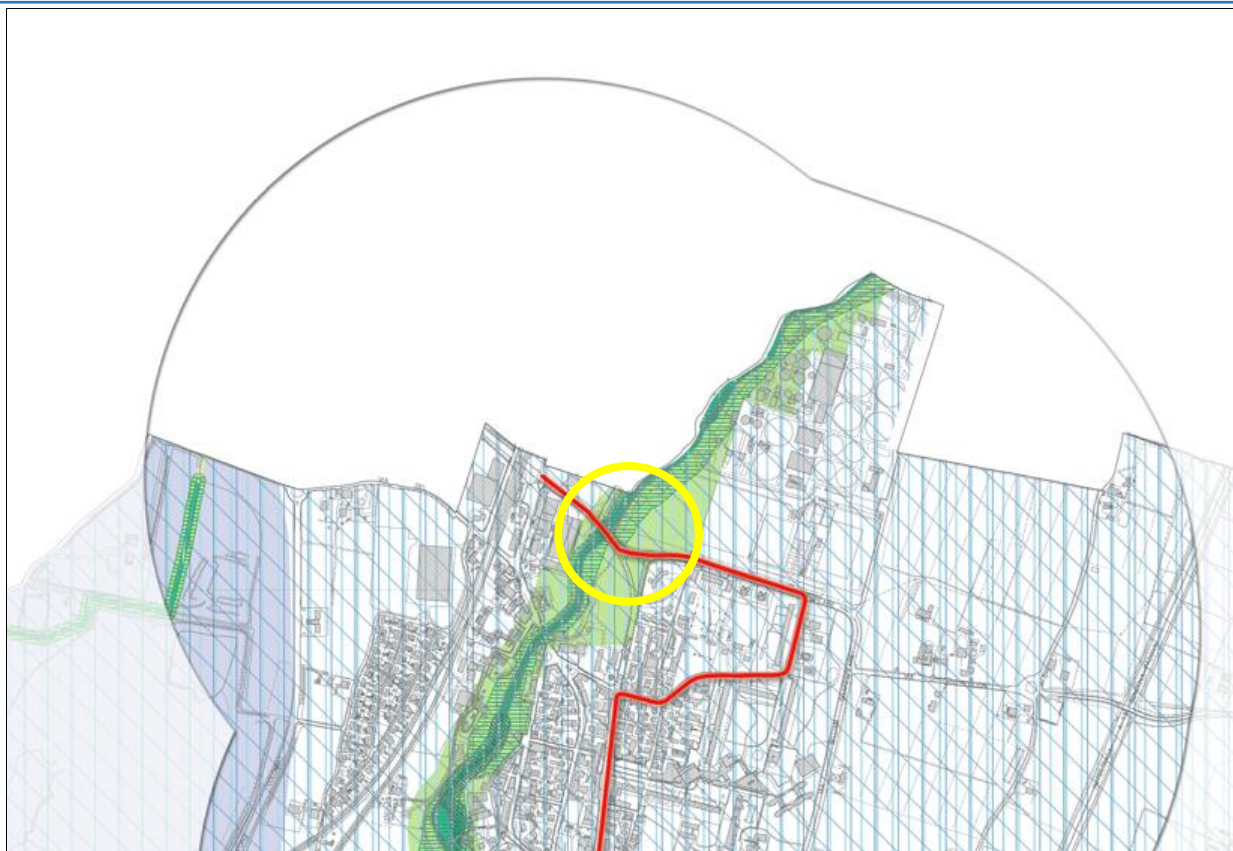


Figura 3-18 – Stralcio PUG - Tutele – Risorse Idriche e Assetto Idrogeologico (in giallo l'area di interesse)



Il tracciato, nella parte prossimale la Stazione di Corticella, in corrispondenza dell'attraversamento del Canale Navile, va ad intercettare i seguenti tematismi:

- Alvei attivi e invasi dei bacini idrici;
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti, poco frequenti e rare;

- Alvei attivi e invasi dei bacini idrici;
- Fasce di pertinenza fluviale

Nel complesso i provvedimenti istitutivi di tutela sono rappresentati da:

- R.D. n. 523 del 25 luglio 1904 “Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie” (art. 96, comma primo, lettera f),
- Piano Territoriale Paesistico Regionale (art. 18) approvato con delibera di Consiglio regionale n. 1388 del 28 gennaio 1993 e sue successive varianti;
- Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PSAI) dei bacini del Fiume Reno e dei Torrenti Idice, Sillaro e Santerno approvato dalla Giunta Regionale dell’Emilia-Romagna con deliberazione n. 567 del 7 aprile 2003 e ss.mm.ii;
- Piano Stralcio per il bacino del Torrente Samoggia approvato dalla Giunta Regionale dell’Emilia-Romagna con deliberazione n. 1925 del 17 novembre 2008 e ss.mm.ii;
- Piano Stralcio per il sistema idraulico “Navile-Savena Abbandonato” approvato dalla Giunta Regionale dell’Emilia-Romagna con deliberazione n. 129 del 8 febbraio 2000 e ss.mm.ii;
- Piano territoriale di coordinamento provinciale (art. 4.2) parte integrante e sostanziale del Piano Territoriale Metropolitano approvato con delibera del Consiglio metropolitano n. 16 del 12 maggio 2021.
- D.Lgs. 49/2010 del 23 febbraio 2010 “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”;
- Variante di coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di bacino approvata con delibera di Giunta Regionale n. 2112/2016 il 5 dicembre 2016;
- Piano Gestione Rischio Alluvioni (art. 6 della Direttiva 2007/60): primo aggiornamento delle mappe della pericolosità e del rischio esaminato nella seduta di Conferenza Istituzionale Permanente del 20 dicembre 2019 e pubblicato in data 16 marzo 2020 (Deliberazioni n.7 e 8 del 20 dicembre 2019);

- Piano Territoriale Metropolitano approvato con delibera del Consiglio metropolitano n. 16 del 12 maggio 2021;
- Piano Urbanistico Generale.

#### AREE POTENZIALMENTE INTERESSATE DA ALLUVIONI RARE

Definizioni e finalità di tutela: Al fine della mitigazione del rischio idraulico sono individuate le aree interessate da inondazioni in relazione agli scenari di alluvioni rare ovvero con scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi. Le aree potenzialmente interessate da alluvioni sono state individuate con riferimento al fenomeno delle inondazioni generate dal Reticolo naturale principale e secondario (RP).

#### Modalità della tutela:

*Condizioni per gli interventi urbanistici* - per gli interventi urbanistici è richiesta la redazione di una relazione tecnica di valutazione del rischio idraulico i cui contenuti sono definiti all'art. 27-E18 del Regolamento edilizio che dimostri, attraverso adeguate misure progettuali, la sostenibilità del progetto facendo riferimento all'adozione di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle persone esposte. Le prescrizioni progettuali per gli interventi sugli edifici da adottarsi per la mitigazione dei danni sono definite all'art. 27-E18 del Regolamento edilizio.

*Condizioni per gli interventi edilizi* - Le prescrizioni progettuali per gli interventi sugli edifici da adottarsi per la mitigazione dei danni sono definite all'art. 27-E18 del Regolamento edilizio.

#### AREE POTENZIALMENTE INTERESSATE DA ALLUVIONI POCO FREQUENTI

Definizione e finalità di tutela: Al fine della mitigazione del rischio idraulico sono individuate le aree interessate da inondazioni in relazione agli scenari di alluvioni poco frequenti ovvero con tempo di ritorno di riferimento fra 100 e 200 anni. Le aree potenzialmente interessate da alluvioni sono state individuate con riferimento al fenomeno delle inondazioni generate dal Reticolo naturale principale e secondario (RP) e dal Reticolo Secondario di Pianura (RSP).

#### Modalità di tutela:

*Condizioni per gli interventi urbanistici* - per gli interventi urbanistici è richiesta la redazione di una relazione tecnica di valutazione del rischio idraulico che dimostri, attraverso adeguate misure progettuali, la sostenibilità delle previsioni facendo riferimento alle possibili alternative localizzative e all'adozione di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle persone esposte. I contenuti della relazione tecnica e le prescrizioni progettuali per gli interventi sugli edifici da adottarsi per la mitigazione dei danni sono definiti all'art. 27-E18 del Regolamento edilizio. In tali aree, se comprese nel territorio extraurbano, devono essere osservate altresì le prescrizioni di cui all'art. 30, comma 5 delle norme del PTM riferite agli ambiti del reticolo idrografico principale di pianura (RP) del PGRA. Ai sensi di tale articolo *"Ai fini della riduzione del pericolo di alluvioni, gli interventi edilizi diretti e/o convenzionati nell'ecosistema agricolo, in particolare nelle "conche morfologiche" (intese come aree topograficamente depresse e caratterizzate da scarse capacità di deflusso delle acque di possibile allagamento) e nelle zone a pericolosità "P3" e "P2", riferite agli ambiti del reticolo idrografico principale di pianura (RP) del PGRA, devono contenere specifiche indicazioni in merito al recupero e all'efficientamento del reticolo agricolo e in particolare alla conservazione, se esistenti, o alla realizzazione, se non presenti, di nuovi scoli di confine"*

*Condizioni per gli interventi edilizi* - negli interventi di qualificazione edilizia trasformativa e di qualificazione edilizia conservativa qualora comportino mutamento di destinazione d'uso di intero edificio è richiesta la redazione di una relazione tecnica di valutazione del rischio idraulico. I contenuti della relazione tecnica e le prescrizioni progettuali per gli interventi sugli edifici da adottarsi per la mitigazione dei danni sono definiti all'art. 27-E18 del Regolamento edilizio. In tali aree, se comprese nel territorio extraurbano, devono essere osservate altresì le prescrizioni di cui all'art. 30, comma 5 delle norme del PTM riferite agli ambiti del reticolo idrografico principale di pianura (RP) del PGRA.

AREE POTENZIALMENTE INTERESSATE DA ALLUVIONI FREQUENTI

Definizione e finalità di tutela: Al fine della mitigazione del rischio idraulico sono individuate le aree interessate da inondazioni in relazione agli scenari di alluvioni frequenti, ovvero con tempo

di ritorno di riferimento fra 20 e 50 anni. Le aree potenzialmente interessate da alluvioni sono state individuate con riferimento al fenomeno delle inondazioni generate dal Reticolo naturale principale e secondario (RP) e dal Reticolo Secondario di Pianura (RSP).

Modalità di tutela:

*Condizioni per gli interventi urbanistici* - per gli interventi urbanistici è richiesta la redazione di una relazione tecnica di valutazione del rischio idraulico che dimostri, attraverso adeguate misure progettuali, la sostenibilità delle previsioni facendo riferimento alle possibili alternative localizzative e all'adozione di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle persone esposte. I contenuti della relazione tecnica e le prescrizioni progettuali per gli interventi sugli edifici da adottarsi per la mitigazione dei danni sono definiti all'art. 27-E18 del Regolamento edilizio. In tali aree, se comprese nel territorio extraurbano, devono essere osservate altresì le prescrizioni di cui all'art. 30, comma 5 delle norme del PTM riferite agli ambiti del reticolo idrografico principale di pianura (RP) del PGRA.

*Condizioni per gli interventi edilizi* - negli interventi di qualificazione edilizia trasformativa e di qualificazione edilizia conservativa qualora comportino mutamento di destinazione d'uso di intero edificio, è richiesta la redazione di una relazione tecnica di valutazione del rischio idraulico che dimostri, attraverso adeguate misure progettuali, la sostenibilità del progetto facendo riferimento all'adozione di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle persone esposte. I contenuti della relazione tecnica e le prescrizioni progettuali per gli interventi sugli edifici da adottarsi per la mitigazione dei danni sono definiti all'art. 27-E18 del Regolamento edilizio. In tali aree, se comprese nel territorio extraurbano, devono essere osservate altresì le prescrizioni di cui all'art. 30, comma 5 delle norme del PTM riferite agli ambiti del reticolo idrografico principale di pianura (RP) del PGRA.

ALVEI ATTIVI E INVASI DEI BACINI IDRICI

Definizione e finalità di tutela: Gli alvei attivi sono gli spazi normalmente occupati da masse d'acqua in quiete o in movimento, comprensivi delle superfici che li delimitano, del volume di terreno che circonda tali spazi e che interagisce meccanicamente o idraulicamente con le

masse d'acqua contenute in essi e di ogni elemento che partecipa alla determinazione del regime idraulico delle masse d'acqua medesime, con riferimento a eventi di pioggia con tempi di ritorno di 5-10 anni. Gli alvei attivi sono destinati al libero deflusso delle acque e alle opere di regimazione idraulica e di difesa del suolo

Modalità di tutela: Fatte salve le limitazioni di cui all'art. 96, comma primo, lettera f) del R.D. n. 523 del 25 luglio 1904 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie", che vieta sulle *"acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese"*, la realizzazione di *"piantagioni di alberi e siepi le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi"*, in queste aree valgono le norme di cui all'art. 18 del Ptp, all'art. 15 del PSAI e le corrispondenti norme degli altri Piani Stralcio nonché le prescrizioni stabilite ai commi 3, 4, 5, 6, 7, 8 dell'art. 4.2 del Ptcp Allegato B del PTM.

#### FASCE DI PERTINENZA FLUVIALE

Definizione e finalità di tutela: Le fasce di pertinenza sono definite come aree latitanti i corsi d'acqua che, anche in relazione alle condizioni di connessione idrologica dei terrazzi, possono concorrere alla riduzione dei rischi di inquinamento dei corsi d'acqua e/o di innesco di fenomeni di instabilità dei versanti, al deflusso delle acque sotterranee; comprendono inoltre le aree all'interno delle quali si possono realizzare interventi finalizzati a ridurre l'artificialità del corso d'acqua. La finalità primaria delle fasce di pertinenza fluviale è quella di mantenere, recuperare e valorizzare le funzioni idrogeologiche degli ambienti fluviali.

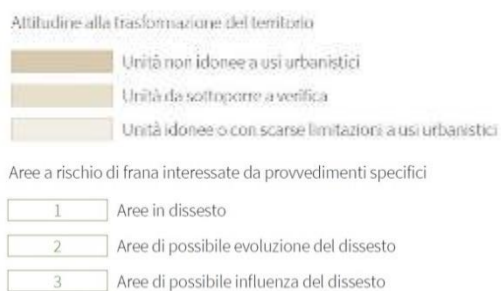
Modalità di tutela: Fatte salve le limitazioni di cui all'art. 96, comma primo, lettera f) del R.D. n. 523 del 25 luglio 1904 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie", in queste aree valgono le norme di cui all'art. 18 del PSAI e le corrispondenti norme degli altri Piani Stralcio. La realizzazione di chioschi e attrezzature eventualmente ammesse è sottoposta al parere vincolante dell'Autorità idraulica competente.

### 3.8.2.2 Tutele – Stabilità dei versanti

Si riporta di seguito stralcio cartografico della tavola “Tutele – Stabilità dei Versanti” che si compone dei seguenti tematismi: Attitudini alle trasformazioni edilizio-urbanistiche del PSAI; Aree a rischio da frana interessate da provvedimenti specifici; Vincolo idrogeologico.



Figura 3-19 – Stralcio PUG -Tutele – Stabilità dei Versanti (in giallo l'area di interesse)



- ☐ 4 Aree da sottoporre a verifica
- ☐ 5 Aree di influenza sull'evoluzione del dissesto
- ☐ Vincolo idrogeologico

Il tracciato della linea in oggetto non intercetta alcuno dei tematismi sopra indicati.

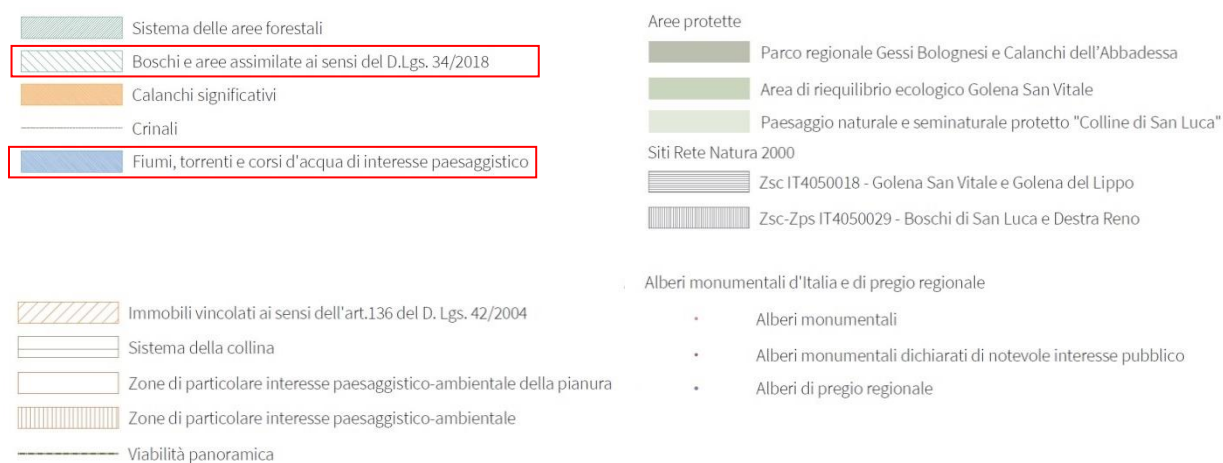
### 3.8.2.3 Tutele – Elementi naturali e paesaggistici

Si riporta di seguito stralcio cartografico della tavola “Tutele – Elementi naturali e paesaggistici” che si compone dei seguenti tematismi:

- Sistema delle aree forestali;
- Boschi e aree assimilate ai sensi del D. Lgs. 34/2018;
- Calanchi significativi;
- Crinali;
- Fiumi, Torrenti e Corsi d’acqua di interesse paesaggistico;
- Aree Protette;
- Siti Rete Natura 2000;
- Immobili Vincolati ai sensi dell’art. 136 del D. Lgs. 42/2004;
- Sistema della collina;
- Zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale della pianura;
- Zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale;
- Viabilità panoramica;
- Alberi Monumentali d’Italia e di pregio regionale



Figura 3-20 – Stralcio PUG -Tutele – Elementi naturali e paesaggistici (in giallo l'area di interesse)



Il tracciato interseca lo strato cartografico riferito a Fiumi, torrenti e corsi d'acqua di interesse paesaggistico: I corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con Regio Decreto n. 1775 del 11 dicembre 1933 e le relative sponde o piedi degli argini, entro una fascia di 150 metri ciascuna, sono soggetti alle

forme di tutela. Il Provvedimento istitutivo di tutela è dato dal Decreto legislativo n. 42 del 22 gennaio 2004 “Codice dei beni culturali e del paesaggio” (art. 142, comma 1, lettera c). Questi beni di interesse paesaggistico non possono essere distrutti né essere oggetto di modificazioni che rechino pregiudizio ai valori protetti. Sono sottoposti al procedimento autorizzativo previsto dall'art. 146 del D. Lgs. 42/2004.

L'intera area comunale è interessata dal tematismo “Boschi e aree assimilate ai sensi del D. Lgs. 34/2018”. I boschi sono i terreni coperti da vegetazione forestale arborea associata o meno a quella arbustiva di origine naturale o artificiale, in qualsiasi stadio di sviluppo ed evoluzione con estensione non inferiore a 2.000 mq, larghezza media non inferiore a 20 m e copertura arborea forestale maggiore del 20%. La definizione completa delle aree forestali è contenuta negli articoli 3 e 4 del D. Lgs. 34/2018. La tutela deriva dal riconoscimento del patrimonio forestale nazionale come parte del capitale naturale nazionale e come bene di rilevante interesse pubblico da tutelare e valorizzare per la stabilità e il benessere delle generazioni presenti e future. Inoltre, i territori coperti da foreste e da boschi sono beni di interesse paesaggistico, e in quanto tali tutelati.

La tutela si applica ad ogni superficie corrispondente alle caratteristiche individuate dal D. Lgs. 34/2018. Gli interventi ammessi sono quelli disciplinati dal D. Lgs. 34/2018 e, per le attività di gestione forestale, dal Regolamento forestale regionale approvato con decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 122 del 30 luglio 2018. Le trasformazioni del bosco sono sottoposte al procedimento autorizzativo previsto dall'art. 146 del D. Lgs. 42/2004 – ad eccezione degli interventi di cui all'Allegato A del Dpr n. 31 del 13 febbraio 2017 “Regolamento recante individuazione degli interventi esclusi dall'autorizzazione paesaggistica o sottoposti a procedura autorizzatoria semplificata” e dal D. Lgs. 34/2018.

#### 3.8.2.4 Tutele – Testimonianze storiche e archeologiche

Di seguito si riporta stralcio della “Tutele – Testimonianze storiche e archeologiche” che si compone dei seguenti tematismi:

- Aree di accertata e rilevante consistenza archeologica;
- Aree di concentrazione di materiali archeologici e fascia di rispetto archeologico della Via Emilia;
- Zone ad alta potenzialità archeologica;
- Zone a media potenzialità archeologica;
- Zone a bassa potenzialità archeologica;
- Zone di tutela della struttura centuriata;
- Edifici di interesse;
- Beni culturali;
- Sistema storico delle acque derivate;
- Viabilità storica.

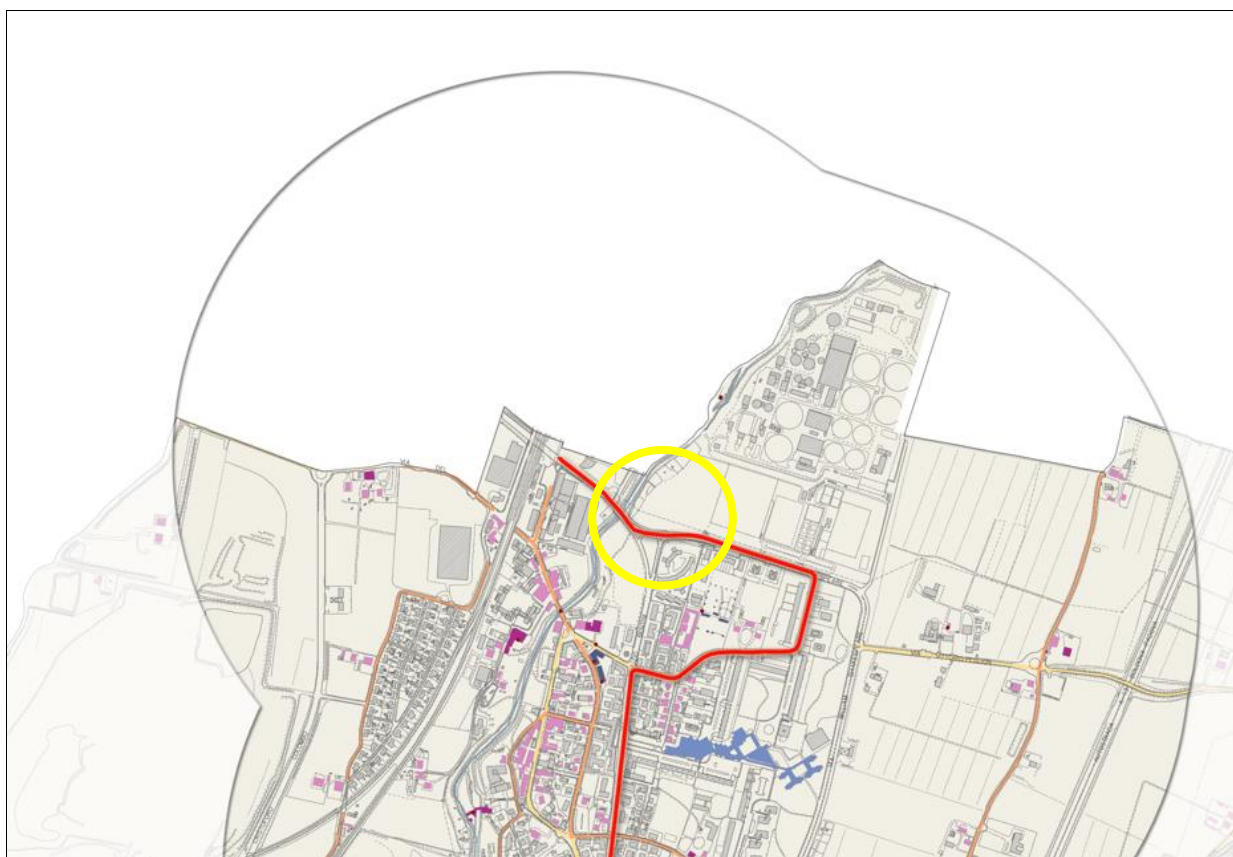


Figura 3-21 – Stralcio PUG - Tutele – Testimonianze Storiche e Archeologiche (in giallo l'area di interesse)



Il tracciato dell'infrastruttura in esame intercetta i seguenti elementi da tutelare:

**ZONE A BASSA POTENZIALITÀ ARCHEOLOGICA:**

Definizione e finalità di tutela: sono le aree caratterizzate da una rarefazione e da una scarsa stratificazione delle presenze archeologiche.

Il provvedimento istitutivo di tutela è stabilito dal PSC confermato dal PUG.

Modalità di tutela: Ogni intervento che presuppone attività di scavo e/o movimentazione del terreno è subordinato all'ottenimento del parere preventivo della competente Soprintendenza in relazione a quanto previsto dall'art. 22 del Regolamento edilizio (punto 1.6), in particolare: "Ogni intervento, situato in aree a potenzialità archeologica individuate nella Tavola dei Vincoli, che comporti scavi e/o movimentazione del terreno (comprese le attività di bonifica da ordigni bellici) è subordinata all'ottenimento del parere preventivo della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio, secondo le modalità previste dal punto c.1.2 e art. 2. Restano esclusi dalle

presenti disposizioni e pertanto non dovrà essere preventivamente acquisito il parere della Soprintendenza, i seguenti interventi:

- a) che comportino scavi con profondità inferiore o pari a 3 m situati in area a bassa potenzialità archeologica;
- b) manutenzione su impianti esistenti, che agiscano nell'area di sedime degli impianti stessi (per es. sostituzione di condutture già esistenti per servizi pubblici);
- c) manutenzione ordinaria e/o straordinaria attuati per l'efficienza di impianti a servizio di edifici, immobili e infrastrutture esistenti che non comportino nuovi scavi;
- d) interventi all'interno del territorio urbanizzato, con l'eccezione degli ampliamenti che comportino nuovi scavi.

#### SISTEMA STORICO DELLE ACQUE DERIVATE:

Definizione e finalità di tutela: è costituito dai corsi d'acqua artificiali ancora presenti nel territorio, dai relativi manufatti idraulici (chiuse, mulini, condotte, ecc.) e dai ponti, pedonali e carrabili, che li attraversano. Finalità della tutela è la conservazione di questi elementi, che sarà accompagnata da azioni volte a renderli riconoscibili e fruibili.

Il provvedimento istitutivo di tutela è stabilito dal PTPR (artt. 20 e 24) approvato con delibera di Consiglio regionale n. 1338 del 28 gennaio 1993 e sue successive varianti; Piano territoriale di coordinamento provinciale (art. 8.5) parte integrante e sostanziale del Piano Territoriale Metropolitano approvato con delibera del Consiglio metropolitano n. 16 del 12 maggio 2021.

Modalità di tutela: I corsi d'acqua artificiali di superficie non possono essere tombati, i tracciati, sia superficiali, sia sotterranei, non possono essere deviati o modificati. I ponti e i manufatti idraulici che appartengono al sistema storico delle acque derivate e che presentano caratteri storici ancora leggibili non possono essere distrutti, ma devono essere conservati e restaurati.

#### VIABILITÀ STORICA:

Definizione e finalità di tutela: Sono le strade (nonché le piazze e gli altri spazi pubblici ed elementi di pertinenza) che mantengono caratteri storici ancora leggibili. Il tracciato di queste strade coincide con quello rilevato in occasione della formazione del "Catasto terreni" del 1931. Si distinguono le strade comprese all'interno del perimetro degli Ambiti storici, tutte soggette a

tutela, da quelle all'esterno dei medesimi Ambiti, solo in parte soggette a tutela. La finalità della tutela è di conservare la memoria del ruolo strutturante di questi manufatti nell'organizzazione del territorio.

Il provvedimento istitutivo di tutela è stabilito dal PTPR (art. 24) approvato con delibera di Consiglio regionale n. 1338 del 28 gennaio 1993 e sue successive varianti; Piano territoriale di coordinamento provinciale (art. 8.5) parte integrante e sostanziale del Piano Territoriale Metropolitano approvato con delibera del Consiglio metropolitano n. 16 del 12 maggio 2021.

Modalità di tutela: La viabilità storica è tutelata ai sensi dell'art. 10, comma 4, lettera g del D. Lgs. 42/2004 qualora abbia carattere urbano, ovvero quando risulti inclusa nel perimetro degli Ambiti storici. La sede della viabilità storica non può essere soppressa né privatizzata o comunque alienata o chiusa salvo che per motivi di sicurezza e di pubblica incolumità. Devono essere salvaguardati gli elementi di pertinenza stradale (come pilastri, edicole e simili). È da preferire in ogni caso il mantenimento dei toponimi storici, se ancora utilizzati. La dotazione vegetazionale ai bordi delle strade è da salvaguardare, potenziare e/o ripristinare, anche ai fini del raccordo naturalistico della rete ecologica. La viabilità storica è soggetta a differenti tipologie di tutela che dipendono dalla sua utilizzazione attuale. La viabilità storica di tipo I è quella che continua a svolgere significative funzioni di supporto al traffico automobilistico; eventuali trasformazioni su questa viabilità devono permettere il mantenimento della percezione del tracciato storico e degli elementi di pertinenza, che possono eventualmente trovare una differente collocazione, che ne mantenga la leggibilità come parte dell'assetto storico della strada. La viabilità storica di tipo II è quella in cui il valore storico-testimoniale prevale comunque sulle caratteristiche funzionali; gli eventuali interventi devono conservare o ripristinare l'assetto storico, per quanto riguarda il tracciato, la sistemazione delle pertinenze, l'utilizzazione di materiali per la pavimentazione e il fondo stradale, evitando allargamenti e modifiche degli andamenti altimetrici delle sezioni stradali e degli sviluppi longitudinali. Le strade locali che non risultino asfaltate devono di norma rimanere tali.

Per quanto riguarda l'analisi degli impatti e la loro risoluzione, si rimanda alla specifica Relazione di Valutazione dell'Impatto Archeologico.

### 3.8.2.5 Tutele – Rischio sismico

Di seguito si riporta stralcio della tavola “Tutele – Rischio sismico” che si compone dei seguenti tematismi:

- Microzone omogenee in prospettiva sismica;
- Aree suscettibili degli effetti locali del PTM;
- Condizioni limite di emergenza.

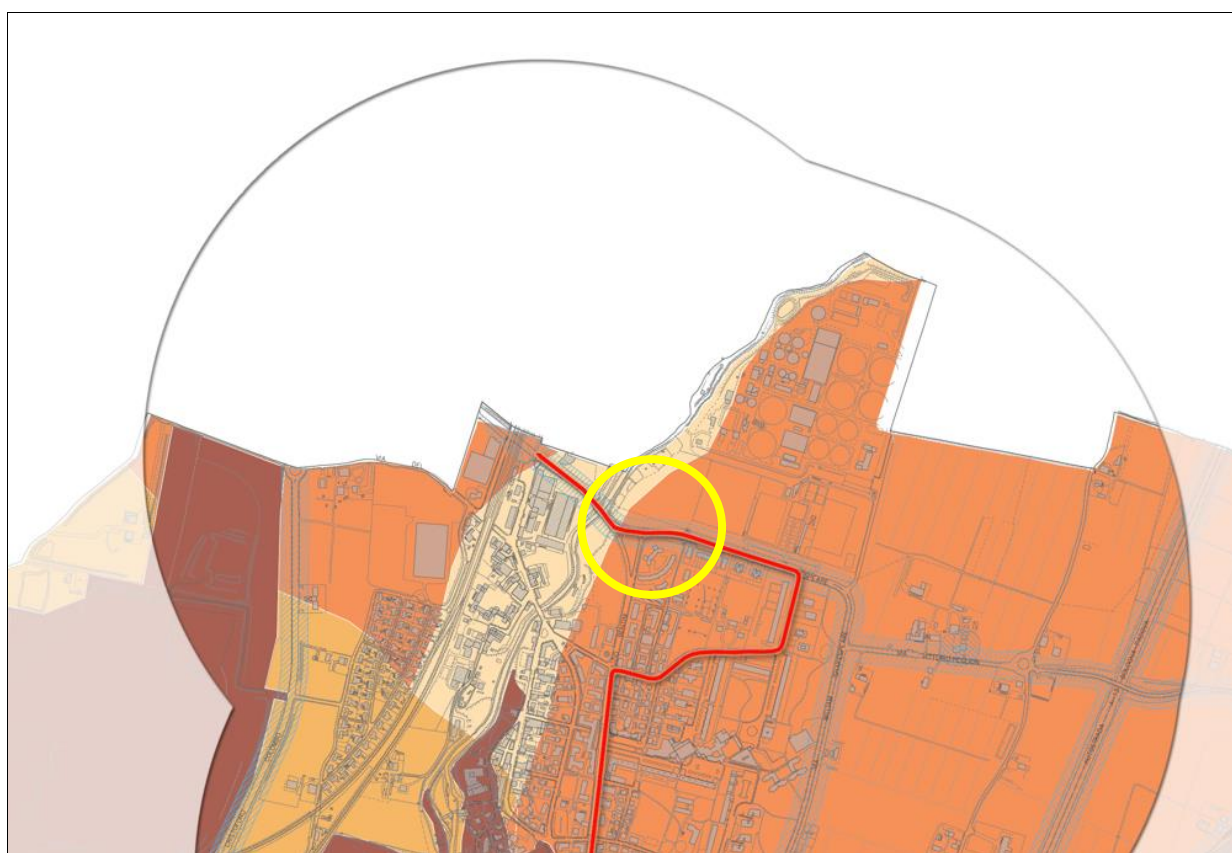
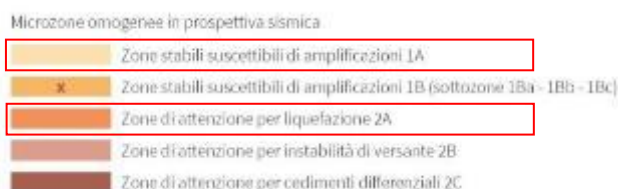
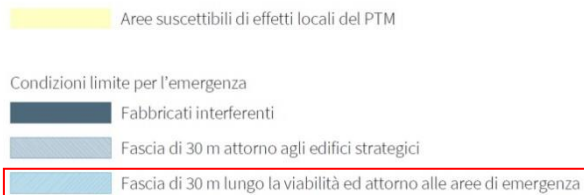


Figura 3-22 – Stralcio PUG - Tutele – Rischio sismico (in giallo l'area di interesse)





Il tracciato dell'infrastruttura in esame intercetta i seguenti elementi da tutelare:

**MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA:**

Definizione e finalità di tutela: Il Piano fornisce lo studio di microzonazione sismica di II livello al fine di concorrere alla riduzione del rischio sismico attraverso analisi di pericolosità ed orientare le scelte localizzative, le trasformazioni urbane e la realizzazione delle opere verso scenari di prevenzione e mitigazione del rischio sismico così come specificato nella DGR 630/2019. La microzonazione è la suddivisione del territorio in zone a diversa pericolosità sismica locale. Lo studio individua aree dove in occasione di terremoti possono verificarsi effetti locali e stima quantitativamente la risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine. Lo studio costituisce supporto alla progettazione ad integrazione delle verifiche comunque richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti e dalla relativa Circolare esplicativa. Lo studio di microzonazione sismica di II livello fornisce le "microzone omogenee in prospettiva sismica" articolate in:

- 1A - zone stabili suscettibili di amplificazioni;
- 1B - zone stabili suscettibili di amplificazioni (sottozone 1Ba, 1Bb, 1Bc);
- 2A - zone di attenzione per liquefazione;
- 2B - zone di attenzione per instabilità di versante;
- 2C - zone di attenzione per cedimenti differenziali.

Il provvedimento istitutivo di tutela è dato dal Piano Urbanistico Generale

Modalità di tutela: Per gli interventi urbanistici sono richiesti i seguenti livelli di approfondimento:

- nelle zone stabili 1A (caratterizzate da contrasti di impedenza moderati o non significativi nei primi 30 metri), si ritiene sufficiente lo studio di MS di livello 2 contenuto nel Quadro Conoscitivo del PUG e relativi approfondimenti;

- nelle zone di attenzione per liquefazione 2A, si richiedono approfondimenti della MS di livello 3 (Dgr 630/2019). Dovranno essere eseguite opportune indagini geognostiche/geofisiche e dovrà essere verificata la reale presenza di condizioni predisponenti la liquefazione e/o la densificazione (stima del potenziale di liquefazione/densificazione e dei cedimenti attesi).

Gli interventi di qualificazione edilizia trasformativa devono contenere i seguenti livelli di approfondimento in sede di presentazione del progetto esecutivo delle strutture (gli approfondimenti sono necessari in caso di interventi di miglioramento, adeguamento sismico e nuova costruzione come definiti dalle Norme Tecniche per le costruzioni, ad esclusione di quelli riguardanti opere in “classe d’uso 1”), anche in caso in cui tali interventi siano già ricompresi in procedimenti di trasformazione urbanistica:

- nelle zone stabili 1A, riferimento diretto a Norme Tecniche per le Costruzioni;
- nelle zone di attenzione per liquefazione 2A, è necessario accertare con opportune indagini geognostiche/geofisiche e con analisi numerica di risposta sismica locale l'effettiva presenza di condizioni predisponenti la liquefazione e/o la densificazione. Si dovranno stimare il potenziale di liquefazione/densificazione e i cedimenti attesi in funzione delle caratteristiche dei manufatti di progetto. La relazione geologica deve fornire una adeguata valutazione sull'ammissibilità del progetto in funzione del rischio

CONDIZIONI LIMITE PER L'EMERGENZA:

Definizione e finalità di tutela: Il Piano fornisce l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) in caso di sisma, basata sui contenuti del vigente Piano Generale di Protezione Civile comunale (2016) e conforme agli standard indicati dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica CTMS (versione 3.0). La CLE individua il sistema di gestione per l'emergenza composto da “funzioni strategiche” (in “edifici strategici” e “aree di emergenza”), i relativi assi di accessibilità/connessione e le unità/aggregati strutturali interferenti con tale viabilità e/o aree di emergenza.

Il provvedimento istitutivo della tutela è costituito dal Piano Urbanistico Generale.

Modalità di tutela: *Condizioni per gli interventi urbanistici* - gli interventi di trasformazione urbanistica devono dimostrare di non incrementare le condizioni di interferenza su Edifici

Strategici, su Aree di Emergenza e sulla viabilità di connessione o di accesso al fine di garantire e migliorare l'accessibilità alle funzioni strategiche e quindi l'efficienza del sistema di gestione dell'emergenza. Gli interventi di trasformazione urbanistica che riguardano fabbricati individuati come interferenti dagli elaborati della CLE devono tendere alla riduzione/eliminazione delle condizioni di interferenza.

*Condizioni per gli interventi edilizi* - per i fabbricati o aggregati che ricadono nella condizione  $H > L$ , oppure per le aree  $H > d$ , cioè l'altezza (H) risulta maggiore della distanza tra l'aggregato e il limite opposto della strada (L) oppure rispetto al limite più vicino dell'area (d), gli interventi edilizi sui fabbricati esistenti e gli interventi di nuova costruzione non dovranno incrementare e/o causare (nel caso di edifici nuovi) condizioni di interferenza su Edifici Strategici, su Aree di Emergenza e sulla viabilità di connessione o di accesso. Sui fabbricati individuati come interferenti dagli elaborati della CLE, gli interventi edilizi dovranno tendere alla riduzione/eliminazione della condizione di interferenza.

### 3.8.2.6 Tutele – PTM - Ecosistemi naturali e limitazioni per gli interventi all'esterno del territorio urbanizzato

Di seguito si riporta stralcio della tavola "Tutele – PTM - Ecosistemi naturali e limitazioni per gli interventi all'esterno del Territorio urbanizzato" che si compone dei seguenti tematismi:

- Ecosistema delle acque correnti
- Ecosistema delle acque ferme
- Ecosistema forestale
- Ecosistema arbustivo
- Ecosistema calanchivo
- Limitazioni per gli interventi all'esterno del Territorio Urbanizzato
- Aree montano-collinari intravallive
- Principali complessi architettonici storici non urbani

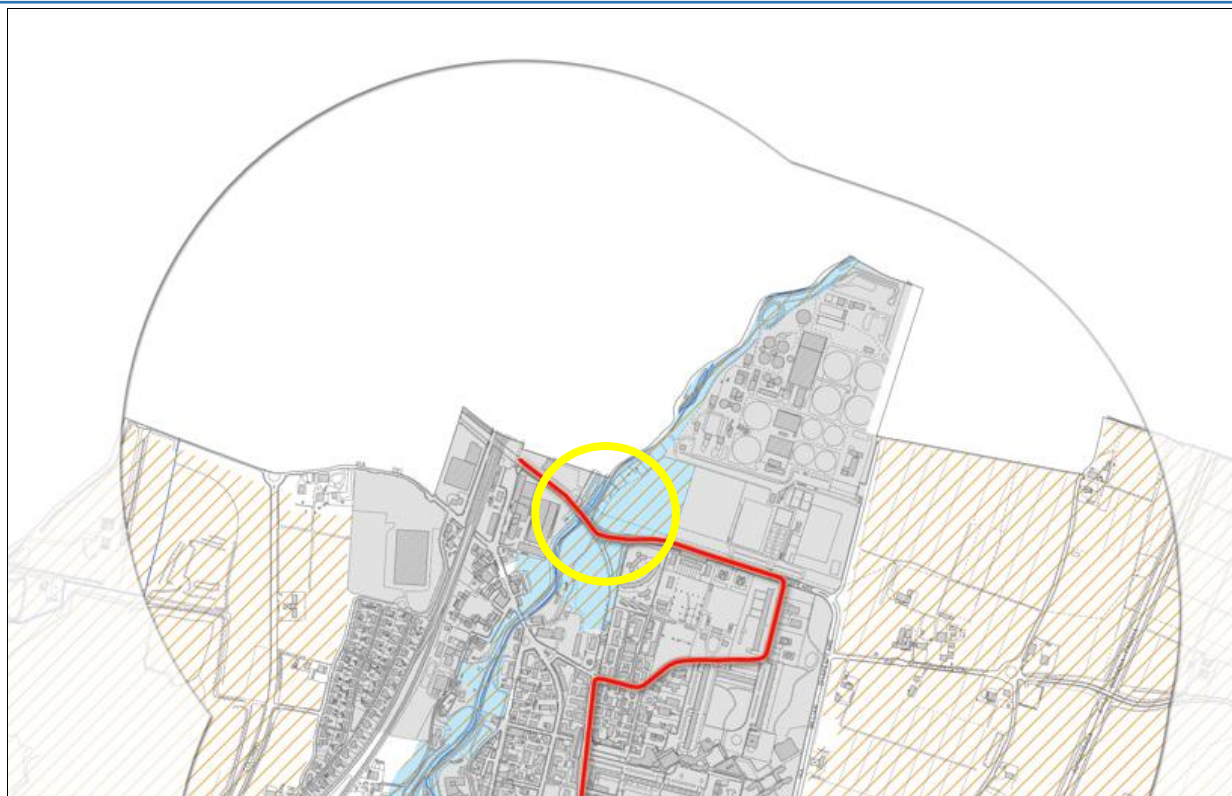
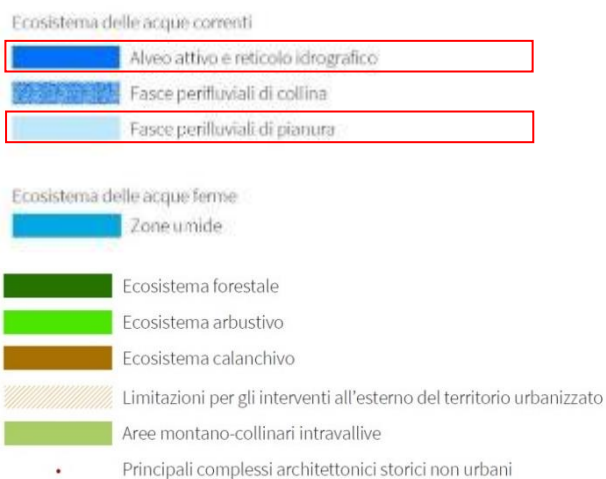


Figura 3-23 – Stralcio PUG -Tutele – PTM - Ecosistemi naturali e limitazioni per gli interventi all'esterno del Territorio urbanizzato (in giallo l'area di interesse)



#### ECOSISTEMA DELLE ACQUE CORRENTI:

Definizione e finalità di tutela: L'ecosistema delle acque correnti è costituito dai corsi d'acqua naturali e dal sistema dei canali di bonifica ad essi interconnesso e comprende il complesso delle aree nelle quali si esplica la funzionalità idraulica sia in superficie sia in profondità. Gli obiettivi

preordinati ad assicurare al territorio i servizi ecosistemici essenziali che il PTM assume sono il mantenimento e raggiungimento dello stato ambientale di “buono” dei corpi idrici superficiali e sotterranei, il mantenimento e ripristino dei caratteri di biodiversità e paesaggistici dell’ecosistema nonché costituzione/ripristino di reti ecologiche nell’area della pianura e la riduzione del rischio idraulico e salvaguardia della funzionalità idraulica anche in relazione agli effetti dei cambiamenti climatici. L’ecosistema delle acque correnti è articolato nelle singole componenti di seguito indicate:

- alveo attivo e reticolo idrografico;
- fasce perfluviali di collina;
- fasce perfluviali di pianura.

Il provvedimento istitutivo di tutela è rappresentato dal Piano Territoriale Metropolitano approvato con delibera del Consiglio metropolitano n. 16 del 12 maggio 2021.

Modalità di tutela: All’interno dell’alveo attivo valgono le prescrizioni di cui all’art. 20 delle norme del PTM *“Nel rispetto delle previsioni del PTPR, dei piani di bacino vigenti e delle misure di prevenzione del PGRA, in conformità al regime delle competenze del PTM di cui all’art. 41 della legge regionale Emilia-Romagna n. 24/2017 in relazione alla disciplina delle nuove urbanizzazioni e del territorio rurale, non sono ammesse negli alvei attivi di cui al precedente comma 1 nuove urbanizzazioni di cui al successivo art. 50.”*>>. All’interno delle fasce perfluviali di collina valgono le prescrizioni di cui all’art. 21 delle norme del PTM. All’interno delle fasce perfluviali di pianura valgono le prescrizioni di cui all’art. 22 delle norme del PTM *“Fermo restando quanto stabilito dalle previsioni del PTPR e del PSAI e in conformità al regime delle competenze del PTM di cui all’art. 41 della legge regionale Emilia-Romagna n. 24/2017 in relazione alla disciplina delle nuove urbanizzazioni e del territorio rurale, nelle fasce perfluviali di pianura non sono ammesse nuove urbanizzazioni di cui all’art. 50.”*. All’ecosistema delle acque correnti si applica inoltre quanto definito dall’Allegato 1 al PTM - Linee guida “Pianificazione per ecosistemi”.

#### 3.8.2.7 Vincoli – Infrastrutture, suolo e servitù

Di seguito si riporta stralcio della tavola “Vincoli – Infrastrutture, Suolo e Servitù” che si compone dei seguenti tematismi:

- Ferrovie
- Tranvia
- Strade
- Gasdotti
- Depuratore
- Cimiteri
- Aree a rischio di incidente rilevante
- Aree percorse da incendi
- Siti oggetto di procedimento di bonifica
- Servitù militari

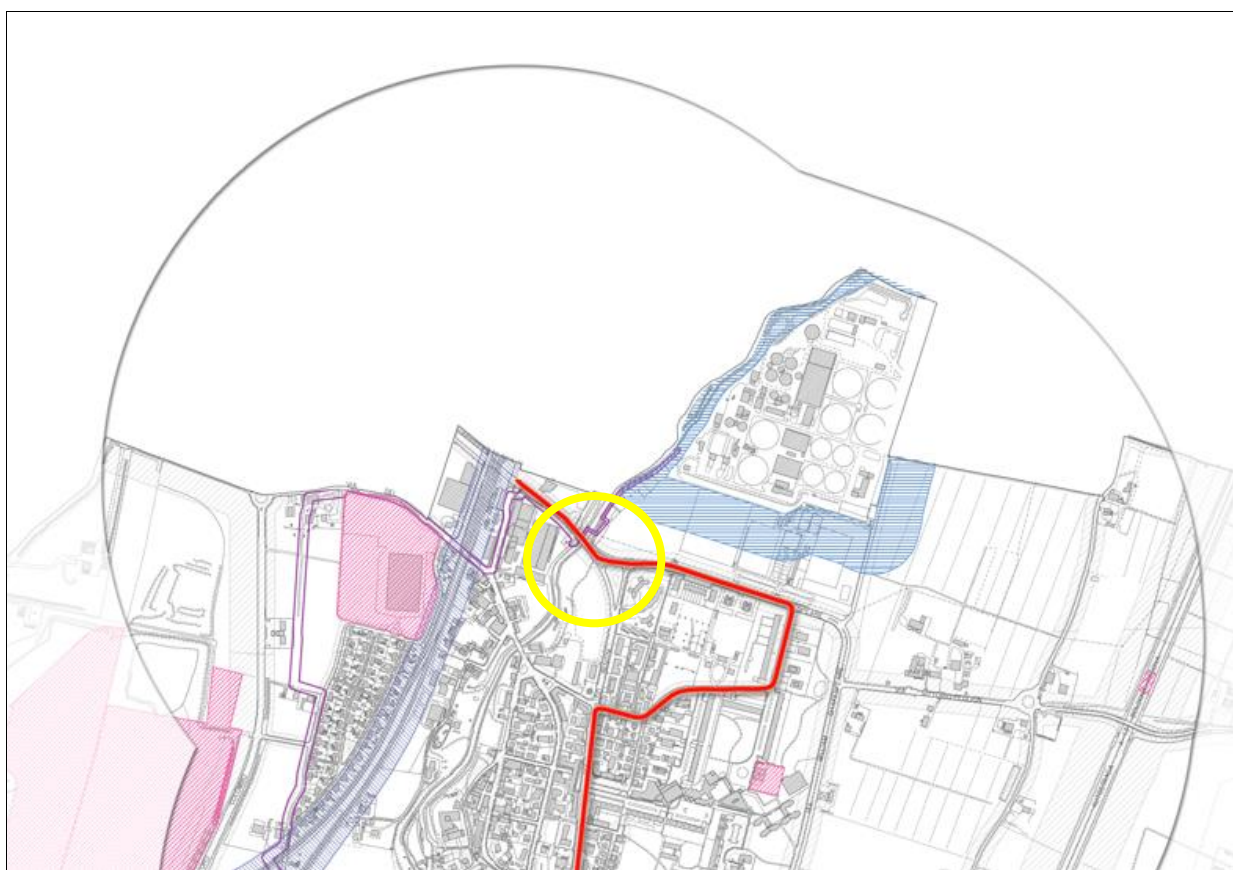








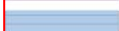
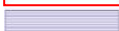







Figura 3-24 – Stralcio PUG -Vincoli – Infrastrutture, Suolo e Servitù (in giallo l'area di interesse)

Aree a rischio di incidente rilevante		Servizi militari	
	Ferrovie		Fascia del dominio ai 20mt
	Tranvia		Fascia del dominio ai 100mt
	Strade		Fascia del dominio ai 200mt
	Gasdotti		Fascia del dominio ai 500mt
	Depuratore		
	Cimiteri		
	Zona di sicuro impatto - soglia di elevata letalità LFL		
	Zona di danno - soglia di inizio letalità 1/2 LFL		
	Zona di attenzione - soglia delle lesioni reversibili		
	Aree percorse da incendi		
	Siti oggetto di procedimento di bonifica		

## GASDOTTI

Definizione e finalità del vincolo: La presenza dei gasdotti genera una zona di rispetto di dimensione variabile a seconda della pressione massima di esercizio, del diametro della condotta e della natura del terreno così come indicato nella tabella 2 del Dm 17 aprile 2008, al fine di garantire la sicurezza dell'infrastruttura e di prevenire i danni causati da incendi ed esplosioni. La posizione della rete deve essere considerata indicativa e l'esatta localizzazione sul territorio dei metanodotti potrà essere individuata puntualmente dal gestore.

Di seguito si riportano i riferimenti normativi: Dm 24 novembre 1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8); Dm 16 aprile 2008 "Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e dei sistemi di distribuzione e di linee dirette del gas naturale con densità non superiore a 0,8"; Dm 17 aprile 2008, "Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8"; Dm 3 febbraio 2016 "Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio dei depositi di gas naturale con densità non superiore a 0,8 e dei depositi di biogas, anche se di densità superiore a 0,8".

Limitazioni: All'interno della fascia di rispetto valgono le limitazioni stabilite ai paragrafi 2.5.1, 2.5.2, 2.5.3 dell'Allegato A al Dm 17 aprile 2008. Esse si riferiscono alle distanze di sicurezza dalle condotte rispettivamente per i fabbricati, per i nuclei abitati e nei confronti dei luoghi di concentrazione di persone. Per interventi in prossimità di tali infrastrutture è comunque opportuno prendere contatti con il gestore della rete per individuare eventuali interferenze e concordare i conseguenti interventi.

### 3.8.2.8 Vincoli – Infrastrutture per la navigazione aerea/1

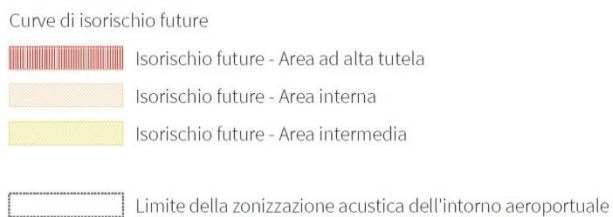
Di seguito si riporta stralcio della tavola “Vincoli – Infrastrutture per la navigazione aerea/1” che si compone dei seguenti tematismi:

- Zone di Tutela;
- Curve di Isorischio future;
- Limite della zonizzazione acustica dell’intorno aeroportuale.



Figura 3-25 – Stralcio PUG - Vincoli – Infrastrutture per la navigazione Aerea/1 (in giallo l’area di interesse)





Il tracciato non interferisce con alcuno dei tematismi sopra riportati.

### 3.8.2.9 Vincoli – Infrastrutture per la navigazione aerea/2

Di seguito si riporta stralcio della tavola “Vincoli – Infrastrutture per la navigazione aerea/2” che si compone dei seguenti tematismi:

- Superfici di delimitazione degli ostacoli
- Ostacoli alla navigazione aerea
- Pericoli per la navigazione aerea

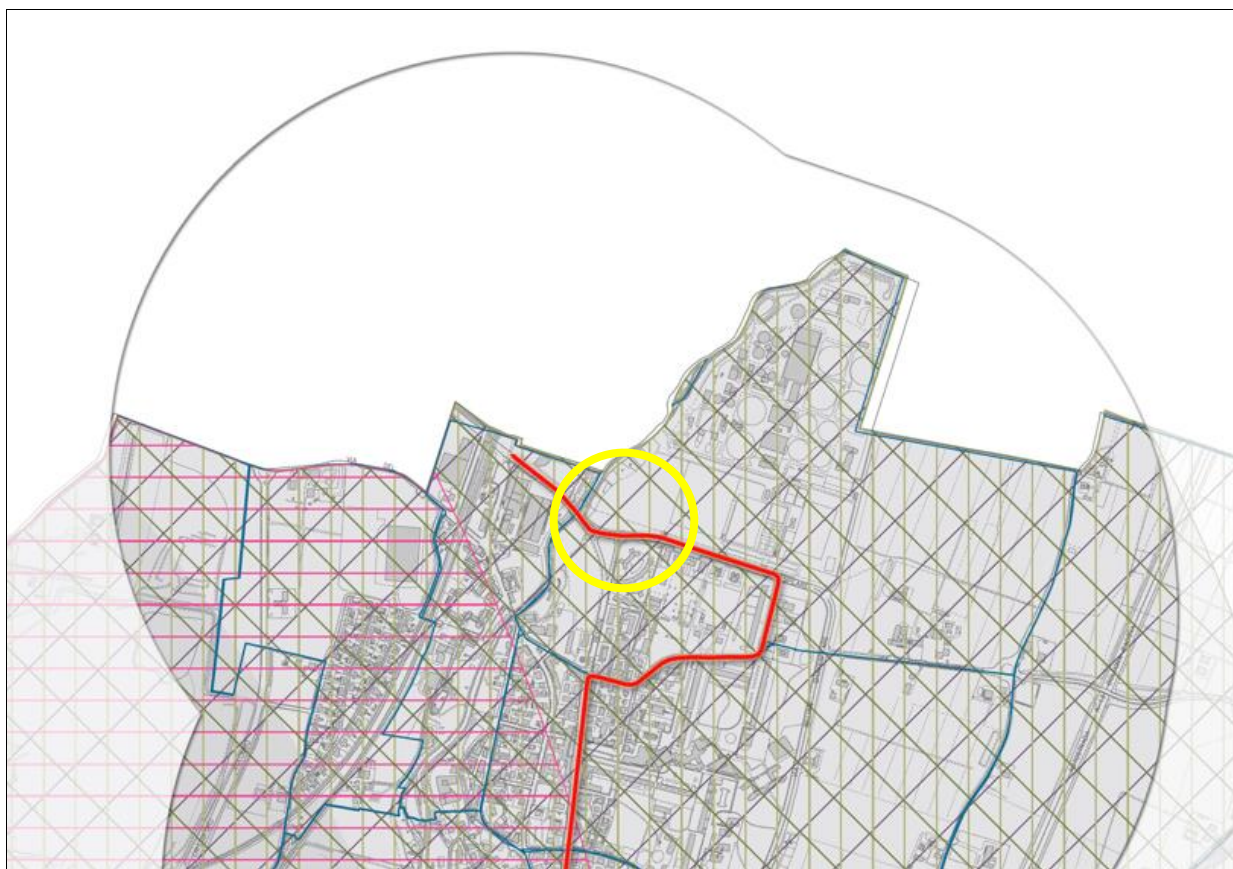
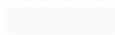


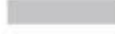
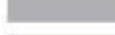

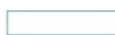




Figura 3-26 – Stralcio PUG - Vincoli – Infrastrutture per la navigazione Aerea/2 (in giallo l'area di interesse)


#### Superfici di delimitazione degli ostacoli

	Superficie orizzontale esterna - Quota = 181,67mt
	Superficie conica - Pendenza 1:20
	Superficie orizzontale interna - Quota = 81,67mt
	Superficie di avvicinamento - Pendenza 1:50; Pendenza 1:40; Quota = 186,67mt
	Pista di salita al decollo - Pendenza 1:50
	Superficie di transizione - Pendenza 1:7

#### Ostacoli alla navigazione aerea

	Aree interessate da superfici di delimitazione degli ostacoli a quota variabile (Allegato A)
	Aree interessate da superfici di delimitazione degli ostacoli orizzontali (Allegato B)
	Aree interessate da superfici di delimitazione degli ostacoli che forano il terreno naturale (Allegato C)

#### Pericoli per la navigazione aerea

	Tipologia 1 (Tav. PC01A)
	Tipologia 2 (Tav. PC01A)
	Tipologia 3 - Limiti sorgenti laser proiettori (Tav. PC01B)

Il tracciato interferisce con i seguenti tematismi.

#### SUPERFICI DI DELIMITAZIONE DEGLI OSTACOLI

Definizione e finalità del vincolo: L'Ente nazionale per l'aviazione civile (Enac) in materia di sicurezza aeronautica, costruzione gestione degli aeroporti ha definito una serie di superfici che non devono essere "forate" dagli ostacoli. Tali superfici sono piani orizzontali o inclinati che si estendono nello spazio circostante il sedime aeroportuale e hanno il compito di determinare zone in cui un eventuale ostacolo di altezza superiore causerebbe interferenza al regolare svolgimento delle manovre di decollo e atterraggio o circuitazione di aeromobili.

Il riferimento normativo è dato dal Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti, Edizione 2, Emendamento 8 del 27 dicembre 2011, Capitolo 4.

Limitazioni: All'interno delle aree valgono le limitazioni stabilite nell'elaborato "Mappe di vincolo. Limitazioni relative agli ostacoli e ai pericoli alla navigazione aerea - Relazione Tecnica".

#### OSTACOLI PER LA NAVIGAZIONE AEREA

Definizione e finalità del vincolo: L'Ente nazionale per l'aviazione civile (Enac) in materia di sicurezza aeronautica, costruzione gestione degli aeroporti ha individuato le zone da sottoporre a vincoli e le relative limitazioni necessarie per evitare la costituzione di ostacoli alla navigazione

aerea. Le limitazioni in altezza o di quota in sommità delle nuove costruzioni o delle estensioni di quelle esistenti sono determinate da Enac in applicazione del Capitolo 4 del Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti e sono distinte in: aree interessate da superfici di delimitazione degli ostacoli a quota variabile; aree interessate da superfici di delimitazione degli ostacoli orizzontali; aree interessate da superfici di delimitazione degli ostacoli che forano il terreno naturale.

Il riferimento normativo è dato dal R.D. n. 327 del 30 marzo 1942 "Codice della navigazione", titolo III del libro I della parte II, "Della navigazione aerea", come modificato con D. Lgs. n. 96 del 9 maggio 2005 e con D. Lgs. n. 151 del 15 marzo 2006.

Limitazioni: All'interno delle aree valgono le limitazioni stabilite nell'elaborato "Mappe di vincolo. Limitazioni relative agli ostacoli e ai pericoli alla navigazione aerea - Relazione Tecnica" e relativo Allegato.

#### OSTACOLI PER LA NAVIGAZIONE AEREA

Definizione e finalità del vincolo: L'Ente nazionale per l'aviazione civile (Enac) in materia di sicurezza aeronautica, costruzione gestione degli aeroporti ha individuato le zone da sottoporre a vincoli e le relative limitazioni necessarie per evitare la costituzione di ostacoli alla navigazione aerea. Le limitazioni in altezza o di quota in sommità delle nuove costruzioni o delle estensioni di quelle esistenti sono determinate da Enac in applicazione del Capitolo 4 del Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti e sono distinte in: aree interessate da superfici di delimitazione degli ostacoli a quota variabile; aree interessate da superfici di delimitazione degli ostacoli orizzontali; aree interessate da superfici di delimitazione degli ostacoli che forano il terreno naturale.

Il riferimento normativo è dato dal R.D. n. 327 del 30 marzo 1942 "Codice della navigazione", titolo III del libro I della parte II, "Della navigazione aerea", come modificato con D. Lgs. n. 96 del 9 maggio 2005 e con D. Lgs. n. 151 del 15 marzo 2006.

Limitazioni: All'interno delle aree valgono le limitazioni stabilite nell'elaborato "Mappe di vincolo. Limitazioni relative agli ostacoli e ai pericoli alla navigazione aerea - Relazione Tecnica" e relativo Allegato.

### 3.8.2.10 Vincoli – Elettromagnetismo

Di seguito si riporta stralcio della tavola “Vincoli – Elettromagnetismo” che si compone dei seguenti tematismi:

- Elettrodotti ad alta e media tensione;
- Cabine di trasformazione primarie (AT/MT) e secondarie (MT/BT);
- Emittenza radiotelevisiva;
- Aree con divieto di localizzazione di impianti fissi di telefonia mobile.

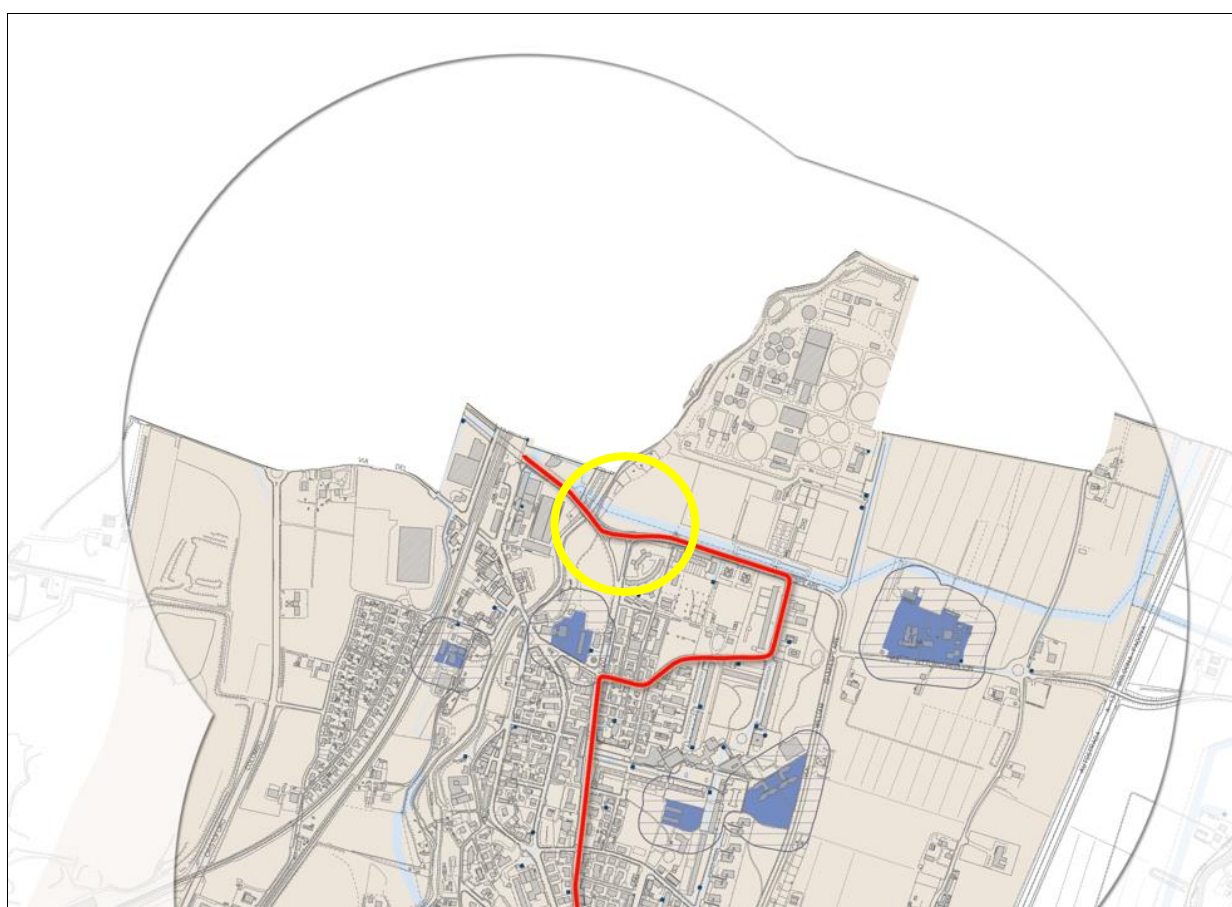
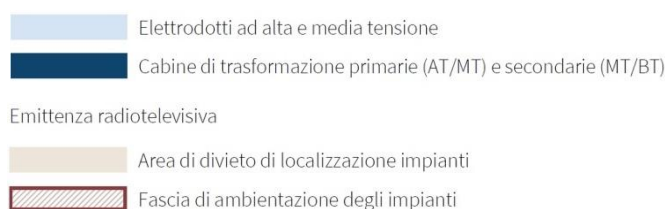


Figura 3-27 – Stralcio PUG - Vincoli – Elettromagnetismo (in giallo l'area di interesse)



Aree con divieto di localizzazione di impianti fissi di telefonia mobile



## ELETTRODOTTI AD ALTA E MEDIA TENSIONE

Definizione e finalità del vincolo: La presenza degli elettrodotti aerei e interrati di Alta e Media tensione comporta limitazioni d'uso per nuovi edifici e per trasformazioni di edifici esistenti interessati dalla fascia di rispetto al fine di salvaguardare la salubrità l'igiene e la sicurezza negli ambienti di vita e di lavoro. Le fasce di rispetto sono finalizzate al rispetto degli obiettivi di qualità. La cartografia individua, mediante la rappresentazione delle Distanze di prima approssimazione (Dpa) e Aree di prima approssimazione (Apa) fornite dai gestori/proprietari, i corridoi bidimensionali quali porzioni di territorio in cui è necessario verificare, mediante ulteriori puntuali approfondimenti, il rispetto dei vincoli imposti dalla normativa. All'interno di tali limiti sono definite le fasce di rispetto derivanti da un'analisi di secondo livello. Con riferimento alle tipologie di linee e impianti definiti dall'articolo 2 dell'Allegato alla Dgr 2088 del 23 dicembre 2013 (linee in Media Tensione in cavo cordato ad elica) sono rappresentate le fasce di servitù - stabilite dal gestore stesso dell'infrastruttura in relazione alle necessità di intervenire sulle aree interessate - che comprendono al loro interno le relative fasce di rispetto dei limiti di esposizione della popolazione dai campi elettrici e magnetici.

Di seguito si riportano i riferimenti normativi: L. n. 36 del 22 febbraio 2001 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"; D. Lgs. n. 259/2003 "Codice delle comunicazioni elettroniche" D.Lgs. n. 257 del 19 novembre 2007 "Attuazione della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici – campi elettromagnetici"; Dm n. 381 del 10 settembre 1998 "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana", si vedano anche le "Linee guida applicative del Dm redatte dal Ministero dell'Ambiente; Dpcm 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz.";

Lr n. 30 del 31 ottobre 2000 “Norme per la tutela della salute e la salvaguardia dell'ambiente dall'inquinamento elettromagnetico”; Lr n. 30 del 25 novembre 2002 “Norme concernenti la localizzazione di impianti fissi per l'emittenza radio e televisiva e di impianti per la telefonia mobile”; Determinazione del direttore generale ambiente e difesa del suolo e della costa n. 13481 del 9 dicembre 2002 “Indirizzi per l'applicazione della Lr n. 30 del 25 novembre 2002”; Deliberazione della Giunta regionale del 20 febbraio 2001 n. 197 “Direttiva per l'applicazione delle Lr n. 30 del 31 ottobre 2000” come modificata e integrata dalla Deliberazione della Giunta regionale del 21 luglio 2008 n. 1138; Deliberazione della Giunta regionale del 12 luglio 2010 n. 978 “Nuove direttive della Regione Emilia-Romagna per la tutela e la salvaguardia dell'ambiente dall'inquinamento elettromagnetico”; Piano provinciale per la localizzazione dell'emittenza radio e televisiva (Plert), approvato dalla Provincia di Bologna con delibera 87/2007 del 4 dicembre 2007;

Limitazioni: All'interno delle fasce di rispetto valgono le limitazioni stabilite all'art. 4 comma 1 lettera h della L. n. 36 del 22 febbraio 2001 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". L'individuazione delle fasce di rispetto è onere dell'ente gestore/proprietario della rete elettrica, L'ente gestore deve fornire al Comune le Distanze di prima approssimazione (Dpa) e le Aree di prima approssimazione (Apa). Nei casi in cui un intervento urbanistico-edilizio sia compreso all'interno delle Dpa o delle Apa il Comune, nell'ambito del relativo procedimento amministrativo, in base a elaborati grafici di progetto che indichino le distanze dall'elettrodotto, richiede all'ente gestore/proprietario della rete il calcolo esatto della fascia di rispetto in relazione al sito specifico. La posizione delle linee interrato è da considerarsi indicativa e deve essere verificata puntualmente dal proponente con il gestore/proprietario della rete. Nei casi di intervento in prossimità delle fasce riferite alle tipologie di linee e impianti definiti dall'articolo 2 dell'Allegato alla Dgr 2088 del 23 dicembre 2013 (linee in Media Tensione in cavo cordato ad elica) sarà necessario verificare caso per caso che la fascia di rispetto sia sovrapponibile o ricompresa nella fascia di servitù.

### 3.9 PIANO GENERALE TRAFFICO URBANO (PGTU)

Il PGTU è uno strumento di programmazione settoriale a scala comunale, introdotto dal Ministero LL.PP. nel 1986 e successivamente normato dall'art. 36 del nuovo Codice della Strada (D. Lgs. 285/92), la cui redazione è obbligatoria per 23 Comuni della Città metropolitana di Bologna (DGR n. 2254 del 31/05/1994). La redazione di un PGTU si pone quale obiettivo generale la corretta gestione e organizzazione del traffico in ambito urbano, declinandolo in obiettivi specifici quali:

- il miglioramento delle condizioni di circolazione, anche rivolto a minimizzare i perditempo nella ricerca dei posti di sosta veicolare;
- il miglioramento della sicurezza stradale, soprattutto per le utenze "vulnerabili" quali ciclisti e pedoni (in primis studenti, anziani e persone affette da disabilità);
- la riduzione dell'inquinamento atmosferico ed acustico, attraverso la fluidificazione del traffico, interventi di orientamento e controllo della domanda di mobilità e, qualora necessario, la limitazione della circolazione stradale;
- il risparmio energetico. I contenuti del Piano, il cui aggiornamento è previsto con cadenza biennale, sono specificati dalle "Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei Piani Urbani del Traffico", emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici nel 1995 (G.U. n. 146 del 24/06/1995) e riguardano principalmente:
- strategie di intervento sull'offerta di trasporto, volte al miglioramento della capacità di trasporto del sistema di mobilità, tenendo conto di tutte le varie componenti (rete stradale, aree di sosta e servizi di trasporto pubblico urbani e/o extraurbani);
- strategie di intervento sulla domanda di mobilità, volte a gestire ed orientare gli spostamenti degli utenti verso modalità di trasporto più sostenibili, anche in termini di consumo dello spazio pubblico.

Secondo quanto sancito dalle normative vigenti, il PGTU rappresenta lo strumento di pianificazione del sistema della mobilità con un orizzonte temporale di breve-medio periodo e si esplicita attraverso misure, politiche e interventi di immediata realizzazione al fine di valorizzare e ottimizzare le infrastrutture e i servizi esistenti o in corso di realizzazione. Per quanto detto

finora, quindi, i PGTU metropolitani devono essere concepiti come gli strumenti per declinare nel breve-medio periodo per le singole realtà comunali le strategie e le azioni previste dal PUMS, coordinandoli quindi con i Piani di Azione sviluppati dal PUMS sia in fase di redazione sia successivamente. Per tale ragione, al fine di favorire il conseguimento degli obiettivi del Piano, il PUMS fornisce in questo capitolo le “Linee Guida per la redazione dei PGTU”, rivolte a tutti i Comuni della Città metropolitana di Bologna interessati dagli obblighi sanciti dalla normativa vigente.

Sulla base di quanto disposto dalle Direttive per la redazione dei PUT emanate dal Ministero dei LL.PP., i contenuti minimi dei PGTU metropolitani devono promuovere strategie e interventi declinati alle singole scale comunali relativamente a:

- l’aggiornamento della qualifica funzionale degli elementi della rete viaria (anche detta “Classifica funzionale”);
- la politiche orientate alla mobilità sostenibile e i relativi progetti di attuazione, tenendo conto delle esigenze delle varie componenti di mobilità sulla base del principio fondante del PUMS di “strada come Spazio Condiviso” relativamente a: o pedonalità e spazi pedonali; o percorsi ciclabili e ciclabilità diffusa; o regolamentazione e riorganizzazione della sosta; o ZTL e regole di utilizzo dello spazio (Zone 30, Città 30, Isole Ambientali, etc.); o Sharing Mobility e gestione della domanda (Pedibus, Bicibus, etc.); o trasporto pubblico urbano o extraurbano; o veicoli motorizzati;
- il regolamento viario, in termini di standard geometrici di progettazione e tipologie di controllo delle strade;
- il dimensionamento preliminare degli interventi previsti con relativa graduatoria delle priorità;
- politiche per il miglioramento della sicurezza stradale;
- campagne di sensibilizzazione sull’educazione stradale. Nel caso del Comune di Bologna, l’aggiornamento del PGTU avviene contestualmente alla redazione del PUMS, in considerazione della rilevanza del capoluogo in termini di spostamenti generati ed attratti e di conseguenza del peso che le strategie e le azioni declinate alla scala del Comune di

Bologna hanno per il conseguimento degli obiettivi del Piano, anche alla scala metropolitana.

Le azioni che il PGTU intende sviluppare e mettere in campo sono attuabili in un arco temporale limitato e fanno riferimento all'assetto infrastrutturale attuale nell'ottica di dare un riscontro immediato alle strategie proposte dal PUMS. Lo Scenario PUMS (2030) viene comunque assunto dal PGTU come riferimento nel lungo periodo, anche ai fini della coerenza delle azioni che lo compongono.

Come accennato, l'efficacia di un PGTU è strettamente legata all'assetto funzionale conferito alla rete stradale, finalizzato a garantire il giusto equilibrio tra le funzioni da svolgere per il miglioramento di accessibilità e fluidità della circolazione e la tutela delle aree maggiormente vulnerabili agli impatti generati dal traffico veicolare. In particolare, i PGTU metropolitani devono superare il concetto "tradizionale" di classifica da Codice della Strada, affrontandola con un approccio alternativo e coerente con quanto previsto dal PUMS metropolitano, in cui le scelte di circolazione veicolare in campo urbano sono trattate pensando innanzitutto a tutelare e promuovere lo spazio condiviso e la mobilità non privata.

Il primo passo per dare forma a tale impostazione è quello di riconoscere la cosiddetta Rete Portante Multimodale, che risponde alle esigenze di mobilità principali, indipendente dal mezzo di trasporto impiegato. La Rete Portante Multimodale non deve costituire elemento vincolante per la "Classifica Funzionale" vera e propria, ma deve individuare gli assi portanti della rete multimodale, non solo relativamente al traffico privato ma anche alla mobilità attiva (pedonale e ciclistica), al trasporto collettivo e ai vari mix modali.

Per l'individuazione della Rete Portante Multimodale, andranno incrociati i volumi attuali ed attesi sui diversi assi stradali, nonché le previsioni di sviluppo infrastrutturale in funzione del Trasporto Pubblico Metropolitano. Va specificato che l'appartenenza di un asse stradale alla Rete Portante Multimodale non deve determinarne necessariamente un livello specifico di classificazione, ma ne esprime sostanzialmente la funzione e le "qualità attese" per la rete di progetto. Prendendo spunto da quanto proposto nel redigendo aggiornamento del PGTU del

Comune di Bologna, le presenti “Linee Guida” forniscono due criteri fondamentali per la classificazione della rete e dei rami stradali:

- individuare la classifica della rete di previsione per il conseguente aggiornamento;
- allineare la classifica della rete di previsione attraverso interventi di ingegneria del traffico che rendano geometria e funzioni insediate dei rami stradali coerenti con la classifica di previsione.

Con particolare riferimento alla classifica di previsione, particolare attenzione deve essere posta ad accogliere specifiche sotto-categorie che tengano in adeguata considerazione:

- le previsioni di incremento delle componenti di domanda pedonale e ciclistica;
- la previsione di inserimento di nuove linee portanti di trasporto pubblico sulla rete esistente.

Sulla base di quanto detto, l’assetto della Classifica Funzionale della rete è quindi determinato sia dall’entrata in servizio di nuove tratte stradali, sia dalla necessità di “tutelare” alcuni corridoi (in primo luogo se appartenenti alla Rete Portante Multimodale), garantendo un’evoluzione della rete di livello intermedio a favore della mobilità attiva. Con riferimento alla classifica preesistente della rete stradale, i PGU metropolitani devono tendere a:

- prioritariamente eliminare o ridurre dalle tratte stradali funzioni che non siano quelle principali e secondarie per la rete di appartenenza;
- riconoscere le funzioni e i modi d’uso prevalenti sulle singole tratte stradali, in particolare se legate alla mobilità collettiva e attiva;
- in via secondaria eliminare o ridurre dalle tratte stradali le funzioni secondarie della rete di appartenenza.

In generale, i PGU metropolitani si basano sul principio fondamentale di “Città 30”, così come descritta nel PUMS, circoscrivendo l’adozione del limite di 50 km/h alla rete stradale “primaria” (così come definita nella Classifica Funzionale del PGU del Comune di Bologna) ed agli assi di scorrimento urbano prevalentemente destinati al traffico veicolare. A titolo puramente esemplificativo si richiama la Classifica Funzionale della rete stradale ottenuta applicando il

concetto di Rete Portante Multimodale nel Comune di Bologna, per i cui dettagli si rimanda al documento di aggiornamento del PGTU e alla relativa Tavola. Sicurezza ed educazione stradale Coerentemente con la normativa vigente, i PGTU metropolitani devono perseguire il miglioramento della sicurezza stradale, promuovendo strategie ed azioni inerenti a:

- interventi di ingegneria del traffico sui "punti neri";
- attività di vigilanza orientata alla repressione della guida con eccesso di velocità dove questa è stata rilevata con maggiore frequenza;
- ricognizione delle localizzazioni su cui si concentra la guida con andamento indeciso;
- attività informativa orientata all'utenza anziana;
- attività educativa e campagne di sensibilizzazione rivolte a pedoni e ciclisti per responsabilizzarne i comportamenti;
- rafforzamento della governance, con nuovi strumenti informatici e procedure organizzative per una più approfondita conoscenza del fenomeno dell'incidentalità e suo contrasto.

Contestualmente, considerato che l'educazione stradale all'interno delle scuole è un insegnamento obbligatorio previsto dall'art. 230 del Codice della Strada, i PGTU metropolitani incentivano collaborazioni tra le varie Polizie Municipali e le amministrazioni pubbliche, l'INAIL, l'osservatorio regionale, il Miur e le altre forze di Polizia, al fine di aumentare il numero di classi e studenti coinvolti nell'attività di educazione alla cultura della sicurezza stradale, attraverso lo sviluppo di progetti differenziati per diversi ordini e gradi di istruzione (dalle materne alle superiori). Inoltre, promuovono specifiche campagne sulla sicurezza stradale, coerenti con quelle sviluppate in seno al PUMS, rivolte alla popolazione adulta relativamente ai comportamenti di mobilità quali rispetto del Codice della Strada, educazione alla guida dei diversi veicoli, efficienza della mobilità sostenibile per gli spostamenti urbani, etc. Come già accennato in precedenza, il PUMS dispone, infine, che la coerenza delle politiche attuate dai singoli Comuni all'interno dei PGTU metropolitani con quelle promosse dal PUMS sarà criterio preferenziale nella stesura delle graduatorie per la ripartizione dei fondi destinati agli interventi per la mobilità sostenibile.

Con l'approvazione del Piano Particolareggiato del Traffico Urbano (PPTU) "Bologna Città 30", Bologna da attuazione ai piani internazionali, europei, nazionali e locali per la sicurezza stradale e diventa la prima grande città in Italia a 30 chilometri orari con l'obiettivo di rendere più sicure, belle e vivibili le strade e piazze cittadine, migliorare la sicurezza stradale, promuovere la mobilità sostenibile e aumentare qualità e fruibilità dell'ambiente e dello spazio pubblico.

La delibera prevede che i 30 km/h diventino di fatto la normalità sulle strade urbane e che solo alcune strade della città, con particolari caratteristiche, rimangano ai 50 km/h (cfr. Figura che segue).

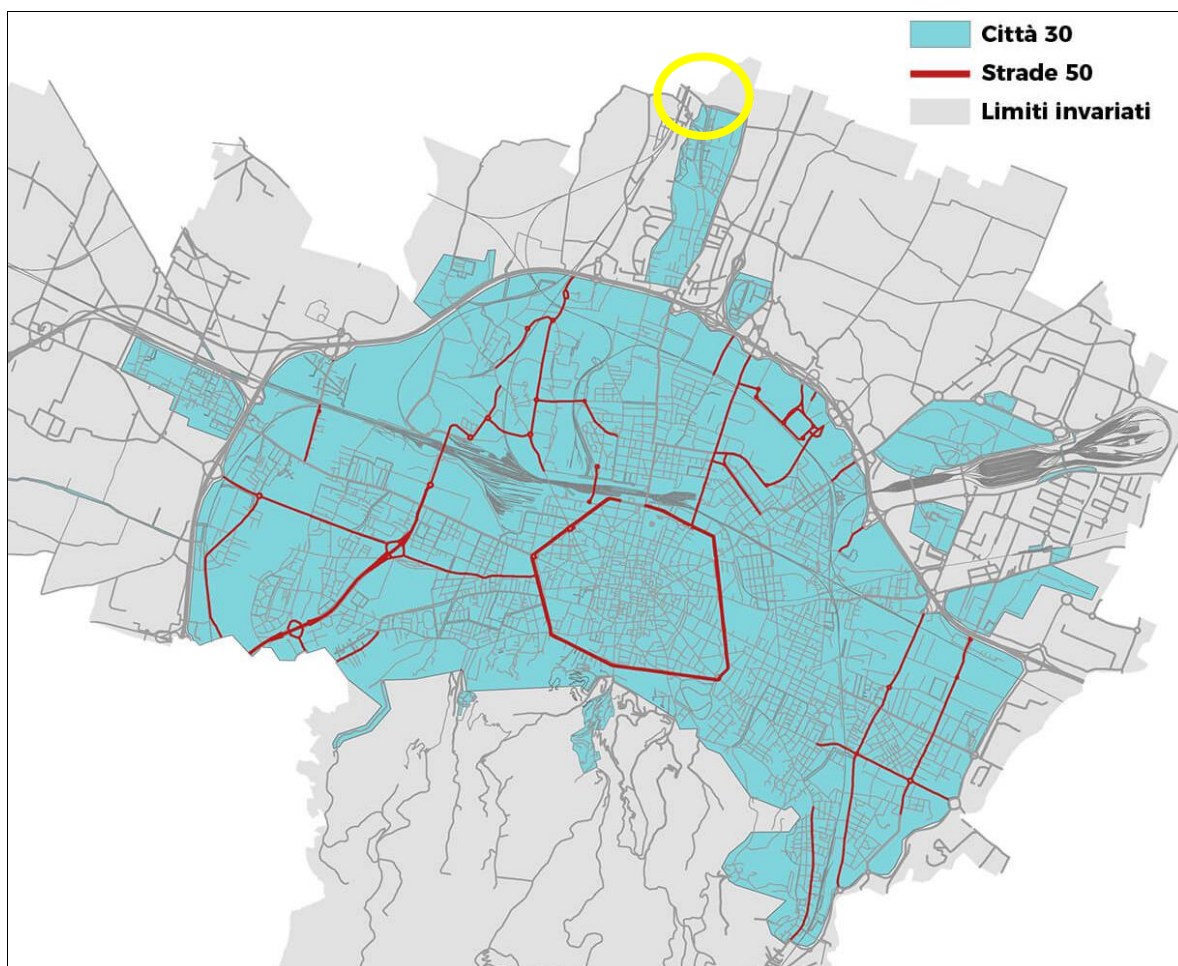


Figura 3-28 – Attuazione prevista della Città 30 (Fonte: <https://www.bolognacitta30.it/>) – (in giallo l'area di interesse)

#### 4. L'AMBIENTE: RICOSTRUZIONE DELLO STATO ATTUALE, DELLE PROBLEMATICHE E DELLE MISURE DI CONTENIMENTO DEGLI IMPATTI

Nella presente sezione sarà effettuata l'analisi della qualità ambientale con riferimento alle componenti dell'ambiente potenzialmente interessate dalla realizzazione degli interventi in progetto nell'area di interesse, localizzata nella porzione finale del tracciato della linea tranviaria. Saranno inoltre descritti, in via preliminare, i prevedibili effetti ambientali legati alla realizzazione del progetto e le misure previste per evitare, ridurre e compensare dal punto di vista ambientale gli eventuali effetti negativi indotti dal progetto sull'ambiente.

Sono state considerate le seguenti componenti:

- Mobilità e traffico;
- Atmosfera;
- Rumore e vibrazioni;
- Acque superficiali e sotterranee;
- Suolo e sottosuolo;
- Paesaggio e patrimonio storico/culturale;
- Ecosistemi, vegetazione e flora, fauna;
- Energia ed elettromagnetismo;
- Sistema insediativo, condizioni socio-economiche e salute pubblica.

##### 4.1 MOBILITÀ E TRAFFICO

In merito alla componente mobilità e traffico è stato redatto apposito studio trasportistico per il progetto in esame, a cui si rimanda per maggiori approfondimenti.

###### 4.1.1 TRASPORTO PRIVATO

La rete stradale metropolitana si estende in maniera capillare. Il sistema autostradale e tangenziale di Bologna connette le principali direttrici di traffico nazionale e regionale ed in particolare smista i flussi provenienti dalle autostrade del Sole (A1), Bologna-Padova (A13), del

Brennero (A22) e della Adriatica (A14) nonché il traffico locale proveniente dalle zone limitrofe all'area metropolitana.

Il sistema viario è formato dalla sede dell'autostrada A14 e dalle due carreggiate della tangenziale, che si sviluppano ai due lati della stessa autostrada, tra Borgo Panigale, Casalecchio, Arcoveggio e San Lazzaro.

In ambito urbano, dall'analisi dei flussi di traffico rilevati dalle principali spire provinciali e comunali, fino agli orizzonti temporali pre-pandemici (2019), il trend storico segna una progressiva diminuzione dei flussi di traffico privato su gomma, più rilevante all'interno del Comune di Bologna in direzione centro, favorita dalle politiche di moderazione e limitazione del traffico veicolare all'interno della cerchia dei viali.

Nonostante questo trend, tutte le principali radiali di accesso alla città mostrano flussi di auto molto elevati.

All'interno della cerchia dei viali nel Centro Storico vi è una Zona a Traffico Limitato (ZTL) in cui dalle 7 alle 20, tutti i giorni, la circolazione dei veicoli a motore è soggetta a limitazioni e gli accessi sono sorvegliati dal vigile elettronico Sirio. All'interno della ZTL ci sono alcune zone limitate 24 ore su 24: le zone pedonali e l'area T (via Rizzoli, via Indipendenza e via Ugo Bassi).

#### 4.1.2 SERVIZIO TAXI

Nel Comune di Bologna, al netto delle licenze di Noleggio Con Conducente (NCC), al 2019 risultano 742 le licenze Taxi.

Complessivamente sono oltre 330 gli stalli disponibili per i Taxi dislocati principalmente nel Centro Storico, Aeroporto, zona Fiera e Stazione.

Le principali origini e destinazioni degli spostamenti in Taxi sono quelle relative ai principali poli di attrazione e generazione dell'area urbana di Bologna: Centro storico, Stazione Centrale, Aeroporto, zona Fiera e i Poli Ospedalieri del Rizzoli, Maggiore, Sant'Orsola e Bellaria.

In media circolano circa 400 Taxi durante le ore diurne (7:00-22:00) e 100 durante le ore notturne con una percorrenza media giornaliera variabile tra i 150 e i 250-300 km/giorno in funzione della presenza di eventi Fieristici, servizio diurno/notturno, tipologia di servizio.

#### 4.1.3 TRASPORTO PUBBLICO

Il trasporto collettivo metropolitano comprende il Servizio Ferroviario Metropolitano, il servizio di trasporto collettivo suburbano ed extraurbano su gomma e il servizio urbano su gomma.

Complessivamente (vedi figura che segue) la rete si estende per oltre 3.050 Km (circa 2.700 km di rete su gomma, 350 km di rete ferroviaria) ed è percorsa da circa 3.110 corse al giorno (2.700 TPL su gomma e 410 su ferro).

A livello giornaliero vi sono circa 145.000 viaggi nel territorio provinciale, di cui circa 100.000 su linee suburbane ed extraurbane e 45.000 su le linee del SFM.

L'offerta del TPL suburbano ed extraurbano è di circa 17.000.000 vkm/anno e la velocità commerciale di 29 km/h. Per quanto riguarda il SFM, l'offerta annua si aggira intorno ai 4.702.983 treni/km.

	SFM	Servizio Extraurbano	Servizio Urbano
Estensione (km)	350 (dei quali 45 nel comune di Bologna)	2.700	341
Offerta annua	4,7 milioni treni/km	17 M vkm/anno	15,8 M vkm/anno
N. corse/giorno	400	2.700	5.240
Passeggeri/giorno	35.000	100.000	320.000

Per quanto riguarda il servizio urbano su gomma si noti che le prime 10 linee per numero di passeggeri assorbono da sole oltre l'80% della domanda totale giornaliera.

Al 2018, l'offerta del TPL urbano di Bologna si attesta attorno ai 17.600.000 vkm/anno con una velocità commerciale dei mezzi di circa 15 km/h. Il servizio ha una buona produttività e incontra un discreto successo da parte dell'utenza come dimostrato dal progressivo aumento dei

passenger trasportati nel quinquennio 2013-2018, dato questo supportato anche da una forte campagna anti evasione portata avanti da TPER a partire dal 2013.

Come già accennato in precedenza, le 10 linee portanti del sistema di Trasporto Pubblico urbano su gomma trasportano oltre l'80% dei passeggeri per circa 93 milioni di passeggeri l'anno, le altre linee si attestano sui 22 milioni di passeggeri.

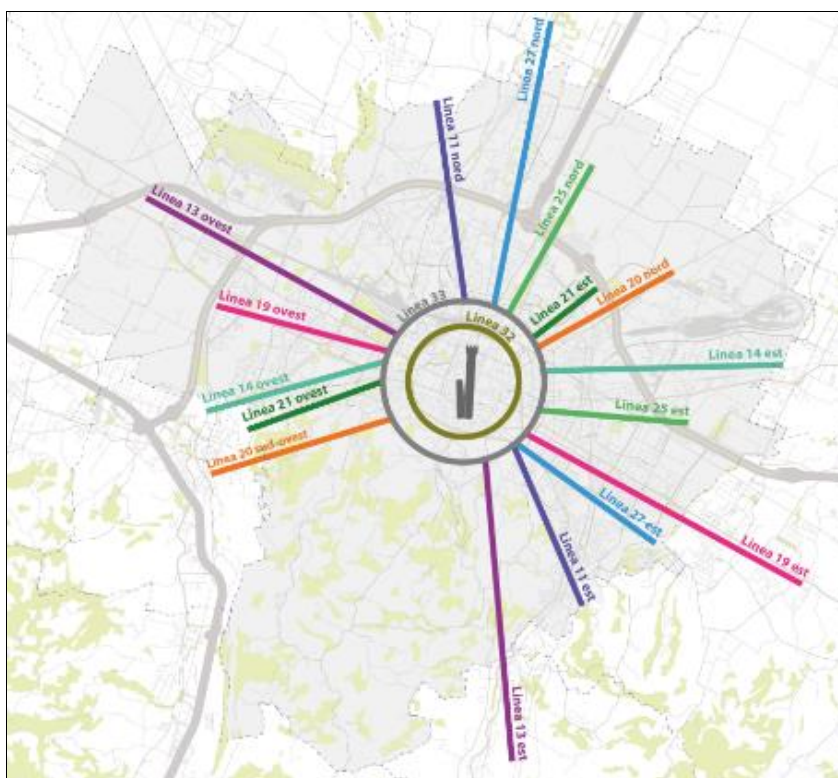


Figura 4-1 – Principali linee portanti del TPL

#### 4.1.4 PRINCIPALI CRITICITÀ DEL SISTEMA DI MOBILITÀ

Per quel che riguarda il servizio di trasporto pubblico su gomma, la rete portante metropolitana interna alla città di Bologna mostra sostanzialmente due forti criticità:

- l'accentuazione, negli ultimi anni, di un sovraffollamento a bordo dei mezzi in diverse ore del giorno nelle tratte a ridosso delle aree centrali, con conseguenti riflessi sul comfort di viaggio e sui perditempo alle fermate;

- un raggiunto limite di distanziamento minimo tra i passaggi dei mezzi nei corridoi su cui insistono più linee, con le conseguenti problematiche in termini di fluidità della circolazione.

Con riferimento all'eccesso di transiti di mezzi nelle aree centrali, importante segnalare che nell'ora di punta del mattino nell'area di Piazza dei Martiri transitano circa 150 mezzi tra servizi Urbani, Suburbani ed Extraurbani, equivalenti ad un passaggio ogni 25 secondi. Per questo motivo, in fase di redazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) si è ipotizzata e sostenuta la necessità di un nuovo sistema di trasporto collettivo più efficace, efficiente e sostenibile lungo gli assi portanti della mobilità bolognese.

#### 4.1.5 MODELLO DI TRAFFICO

##### 4.1.5.1 *Approccio metodologico*

Al fine di stimare gli impatti che saranno generati dalla linea tranviaria in oggetto sulla mobilità dell'area bolognese si è proceduto ad implementare un modello di simulazione della domanda e dell'offerta di trasporto. Analogamente a quanto fatto per lo studio di PFTE, si sono utilizzati, come base dati della mobilità pubblica e privata, i dati raccolti ed elaborati per la redazione del PUMS della Città Metropolitana di Bologna che il Comune di Bologna ha messo a disposizione.

##### 4.1.5.2 *Zonizzazione dell'area di studio*

L'area di studio considerata per lo svolgimento dell'analisi è relativa a tutta la Città Metropolitana. Come previsto dalla pratica comune della pianificazione dei trasporti, l'area di studio viene suddivisa in zone omogenee di generazione ed attrazione di traffico (zone di traffico).

Successivamente, sia per l'analisi trasportistica della linea rossa del tram, sia per la presente tratta della linea verde, si è proceduto a una subzonizzazione dei territori direttamente interessati dai citati interventi.

Nello specifico, per lo studio della linea rossa, 47 zone distribuite lungo il tracciato del tram sono state ripartite in 180 zone, portando la zonizzazione del Comune di Bologna a complessive 265 zone.

Infine per lo studio in esame 21 zone del Comune di Bologna, poste nell'area della Bolognina e lungo il tratto nord della linea verde, sono state suddivise in 91 zone.

#### 4.1.5.3 *L'offerta di trasporto*

Il sistema dell'offerta di trasporto è costituito da quelle componenti fisiche (infrastrutture, veicoli e tecnologie), organizzative e normative (gestione della circolazione, strutture tariffarie) che determinano la produzione del servizio di trasporto e le relative caratteristiche.

##### La rete del trasporto privato

La rete stradale descritta nel grafo del modello di simulazione è schematizzata come successione di archi e nodi che vengono descritti in base alle loro caratteristiche fisico - geometriche.

Ogni arco è rappresentativo di un asse stradale, o di una sua porzione, che presenta caratteristiche omogenee, mentre i nodi sono rappresentativi delle intersezioni tra tronchi stradali o vengono posizionati in corrispondenza di variazioni significative delle caratteristiche geometriche dell'asse.

La rete implementata nel modello ricostruisce con buon dettaglio il sistema della viabilità esistente nell'area di studio ed in particolare lungo i corridoi stradali che ospiteranno la nuova linea tranviaria con tutte le sue diramazioni.

Nel complesso, quindi, la rete stradale modellizzata è composta da 25.069 archi e copre oltre 7.800 km di strade all'interno dell'area di studio.

##### La rete del trasporto pubblico

Il modello di trasporto pubblico include la rappresentazione delle seguenti reti:

- rete urbana, suburbana ed extraurbana del trasporto su gomma operata da TPER e dalle altre Società di Trasporto;
- rete del Sistema Ferroviario Metropolitano (SFM) operato da TPER e da Trenitalia;
- rete del sistema ferroviario regionale, interregionale e nazionale.

In ragione delle finalità dello studio in esame e dell'estensione dell'area di studio, le reti sono state schematizzate definendo i percorsi gli orari e le frequenze per ciascuna linea.

Secondo quanto riportato dai dati pubblicati sul sito del Comune di Bologna e da TPER S.p.A., la rete di trasporto pubblico su gomma nell'area metropolitana di Bologna si compone di:

- 42 linee urbane di Bologna (comprehensive di 5 navette, 2 linee notturne e 1 linea Aerobus);
- 7 linee urbane di Imola;
- 15 linee suburbane;
- 99 linee extraurbane;
- 10 linee Prontobus.

Nell'esercizio 2018 sono stati complessivamente registrati 35,4 milioni di km percorsi, di cui una metà (17,9 milioni) per il servizio urbano di Bologna e poco meno (16,8 milioni) per il servizio suburbano ed extraurbano.

#### 4.1.5.4 *La domanda di trasporto*

La domanda di trasporto è l'espressione delle esigenze di mobilità degli utenti. Essa viene rappresentata attraverso il numero di spostamenti da ciascuna zona di origine ad ogni zona di destinazione per un determinato intervallo di tempo (Matrice Origine – Destinazione).

Come già esposto in precedenza, anche per la domanda di trasporto il modello implementato trae origine dalle analisi svolte per la redazione del PUMS della Città Metropolitana di Bologna.

Il punto di partenza per la determinazione della domanda di mobilità complessiva è stato rappresentato dall'indagine O/D condotta nel 2016 sui residenti della Città metropolitana, che ha permesso di delineare un quadro esaustivo sulle abitudini di mobilità all'interno di tale ambito territoriale.

#### La domanda di trasporto privato

La domanda di trasporto privato, considera e mantiene distinte sia la componente del traffico leggero, costituito dalle automobili, sia quella del traffico pesante, costituito dai veicoli commerciali leggeri (furgoni) e dai veicoli pesanti per il trasporto delle merci.

A valle del processo di calibrazione risulta che nel giorno medio feriale la rete stradale dell'area di studio è interessata dai seguenti flussi veicolari (tutti espressi in veicoli equivalenti):

- 726.000 autoveicoli;
- 4.600 veicoli commerciali leggeri<sup>1</sup>;
- 47.280 mezzi pesanti<sup>2</sup>

#### La domanda di trasporto pubblico

Nel 2017, il totale dei passeggeri paganti trasportati sull'intera rete è stato di 131 milioni di cui l'85% (111,3 milioni) sulla rete urbana di Bologna, mentre poco meno del 14% (18,2 milioni) su rete suburbana ed extraurbana.

Nel 2018, si è registrata una ulteriore crescita sia dei passeggeri sull'intera rete (135,5 milioni, +3.4%) sia di quelli sulla rete urbana di Bologna (115,3 milioni, +3,6%), mentre sono rimasti praticamente invariati quelli su rete suburbana ed extraurbana (18,6 milioni).

Come già esposto nei capitoli introduttivi, nello scenario pre-pandemico a Bologna le prime dieci linee urbane di trasporto pubblico per passeggeri paganti movimentano oltre l'80% dei passeggeri totali urbani su TPL. Tra queste la linea 27, che presenta larga parte del proprio percorso in sovrapposizione con la nuova linea verde verso Corticella, sulla base degli ultimi dati disponibili risulta essere la seconda linea urbana maggiormente utilizzata e da sola copre il 12,7% di tutta la domanda urbana di TPL.

A valle del processo di calibrazione risulta che nel giorno medio feriale la domanda che utilizza i servizi di TPL nell'area di studio è di 304.318 persone.

#### *4.1.6 MODELLO DI INTERAZIONE DOMANDA-OFFERTA*

I modelli di interazione domanda-offerta, conosciuti anche con il nome di “modelli di assegnazione”, sono degli algoritmi matematici che consentono di simulare le modalità con cui la domanda utilizza il sistema di offerta. Applicando queste procedure, quindi, sarà possibile

---

<sup>1</sup> Coefficiente di equivalenza 1,3

<sup>2</sup> Coefficiente di equivalenza 2,5

ottenere delle stime dei flussi di traffico sugli archi della rete stradale ovvero la stima degli utenti che utilizzano una data linea di trasporto pubblico.

Il software VISUM utilizza specifici algoritmi per calcolare i volumi del traffico privato sui singoli archi della rete stradale.

La procedura di calcolo utilizzata è quella detta “assegnazione all’equilibrio”, coerente con il *Primo Principio di Wardrop*; tale metodo di calcolo sottintende l’ipotesi che gli utenti abbiano una conoscenza completa delle caratteristiche della rete e dello stato del traffico sulla rete e decidano di conseguenza l’itinerario migliore.

Nel software VISUM tale procedura è implementata attraverso una prima assegnazione di tipo incrementale, in modo che il numero di veicoli presenti sulla rete aumenti gradualmente e di conseguenza l’impedenza di ogni tratto di strada possa variare gradualmente in funzione del flusso. Successivamente vengono effettuate diverse iterazioni per ricercare i percorsi con impedenza inferiore e quindi bilanciare i flussi tra tutti possibili itinerari per ciascuna relazione O/D.

I dati di input per il modello di trasporto pubblico comprendono tutte le informazioni relative al servizio offerto (linee, percorsi, orari e tempi di percorrenza, sia dei mezzi su gomma che su ferro) ed alla domanda di trasporto. Sulla base di questi dati, i risultati delle procedure di calcolo per il trasporto pubblico consentono di:

- determinare i carichi sulla rete: volumi sulle linee e volumi sugli archi;
- calcolare indicatori specifici per il trasporto pubblico, come la velocità media di servizio, i veicoli chilometro, i passeggeri chilometro ( $pax \cdot km$ ) ed i passeggeri ora ( $pax \cdot h$ ).

Il modello di trasporto pubblico è stato implementato utilizzando la procedura di calcolo basata sulle frequenze dei passaggi delle linee (o intertempi), che è indicata per aree urbane con reti tendenzialmente congestionate e ad elevata frequenza di servizio, dove non è necessario considerare il coordinamento degli orari.

Questa procedura di assegnazione ha inizio dalla rappresentazione di ogni linea attraverso una sequenza di fermate (percorso di linea), definisce i tempi di corsa tra le fermate e il distanziamento tra i veicoli di una linea.

#### 4.1.7 SCENARI FUTURI – EVOLUZIONE DEMOGRAFICA E SVILUPPI URBANISTICI

Il modello matematico descritto nei capitoli precedenti e calibrato sulla situazione attuale, rappresenta la base di partenza per la costruzione degli scenari futuri. A questo scopo è necessario, innanzitutto, individuare l'orizzonte temporale di riferimento più significativo per il quale procedere alla caratterizzazione e successivamente alla simulazione degli scenari futuri.

L'orizzonte temporale individuato è il 2030, anno in cui s'ipotizza che la nuova linea tranviaria sia entrata pienamente a regime e rispetto al quale è possibile definire, sulla base degli strumenti di pianificazione di medio e lungo periodo, l'assetto territoriale ed infrastrutturale previsto con buona approssimazione.

Gli scenari che saranno presi in esame, come prassi nelle valutazioni di progetti di infrastrutture e/o di servizi di trasporto, sono due:

- lo scenario di riferimento (o di "non intervento"), che modella la rete con tutti gli interventi sia sulla rete di trasporto privato sia su quella di trasporto pubblico che si prevede saranno realizzati entro l'anno di riferimento preso in considerazione a meno dell'intervento di progetto da analizzare;
- lo scenario di progetto, che in aggiunta a quanto previsto dallo scenario di riferimento introduce anche l'intervento di progetto e le eventuali modifiche alle reti infrastrutturali e dei servizi da esso indotte.

Per ciò che concerne gli scenari di crescita demografica di medio-lungo periodo, si fa riferimento agli "Scenari demografici per l'area metropolitana bolognese al 2033" sviluppati da un gruppo di lavoro inter istituzionale formato dall'Ufficio di Statistica del Comune di Bologna, dal Servizio Studi e Statistica per la programmazione strategica della Città metropolitana di Bologna, dalla Regione Emilia-Romagna e dalla sede territoriale dell'ISTAT per l'Emilia-Romagna e resi pubblici a Giugno 2018.

Sono stati valutati e inseriti nell'analisi trasportistica gli effetti derivanti dagli interventi urbanistici previsti dagli strumenti di pianificazione territoriale all'orizzonte temporale di riferimento del 2030.

#### 4.1.8 SCENARI FUTURI – SCENARIO DI RIFERIMENTO

##### Interventi sulla rete stradale

Per ciò che riguarda la rete stradale, lo scenario di riferimento è stato implementato considerando la realizzazione dei seguenti interventi:

1. realizzazione del progetto del **Passante di Bologna** che prevede il potenziamento in sede della tratta urbana della A14 e della tratta urbana del Sistema Tangenziale. Nello specifico:
  - il **potenziamento della A14** avverrà tramite la realizzazione di una terza corsia reale<sup>3</sup> e della corsia di emergenza tra l'Interconnessione con il Raccordo di Casalecchio e lo svincolo di Bologna San Lazzaro con un limite di velocità posto a 110 km/h.;
  - il **potenziamento della Tangenziale** avverrà tramite la realizzazione di una terza corsia reale e della corsia di emergenza tra lo svincolo 3 (Interconnessione con il Tratto nord della linea Verde) e lo svincolo A14 di BO S. Lazzaro. Il limite di velocità su tutto il Sistema Tangenziale sarà posto a 80 km/h. Il progetto inoltre prevede interventi su alcuni svincoli della Tangenziale con apertura i nuovi svincoli e chiusura e/o modifica di altri;
2. realizzazione **III corsia sulla A13 da Bologna Arcoveggio a Ferrara Sud**, per un'estesa complessiva di circa 33 km;
3. realizzazione della **IV corsia sulla A14 tra ponte Rizzoli e la diramazione per Ravenna** per complessivi 27 km;
4. realizzazione della **Complanare Nord all'A14** nel tratto da Bologna-San Lazzaro a Ponte Rizzoli e relativi svincoli;
5. realizzazione di due complanari ad Est e Ovest del ramo di A13 tra diramazione con l'A14 e lo svincolo Bologna-Arcoveggio in maniera tale da consentire lo scambio tra sistema autostradale e i quartieri di Croce Coperta e Dozza;

---

<sup>3</sup> Attualmente sulla tratta urbana della A14 è disponibile una terza corsia dinamica tra il Raccordo di Casalecchio e Bologna S. Lazzaro che viene attivata in caso di necessità.

6. completamento della Nuova Bazzanese tra Bazzano e l'area produttiva Via Lunga e relativi svincoli;
7. realizzazione di un collegamento tra via Porrettana (altezza uscita Cantagallo) e il Raccordo Autostrada-Tangenziale in corrispondenza della stazione ferroviaria Casalecchio Garibaldi;
8. completamento dell'asse Osteria Nuova - Trebbo di Reno;
9. collegamento tra le aree posizionate ad Est e ad Ovest del fascio ferroviario tra le stazioni di Rastignano e Bologna San Ruffillo;
10. realizzazione di uno svincolo di collegamento tra la SP253 e la zona di Ca' dell'Orbo;
11. realizzazione di uno svincolo e di una rotatoria per il collegamento diretto tra la Trasversale di Pianura e il casello autostradale di Bologna-Interporto ed il potenziamento del tratto tra il casello e lo svincolo per Interporto;
12. realizzazione di un collegamento in direzione Nord-Sud tra la San Vitale e via dell'Industria;
13. una serie di interventi infrastrutturali (diretti o accessori) per il collegamento tra le zone poste a Nord e Sud del fascio ferroviario all'interno dell'abitato di Bologna;
14. realizzazione di alcuni rami infrastrutturali tangenziali all'abitato di Imola allo scopo di garantire il bypass da parte dei flussi di attraversamento;
15. realizzazione di un collegamento tra la via Emilia e la SP30 a Ovest di Toscanella di Dozza, finalizzato a indirizzare il traffico dalla via Emilia verso il nuovo casello autostradale Toscanella, limitando l'attraversamento del nucleo abitato.

### Bologna Città 30

Con l'approvazione del Piano Particolareggiato del Traffico Urbano (PPTU) "Bologna Città 30", Bologna dà attuazione ai piani internazionali, europei, nazionali e locali per la sicurezza stradale e diventa la prima grande città in Italia a 30 chilometri orari con l'obiettivo di rendere più sicure, belle e vivibili le strade e piazze cittadine, migliorare la sicurezza stradale, promuovere la mobilità sostenibile e aumentare qualità e fruibilità dell'ambiente e dello spazio pubblico.

La delibera prevede che i 30 km/h diventino di fatto la normalità sulle strade urbane e che solo alcune strade della città, con particolari caratteristiche, rimangano ai 50 km/h (cfr. Figura che segue).

Con il piano approvato, i 30 km/h riguarderanno circa il 70% delle strade dell'intero centro abitato (attualmente rappresentano il 30%), con un disegno organico facile da comprendere e rispettare ma la percentuale sfiora il 90% se si considera il solo perimetro della parte più densamente abitata della città (cioè la parte dentro l'asse tangenziale-autostrada più le zone residenziali esterne di Borgo Panigale-Reno, Navile e San Donato-San Vitale).

Nelle aree collinari e di pianura esterne al centro abitato, la strategia generale prevede comunque progressivamente interventi di moderazione della velocità e di messa in sicurezza.

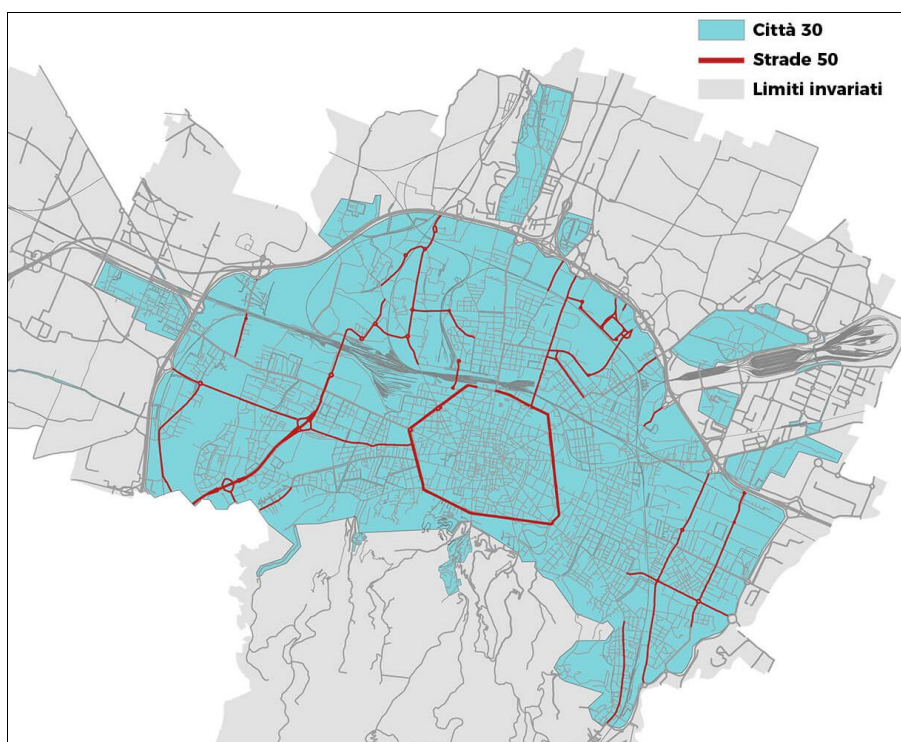


Figura 4-2 – Attuazione prevista della Città 30 (Fonte: <https://www.bolognacitta30.it/>)

Al momento della redazione del presente progetto, si sta procedendo all'installazione della segnaletica orizzontale e verticale (oltre 500 cartelli e circa 300 bolloni su strada) mentre l'adozione delle relative ordinanze stradali entrerà in vigore a partire dal 1° gennaio 2024.

A livello strettamente modellistico, l'impatto della "città 30" sul sistema di mobilità privato è stato riprodotto agendo sulle caratteristiche delle curve di deflusso degli archi (che come detto

rappresentano le caratteristiche geometriche in termini di lunghezza, numero di corsie disponibili per il deflusso, velocità a flusso nullo, etc.).

È indubbio, infatti, che Bologna Città 30 non significa soltanto enforcement dei controlli ma soprattutto ripensare lo spazio urbano per promuovere una trasformazione del modo di fruire la città attraverso interventi innovativi di modifica dello spazio pubblico che avranno il compito di armonizzare l'ambiente e lo spazio urbano a una nuova dimensione di prossimità

### Interventi sulla rete di trasporto pubblico

Relativamente alla rete di trasporto pubblico, l'intervento più rilevante che caratterizza lo scenario di riferimento è certamente l'introduzione della Linea Rossa del Tram che si sviluppa per circa 15 chilometri all'interno della città di Bologna e il cui percorso ha origine dal capolinea ovest (Terminal Emilio Lepido) situato a Borgo Panigale, si sviluppa lungo l'asse delle vie Marco Emilio Lepido, Emilia Ponente e Aurelio Saffi fino alla cinta dei viali, prosegue poi su Via San Felice e Via Ugo Bassi nel pieno centro storico di Bologna alle spalle di Piazza Maggiore; da qui svolta verso nord in direzione della Stazione Bologna Centrale FS e passato ponte Matteotti attraversa il quartiere della Bolognina, giunto a Piazza dell'Unità si dirige verso est su via della Liberazione e Viale Aldo Moro. Qui la linea si separa dirigendosi in un caso verso il "Fiera District" per andarsi ad attestare al Terminal Fiera Michelino, mentre il secondo braccio percorre Via della Repubblica e poi Via S. Donato per raggiungere il quartiere Pilastro posto a nord-est della città ed andarsi ad attestare presso la Facoltà di Agraria.

A questi interventi si aggiungono, infine:

- il Terminal Area Fiera Michelino che costituirà un nuovo centro intermodale dove confluiranno sia i mezzi delle linee di lunga percorrenza, sia le linee extraurbane del quadrante Nord-Est e dove gli utenti provenienti dall'area suburbana e dall'autostrada potranno parcheggiare l'auto ed effettuare Park and Ride (P&R) su Tram;
- il parcheggio di interscambio localizzato in prossimità dell'attestamento della linea tranviaria presso la facoltà di Agraria

Altro importante progetto considerato nello scenario di riferimento, è quello relativo all'attivazione del Progetto Integrato della Mobilità Bolognese (PIMBO). Il Progetto PIMBO comprende una serie di interventi finalizzati al completamento del Servizio Ferroviario Metropolitano (SFM) e alla filoviarizzazione delle linee portanti del trasporto pubblico urbano di Bologna, per soddisfare - in ambito urbano e metropolitano - una maggiore domanda di mobilità.

#### 4.1.9 SCENARI FUTURI – LO SCENARIO DI PROGETTO

##### Rete di trasporto privato

L'inserimento della nuova diramazione tranviaria induce delle problematiche di un certo rilievo su alcuni nodi della rete stradale che richiedono la realizzazione di specifiche opere infrastrutturali al fine di consentire il mantenimento di un deflusso accettabile da parte degli autoveicoli:

- Il nodo di Piazza dell'Unità nell'intersezione tra l'asse est-ovest di Via della Liberazione, Via Giuseppe Mazza, Via Bolognese e quello nord-sud di Via Ferrarese e poco più avanti di Via Corticella. La realizzazione della nuova tratta tranviaria, infatti, richiede la realizzazione di un secondo binario in corrispondenza di Via Giuseppe Mazza per consentire il corretto instradamento dei servizi sia verso est (Fiera Michelino e Facoltà d'Agraria) sia verso nord (Corticella). In tal modo, però, la porzione di sede stradale rimanente risulta assolutamente insufficiente ad accogliere i flussi in ingresso al centro della città. Per ovviare a questa limitazione si rende necessario realizzare un sottopasso veicolare che consenta di bypassare il tratto incriminato. Sottopasso che ha uno sviluppo complessivo di poco superiore ai 400 m. Il nuovo asse presenta due corsie a senso unico di marcia ed ha inizio a Via Ferrarese, subito dopo l'intersezione con Via della Liberazione e termina su Via Franco Bolognese a valle dell'intersezione con Via Antonio Di Vincenzo;
- il nodo di via di Corticella – Tangenziale Nord: il secondo nodo per il quale è stato necessario prevedere un importante intervento infrastrutturale è posto in corrispondenza dell'intersezione tra Via di Corticella con l'asse autostrada/tangenziale. Infatti l'uscita n° 6 della Tangenziale Nord di Bologna si innesta attraverso due rotatorie proprio su via di Corticella. Vista l'impossibilità di introdurre l'infrastruttura tranviaria all'interno di questa

intersezione la soluzione individuata è stata quella di ricorrere ad un sottopasso ad uso esclusivo del tram.

#### Rete di trasporto pubblico

Oltre alla realizzazione della linea tranviaria verso Corticella, la rete del trasporto pubblico è interessata da altri interventi che vengono illustrati di seguito e che sono strettamente correlati alla realizzazione della nuova tranvia:

- il nodo intermodale di Corticella (park&ride). In corrispondenza dell'attestamento a nord della nuova linea tranviaria è prevista la realizzazione di un nodo intermodale la cui funzione principale sarà quella di contribuire al decongestionamento del centro della città dalle automobili e dai mezzi delle linee suburbane ed extraurbane provenienti dal quadrante Nord della Città metropolitana. Gli utenti provenienti dalla direttrice della SP4 Galliera, infatti, potranno parcheggiare l'auto ed effettuare Park and Ride (P&R) sul Tram;
- la riorganizzazione delle linee di TPL: analogamente a quanto fatto per la linea rossa del tram, anche per la linea verde è stato necessario prevedere un significativo riassetto dei servizi di TPL su gomma che attualmente servono il quadrante nord della città sul quale si innesta il nuovo collegamento tranviario.

È opportuno specificare che sia per le linee suburbane che per quelle extraurbane non è stata apportata alcuna modifica alle corse scolastiche. Questa scelta, assunta in accordo con l'Amministrazione, è stata fatta per non obbligare gli studenti in arrivo dai comuni della città metropolitana ed in alcuni casi anche dalle provincie contermini ad effettuare dei trasbordi e/o ad incrementare le percorrenze pedonali.

#### *4.1.10 RISULTATI*

Dall'analisi svolta risulta che la realizzazione della nuova Linea Verde costituisce un ulteriore passo verso la realizzazione del progetto di rete tranviaria che il PUMS della Città Metropolitana di Bologna ha indicato tra i progetti chiave per poter perseguire gli obiettivi di una mobilità

maggiormente sostenibile in termini: di riduzione delle emissioni inquinanti, di incremento della sicurezza stradale, di fluidificazione della circolazione, etc.

Il progetto prevede che la nuova infrastruttura tranviaria si connetta alla Linea Rossa in corrispondenza di Piazza dell'Unità e si diriga verso Nord attraverso Via di Corticella e poi Via Bentini, compia un semi anello su Via Sant'Anna, Via Byron e Via Shakespeare per dirigersi alla stazione SFM di Corticella dove è previsto un nodo di interscambio.

I risultati ottenuti hanno mostrato come il servizio tranviario andrebbe ad assorbire oltre il 41% nell'arco dell'intera giornata ed oltre il 39% nella fascia oraria di punta del totale degli utenti che utilizzano le principali linee di TPL.

Inoltre è stato evidenziato come la realizzazione della nuova linea tranviaria comporti un incremento di utenza di oltre 30.000 passeggeri al giorno (+28%) rispetto alla domanda servita dalla sola Linea Rossa.

Analizzando la distribuzione dei carichi lungo tracciato si osserva che sulla Linea Verde per Corticella, il carico massimo si attesta a oltre 26.000 passeggeri/giorno. L'analoga analisi riferita alla fascia oraria di punta evidenzia che sulla Linea Verde il carico massimo si attesta poco al di sotto dei 1.800 pax/h, nei pressi di Piazza dell'Unità in direzione del centro città.

## 4.2 ATMOSFERA

### 4.2.1 PREMESSA

Lo studio dell'atmosfera è stato effettuato sulla base dei dati di traffico forniti dallo studio trasportistico e sono state considerate sia le viabilità proprie del progetto che le viabilità limitrofe, comprese entro un buffer di 350 metri e potenzialmente influenzate dall'entrata in esercizio della nuova linea.

Con le viabilità proprie del progetto è stata valutata la variazione delle concentrazioni dei principali inquinanti del traffico stradale, analizzando la differenza tra lo stato di fatto e lo stato di progetto.

La variazione assoluta delle emissioni è stata effettuata considerando anche le viabilità limitrofe con potenziali ripercussioni sui volumi di traffico nel passaggio dallo stato di fatto a quello di progetto, includendo anche uno scenario intermedio di riferimento in cui si ipotizza l'entrata in esercizio della Linea Rossa nella distribuzione dei flussi di traffico.

Si sottolinea come l'entrata in esercizio di una nuova linea tramviaria comporti un'attrazione per chi attualmente si sposta con il proprio mezzo privato e una conseguente diminuzione dei livelli di traffico sia nelle strade immediatamente adiacenti che nella complessiva rete viaria metropolitana.

A tale diminuzione dei volumi di traffico è generalmente legata una parallela diminuzione delle emissioni degli inquinanti anche in termini qualitativi, per il miglioramento delle condizioni di scorrimento veicolare e per l'adozione di nuove tecnologie antinquinamento: nella presente trattazione i fattori di emissione dello stato di fatto, relativi all'ultimo aggiornamento disponibile del 2018, sono stati mantenuti invariati anche per gli scenari futuri (scenari o di riferimento e scenario di progetto), operando a favore di sicurezza.

L'analisi si articola su un inquadramento normativo preliminare, sulla definizione degli inquinanti caratteristici del traffico stradale e sul calcolo delle concentrazioni e delle emissioni nell'area di progetto, noto lo scenario meteorologico locale e lo stato attuale della qualità dell'aria.

I livelli di fondo degli inquinanti, ottenuti dalla Banca Dati Sinanet, costituiscono la base per il confronto con lo scenario attuale con lo scenario di progetto.

La stima della dispersione in atmosfera degli inquinanti, dovuta a traffico veicolare in condizioni di esercizio della strada, è stata effettuata attraverso la simulazione con il modello di dispersione atmosferica CALINE4 (implementato nel software MMSCaline) per lo stato attuale e per lo stato di progetto.

Vengono qui riportate le simulazioni effettuate su tutto il tracciato nel suo complesso, con indicazione dell'area di interesse, in quanto le valutazioni sull'ultimo tratto di tracciato non possono comunque prescindere da quanto valutato per l'intera tratta.

#### 4.2.2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Nel 1983 vengono per la prima volta fissati in Italia alcuni standard per la qualità dell'aria, definiti come "limiti massimi accettabili delle concentrazioni e delle esposizioni" di anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), biossido di azoto (O<sub>3</sub>), monossido di carbonio (CO), piombo (Pb), fluoro (F) e polveri (D.P.C.M. 28/3/1983). Il successivo D.P.R. 203/88 introduce, oltre ai valori limite citati, i valori guida di qualità dell'aria, che costituiscono i parametri di riferimento per l'istituzione di zone specifiche per le quali è necessaria una particolare tutela della qualità dell'aria.

Successive norme fissano nuove soglie, definite come "livelli di attenzione e di allarme" per i gas inquinanti. Viene assunta a riferimento la media oraria o giornaliera, recependo anche i valori europei (Direttiva CEE/92/72) sull'inquinamento dell'aria da ozono.

Si individuano, poi, ulteriori inquinanti di interesse prioritario per la salute, quali il nickel, il benzene, la formaldeide e gli IPA cancerogeni.

Il D.M. 25/11/1994 aggiorna alcune disposizioni sull'inquinamento atmosferico, inserendo dei limiti come "obiettivi di qualità" per tre parametri: il benzene, il benzo(a)pirene e la frazione respirabile delle polveri (PM<sub>10</sub>).

La L. n° 413 del 4/11/97 impone limiti alle concentrazioni di benzene e degli altri idrocarburi aromatici nelle benzine, valori che i Comuni devono fare rispettare all'interno del proprio territorio.

Il decreto del 27/3/1998 sulla mobilità sostenibile nelle aree urbane individua le linee di azione, a carico di diversi Enti, da attuare entro precise scadenze per il conseguimento degli impegni assunti nella Conferenza di Kyoto.

Infine, il decreto del 23/10/1998, conosciuto come "Decreto Ronchi" sul benzene, individua i criteri in base ai quali i Sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione in caso di superamento dei limiti degli inquinanti atmosferici individuati dai precedenti decreti.

Per le polveri che sedimentano per effetto gravitazionale, ancora oggi non esistono, in Italia, valori limite o valori guida a cui riferirsi.

Sempre in tema di monitoraggio della qualità dell'aria sono stati emessi dal Ministero dell'Ambiente il D.M.A. del 20/5/1991 ed il D.M.A. del 12/11/1992, che definiscono i criteri per la raccolta dei dati inerenti alla qualità dell'aria, la regolamentazione delle situazioni di inquinamento atmosferico che determinano stati di allerta ed emergenza, la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane.

#### 4.2.2.1 *Il Decreto Ministero Ambiente 60/2002*

Il D.M.A. del 2/4/2002, n° 60, in recepimento delle Direttive 1999/30/CE e 2000/69/CE, stabilisce per gli inquinanti biossido di zolfo, biossido di azoto, particolato, piombo, benzene e monossido di carbonio i seguenti elementi di riferimento:

Valori limite e soglie di allarme;

Margini di tolleranza e modalità di riduzione dei margini nel tempo;

Criteri per la raccolta dei dati e soglie di valutazione;

Modalità per la comunicazione.

Tale Decreto è stato sostituito dal successivo Decreto Legislativo 155 del 13 agosto 2010.

#### 4.2.2.2 *Il Decreto Legislativo 155/2010*

Il decreto legislativo nr.155 del 13 agosto 2010 recepisce la direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e costituisce il più recente riferimento normativo per la componente aria: a livello nazionale il D. Lgs. 155/2010 istituisce un quadro normativo unitario in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria, abrogando numerose norme che in precedenza in modo frammentario disciplinavano, tra cui il precedente DM 60/2002.

Tale decreto si propone di:

- Individuare obiettivi di qualità per la salute umana e per l'ambiente;
- Individuare una metodologia comune per tutto il territorio nazionale;
- Studiare le misure da adottare sulla base dell'acquisizione dei parametri qualitativi dello stato di partenza;

- Preservare la qualità dell'aria, laddove buona, e migliorarla negli altri casi;
- Garantire l'informazione al pubblico;
- Stabilire una cooperazione tra gli Stati dell'Unione Europea in materia di inquinamento atmosferico.

Il decreto stabilisce inoltre per gli inquinanti i valori limite, i livelli critici, le soglie di allarme e i valori obiettivo.

I principi fondamentali indicati dalla normativa sono uniformità di azione, coordinamento nella gestione dei dati, zonizzazione del territorio, costruzione di una rete di monitoraggio efficace e congrua, gestione e controllo pubblico, inquadramento dei problemi di superamento, definizione dei soggetti con competenze di tipo amministrativo.

Si riportano di seguito le indicazioni del decreto per gli inquinanti:

#### Limiti Livelli di concentrazione stabiliti dal D.lgs. 155/2010

Inquinante	Tipo protezione	Indice statistico	Unità di misura	Soglia Allarme	Limite	Numero sup./anno	Soglia val. sup.		Soglia val. inf.	
							livello sup./anno		livello sup./anno	
NOx	vegetazione	media annuale	µg/m³		30		24		19,5	
NO2	salute umana	media oraria	µg/m³	400 per 3h	200	18/anno	140	18/anno	100	18/anno
	salute umana	media annuale	µg/m³		40		32		26	

#### Limiti Livelli di concentrazione stabiliti dal D.lgs. 155/2010

Inquinante	Tipo protezione	Indice statistico	Unità di misura	Soglia Allarme	Limite	Numero sup./anno	Soglia val. sup.		Soglia val. inf.	
							livello sup./anno		livello sup./anno	
Monossido di Carbonio - CO	salute umana	massimo su 24 ore della media mobile 8h	mg/m³		10		7		5	

#### Limiti Livelli di concentrazione stabiliti dal D.lgs. 155/2010

Inquinante	Tipo protezione	Indice statistico	Unità di misura	Soglia Allarme	Limite	Numero sup./anno	Soglia val. sup. livello sup./anno		Soglia val. inf. livello sup./anno	
PM10	salute umana	media 24 ore	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		50	35/anno	35	35/anno	25	35/anno
	salute umana	media annuale	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		40		28		20	

Inquinante	Tipo protezione	Indice statistico	Unità di misura	limite per l'anno 2008	limite per l'anno 2009	limite per l'anno 2010	limite per l'anno 2011	limite per l'anno 2012	limite per l'anno 2013	limite per l'anno 2014	limite per l'anno 2015	livello Soglia val. sup.	Livello Soglia val. inf.
PM2,5	salute umana	media annuale	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 30$	$\leq 29$	$\leq 29$	$\leq 28$	$\leq 27$	$\leq 26$	$\leq 26$	$\leq 25$	17	12

#### 4.2.2.3 Tabella riassuntiva dei limiti di concentrazione

Inquinante	Limite di riferimento ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Base temporale	Note	Normativa di riferimento
Biossido di azoto $\text{NO}_2$	200	Media oraria	18 superamenti/anno	D. Lgs. 155/2010
	40	Media annuale		D. Lgs. 155/2010
Ossidi di azoto $\text{NO}_x$	30	Media annuale		D. Lgs. 155/2010
Particolato $\text{PM}_{10}$	50	Media 24 ore	35 superamenti/anno	D. Lgs. 155/2010
Particolato $\text{PM}_{2,5}$	25	Media 24 ore		D. Lgs. 155/2010
Monossido di carbonio $\text{CO}$	10 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Max su media mobile 8 ore		D. Lgs. 155/2010

#### 4.2.2.4 Piano di gestione qualità dell'aria

La zonizzazione della Regione Emilia Romagna del 2011, che ripartisce il territorio regionale in tre distinte zone, "Appennino", "Pianura Ovest" e la "Pianura Est", individua una quarta zona, non omogenea, l'Agglomerato, coincidente con il territorio di Bologna, il quale a sua volta ricomprende in parte Pianura Est e Appennino.

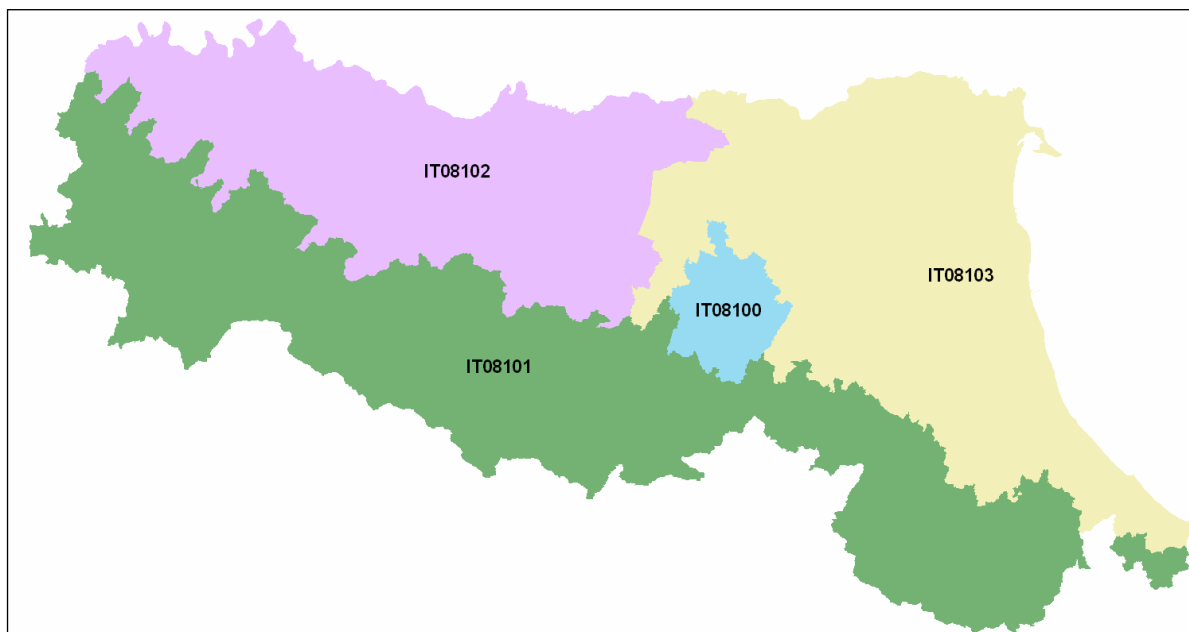


Figura 4-3 – Zonizzazione regionale 2011

IT08100	AGGLOMERATO
IT08101	APPENNINO
IT08102	PIANURA OVEST
IT08103	PIANURA EST

A sua volta la zonizzazione suddetta si articola in un'ulteriore distinzione in zone in funzione delle stazioni di rilevamento degli inquinanti.

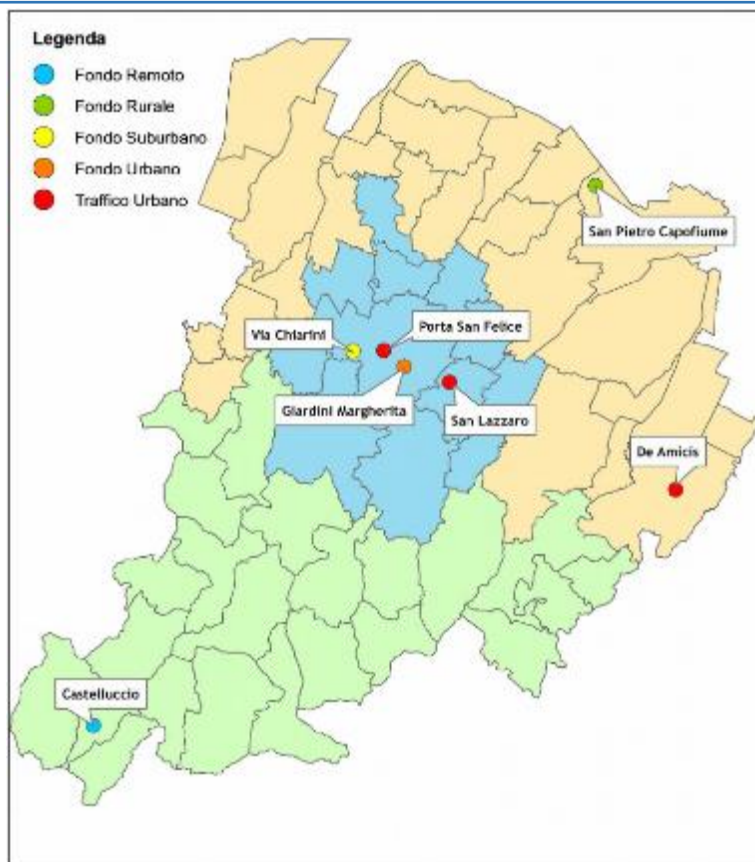


Figura 4-4 – Stazioni di rilevamento degli inquinanti

#### 4.2.3 INQUINANTI CARATTERISTICI DEL TRAFFICO STRADALE

Si approfondiscono di seguito le proprietà degli inquinanti che caratterizzano in modo significativo il traffico stradale.

##### 4.2.3.1 Ossidi di azoto (NOX)

Gli ossidi di azoto (NO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub> ed altri) sono generati da processi di combustione, qualunque sia il combustibile utilizzato, per reazione diretta tra l'azoto e l'ossigeno dell'aria ad alta temperatura (superiore a 1.200 °C).

Il termine NO<sub>x</sub> indica la somma del monossido di azoto (NO) e del biossido di azoto (NO<sub>2</sub>). L'ossido di azoto è un inquinante primario che si forma generalmente dai processi di combustione ad alta temperatura; è un gas a tossicità limitata, al contrario del biossido di azoto. L' NO<sub>2</sub> ha un odore

forte, pungente, è irritante e di colore giallo-rosso. È responsabile, con altri prodotti, del cosiddetto smog fotochimico, in quanto base per la produzione di una serie di inquinanti secondari pericolosi come l'ozono o l'acido nitrico. Contribuisce per circa un terzo alla formazione delle piogge acide.

I processi di combustione (centrali termoelettriche, riscaldamento, motori a combustione interna quali quelli degli autoveicoli) emettono quale componente principale monossido di azoto (NO) che, nelle emissioni di un motore a combustione interna, rappresenta circa il 98 % delle emissioni totali di ossidi di azoto. Successivamente il monossido di azoto (NO) in presenza di ozono (O<sub>3</sub>) e di radicali ossidanti si trasforma in biossido di azoto.

La miscela degli ossidi di azoto, una volta immessa nell'ambiente, vi permane anche per alcuni giorni, prima di essere rimossa con formazione di acido nitrico (HNO<sub>3</sub>) e quindi di nitrati.

#### 4.2.3.2 *Polveri fini (PM<sub>10</sub>) e finissime (PM<sub>2.5</sub>)*

Le polveri fini, denominate PM<sub>10</sub>, sono delle particelle inquinanti presenti nell'aria che respiriamo. Queste piccole particelle possono essere di natura organica o inorganica e presentarsi allo stato solido o liquido. Le particelle sono capaci di adsorbire sulla loro superficie diverse sostanze con proprietà tossiche quali solfati, nitrati, metalli e composti volatili.

Le polveri fini vengono classificate secondo la loro dimensione, che può determinare un diverso livello di nocività. Infatti, più queste particelle sono piccole più hanno la capacità di penetrare nell'apparato respiratorio.

Le PM<sub>10</sub> (diametro inferiore a 10 µm) possono essere inalate e penetrare nel tratto superiore dell'apparato respiratorio, dal naso alla laringe.

Il livello di concentrazione delle PM<sub>10</sub> nelle aree urbane aumenta nel periodo autunno-inverno, cioè quando al traffico veicolare già intenso dovuto alla riapertura delle scuole e alla ripresa della normale attività lavorativa, si aggiungono le emissioni di polveri derivanti dall'accensione degli impianti di riscaldamento. Anche le condizioni meteorologiche di questo periodo determinano

un innalzamento del livello delle polveri fini. Fenomeni atmosferici come quello dell'inversione termica, infatti, causano lo schiacciamento delle polveri al suolo e ne impediscono la dispersione.

Studi epidemiologici, confermati anche da analisi cliniche e tossicologiche, hanno dimostrato come l'inquinamento atmosferico abbia un impatto sanitario notevole; quanto più è alta la concentrazione di polveri fini nell'aria, infatti, tanto maggiore è l'effetto sulla salute della popolazione.

Gli effetti di tipo acuto sono legati ad una esposizione di breve durata (uno o due giorni) a elevate concentrazioni di polveri contenenti metalli. Questa condizione può provocare infiammazione delle vie respiratorie, come crisi di asma, o inficiare il funzionamento del sistema cardiocircolatorio.

Gli effetti di tipo cronico dipendono, invece, da una esposizione prolungata ad alte concentrazioni di polveri e possono determinare sintomi respiratori come tosse e catarro, diminuzione della capacità polmonare e bronchite cronica. Per soggetti sensibili, cioè persone già affette da patologie polmonari e cardiache o asmatiche, è ragionevole temere un peggioramento delle malattie e uno scatenamento dei sintomi tipici del disturbo. Studi condotti in materia hanno anche registrato un aumento dei ricoveri ospedalieri e della mortalità per patologie respiratorie e cardiache direttamente riferibili all'inquinamento da polveri.

Per particolato ultra fine o polveri finissime PM2.5 si intendono tutte le particelle solide o liquide sospese nell'aria con dimensioni microscopiche e quindi inalabili. Il PM2.5 è definito come il materiale particolato con un diametro aerodinamico medio inferiore a 2.5 micron. Le sorgenti del particolato possono essere antropiche e naturali. Le fonti antropiche sono riconducibili principalmente ai processi di combustione quali: emissioni da traffico veicolare, utilizzo di combustibili, emissioni industriali. Come per il PM10 le fonti naturali sono sostanzialmente: aerosol marino, suolo risollevato e trasportato dal vento etc.

#### 4.2.3.3 *Monossido di carbonio (CO)*

Il monossido di carbonio è un gas inodore e incolore che si forma dalla combustione incompleta degli idrocarburi presenti in carburanti e combustibili. È un inquinante primario con un tempo di permanenza in atmosfera relativamente lungo (circa quattro mesi) e con una bassa reattività chimica. Le concentrazioni in aria di questo inquinante possono essere ben correlate all'intensità del traffico in vicinanza del punto di rilevamento. Inoltre, la concentrazione spaziale su piccola scala del CO risente in modo rilevante dell'interazione tra le condizioni micrometeorologiche e la struttura topografica delle strade (effetto Canyon).

Nelle aree urbane il monossido di carbonio è emesso in prevalenza dal traffico autoveicolare, è considerato come il tracciante di riferimento durante tutto il corso dell'anno per questo tipo di inquinamento.

A elevate concentrazioni è un potente veleno. Gli effetti sull'uomo sono legati alla caratteristica di interferenza sul trasporto di ossigeno (formazione di carbossiemoglobina) ai tessuti e in particolare al sistema nervoso centrale.

Non sono stati riscontrati effetti particolari sull'uomo per concentrazioni di carbossiemoglobina inferiori al 2%, corrispondente a un'esposizione per 90' a 47 mg/m<sup>3</sup>. Se l'esposizione sale a 8 ore, concentrazioni di CO di 23 mg/m<sup>3</sup> non possono essere considerate ininfluenti per particolari popolazioni a rischio, quali soggetti con malattie cardiovascolari e donne in gravidanza.

È raccomandabile quindi un valore limite non superiore a 10-11 mg/m<sup>3</sup> su 8 ore, a protezione della salute in una popolazione generale, e di 7-8 mg/m<sup>3</sup> su 24 ore (CCTN, 1995).

#### 4.2.4 *INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO*

##### 4.2.4.1 *Stato del clima*

Lo stato della qualità dell'aria è il risultato di una complessa compartecipazione sia di processi che coinvolgono i moti dell'aria, sia di trasformazioni chimico-fisiche che possono portare alla formazione di nuove specie inquinanti, dette secondarie.

La dispersione degli inquinanti, determinata da fenomeni di turbolenza (dispersione verticale) e di trasporto delle masse d'aria (dispersione orizzontale), come pure la loro rimozione sono strettamente dipendenti dal comportamento dinamico degli strati bassi dell'atmosfera.

Ne consegue che nello studio dello stato della qualità dell'aria è importante avere informazioni sui parametri meteorologici che più influenzano i meccanismi di accumulo, trasporto, diffusione, dispersione e trasformazione degli inquinanti in atmosfera.

Di seguito si riportano in maniera sintetica i dati di cui al "Rete Regionale di monitoraggio e valutazione della qualità dell'aria Provincia di Bologna - Report dei dati 2019" relativi ai principali indicatori meteorologici, riferiti all'anno 2019 ed elaborati a partire dalla stazione meteorologica di riferimento di Bologna Urbana, maggiormente rappresentativa dell'area urbana della Città Metropolitana.

Per alcuni parametri è stato effettuato il confronto con il 2018 e con il clima di riferimento relativo al trentennio 1961-1990 per la stazione di Bologna – Borgo Panigale.

#### 4.2.4.2 *Temperatura*

Nella figura che segue sono riportati gli andamenti delle temperature minima, media e massima mensili (°C) per l'anno 2019 riferiti alla stazione meteorologica di Bologna Urbana: per la stessa stazione si riportano inoltre gli scostamenti rispetto al 2018 (istogramma in grigio) e il trend dei valori normali climatici delle temperature medie (linea rossa).

In particolare la temperatura massima (°C), nel periodo estivo, rappresenta uno dei fattori principali per la misura dell'intensità dei processi fotochimici e della produzione di ozono troposferico.

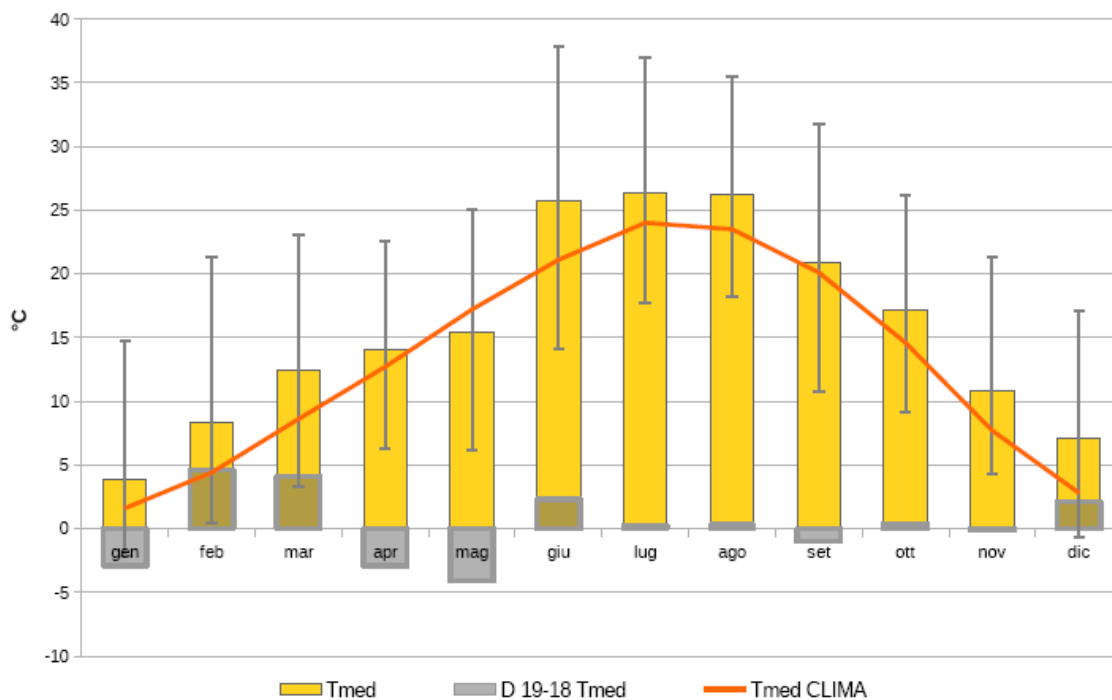


Figura 4-5– Andamenti temperatura stazione meteorologica Bologna Urbana

#### 4.2.4.3 Precipitazioni

Nella figura che segue sono rappresentati i dati di precipitazione cumulata mensile (2019), i valori normali climatici di queste e gli scostamenti rispetto al 2018. I parametri rilevati mostrano una variazione vicina al -13% dei millimetri totali di pioggia registrati rispetto all'anno 2018 (653 mm nel 2019 contro i 748 mm del 2018), mentre il trend di precipitazioni risulta inferiore rispetto al riferimento climatico (trentennio 1961-1990), registrando un -8%. Si osserva un netto aumento dei valori rispetto all'annata 2017 nel mese di febbraio, quando è piovuto circa un quarto del quantitativo annuale 2018. In generale i mesi di febbraio (circa 20 mm), marzo (14,4 mm), giugno (circa 26 mm) e ottobre (circa 38 mm) sono risultati i più siccitosi dell'anno, con scostamenti importanti rispetto alla norma (tra -45% a - 77%) e rispetto al 2018. Dal punto di vista della rimozione degli inquinanti tramite meccanismi di deposizione umida viene fissata come soglia di significatività una precipitazione cumulata giornaliera di 0,3mm. Tale scelta è da ricondurre alla definizione di "giorno critico per l'accumulo di PM10" elaborata da Arpa-SIMC. Sono infatti

stabilite come “favorevoli all’accumulo di PM10” le giornate con precipitazione inferiore a 0,3 mm e indice di ventilazione inferiore a 800 m<sup>2</sup>/sec.

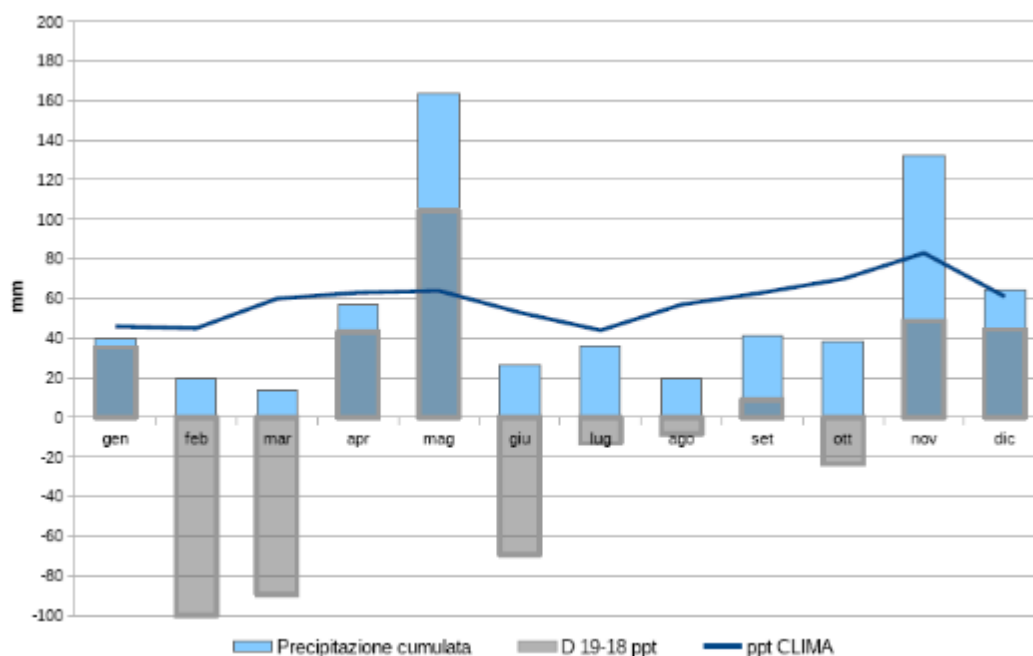


Figura 4-6– Precipitazione cumulata mensile (mm) Bologna Urbana

#### 4.2.4.4 Direzione e velocità del vento

La direzione di provenienza del vento (°) è utile per valutare il trasporto degli inquinanti in atmosfera e può dare indicazioni sulla zona da e verso cui questi ultimi tendono a diffondere. La velocità del vento (m/s) influenza l’allontanamento degli inquinanti dalle sorgenti di emissione e risulta determinante per quanto riguarda i meccanismi di accumulo o di dispersione in funzione della sua intensità. La rosa dei venti fornisce una rappresentazione in frequenza della distribuzione delle classi di velocità del vento per settore di provenienza; quelle riportate nelle figure che seguono sono relative all’anno 2019.

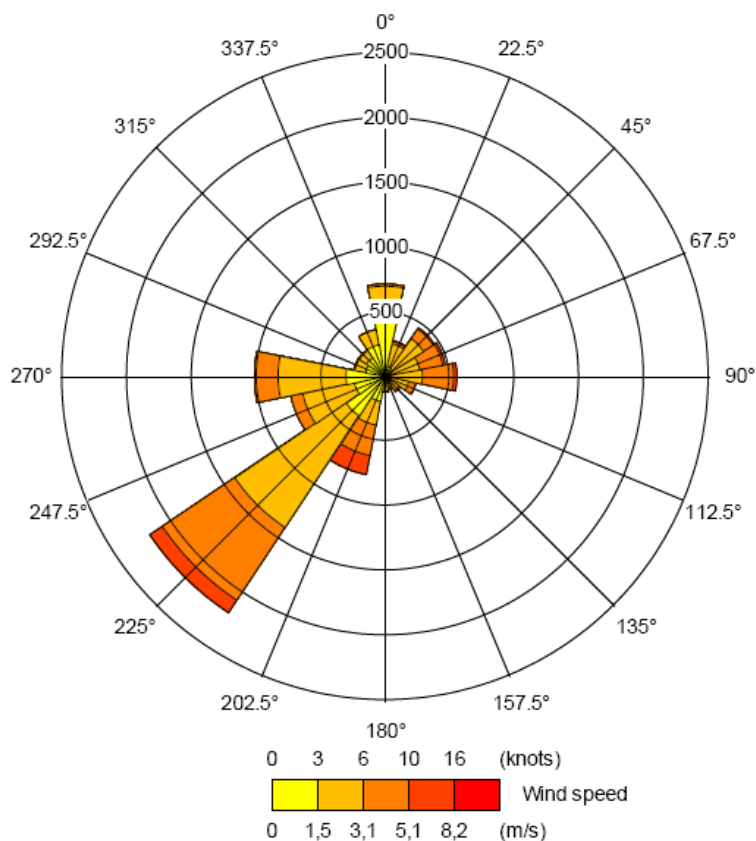
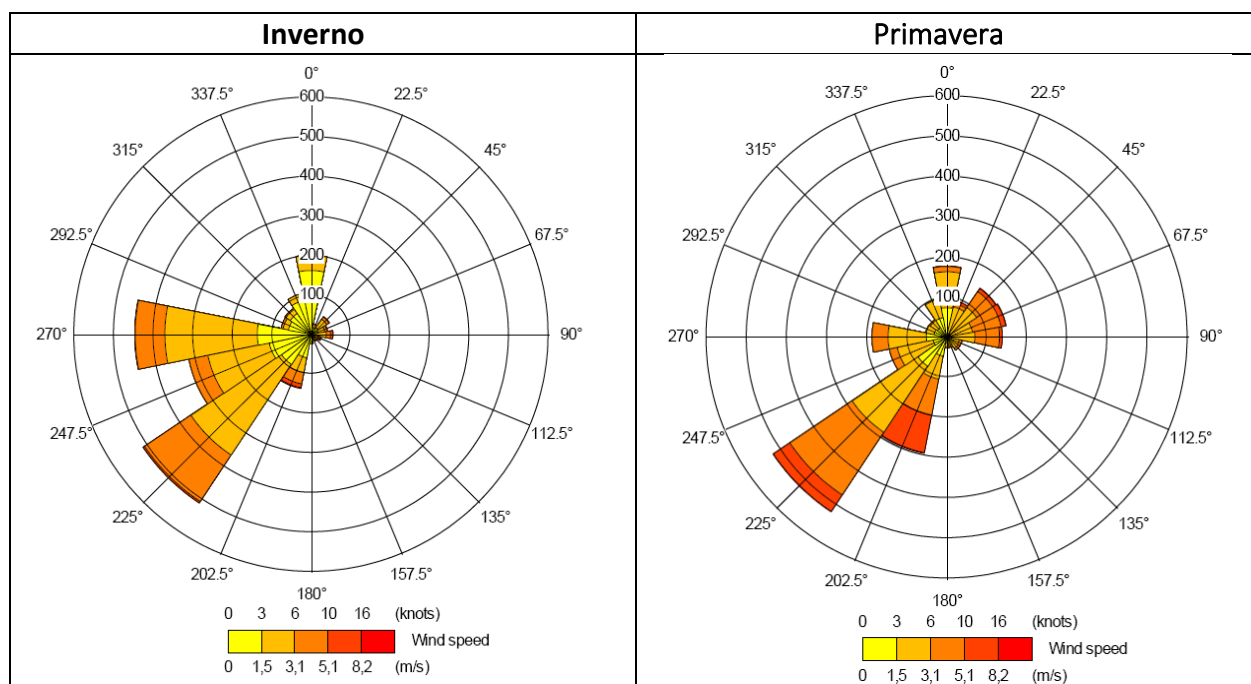


Figura 4-7– Rosa dei venti, anno 2019 Bologna Urbana



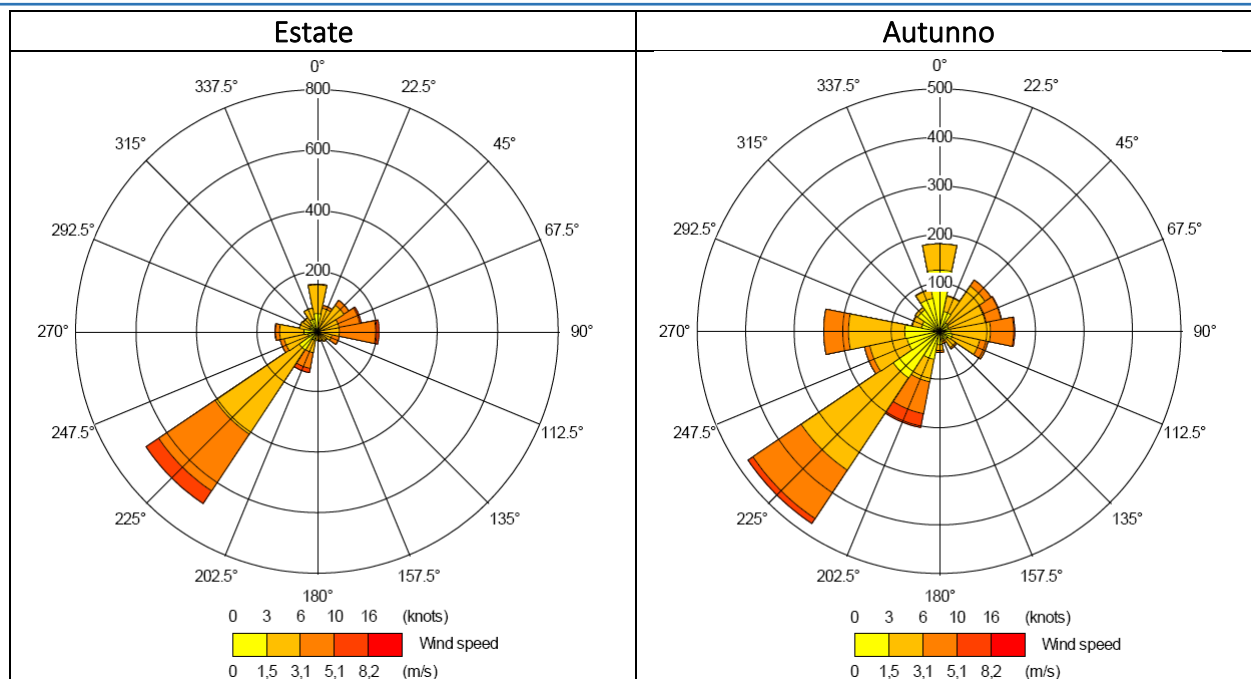


Figura 4-8– Rose dei venti stagionali 2019 Bologna Urbana

La suddivisione dei dati di velocità del vento secondo la scala Beaufort evidenzia come valori compresi tra 0,3 e 3,3 m/s rimangano in assoluto i più frequenti, rappresentando quasi sempre dall'80 a oltre il 90% del campione mensile e circa l'84% su base annuale

Tra le varie classi, prevale per tutto l'anno il grado 2 "brezza leggera" (1,6-3,3m/s), mentre il grado 1 "bava di vento" (0,3-1,5m/s) prevale nel primo e nell'ultimo trimestre. Le classi associate a velocità superiori risultano maggiormente popolate tra i mesi di marzo e giugno.

Il maggior numero di "calme" (<0,2m/s) si è registrato nel mese di novembre.

- Altezza di rimescolamento:

Lo strato di rimescolamento è un indicatore del grado di ricircolo in senso verticale dell'aria: un maggiore spessore di tale strato indicherà una minore concentrazione di inquinanti misurata al suolo.

Nella figura che segue sono riportati i tipici andamenti sulle 24 ore dell'altezza di rimescolamento (m) delle diverse stagioni del 2019.

Si osserva un innalzamento a partire dalle prime ore del mattino (più tardi e più gradualmente in inverno, più rapidamente in estate) fino a raggiungere il valore massimo nel pomeriggio, nella fascia oraria dalle 13 alle 15. Segue una diminuzione all'approssimarsi delle ore serali (molto più rapida e più tardi in estate) fino a raggiungere i valori minimi caratteristici delle ore notturne. Nel periodo diurno la variazione stagionale risulta decisamente più marcata: lo spessore dello strato di rimescolamento arriva al massimo fino a circa 450 m nei mesi invernali e a valori oltre i 1800 m in estate, in concomitanza con la maggiore occorrenza di condizioni instabili. I valori notturni sono confrontabili nelle varie stagioni (attorno a 200m).

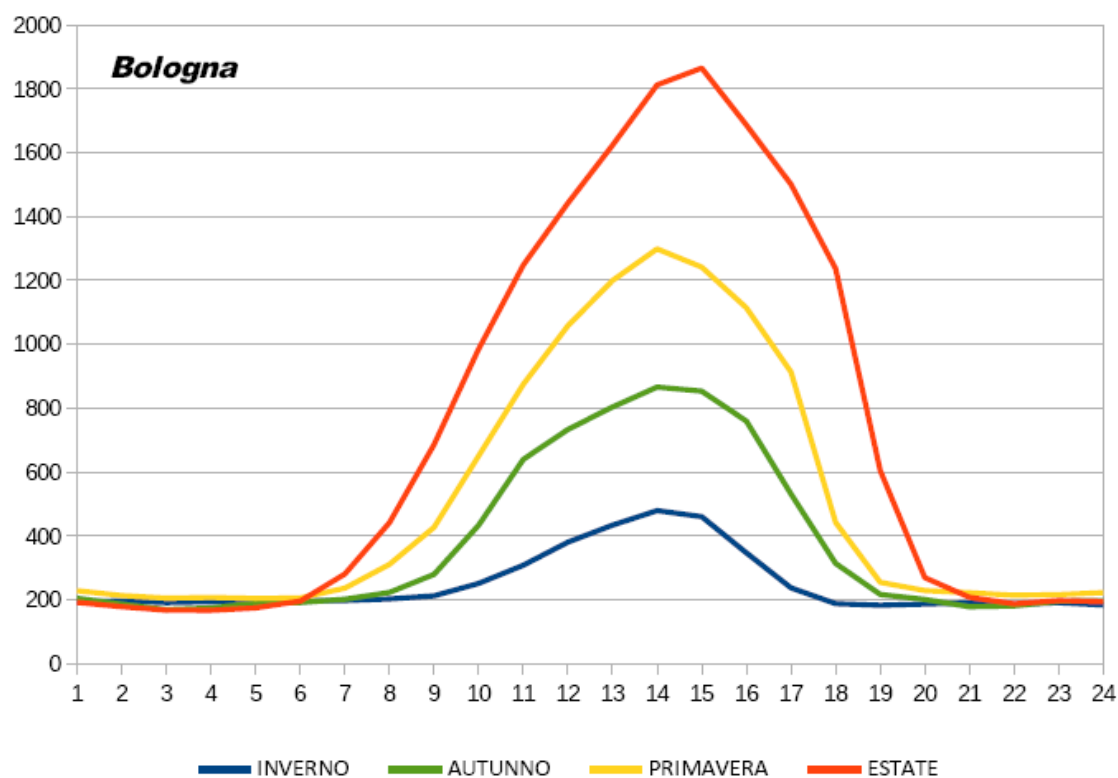


Figura 4-9– Altezza di rimescolamento (m), giorno tipo stagionale 2019

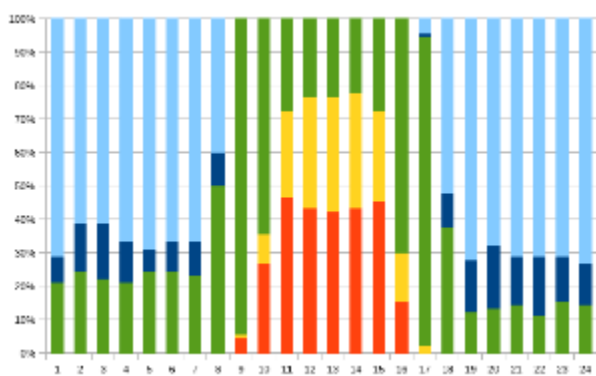
#### 4.2.4.5 Stabilità atmosferica

Le categorie di stabilità atmosferica sono utili ai fini della valutazione delle condizioni presenti nello strato di rimescolamento, ovvero del grado di turbolenza che lo caratterizza e

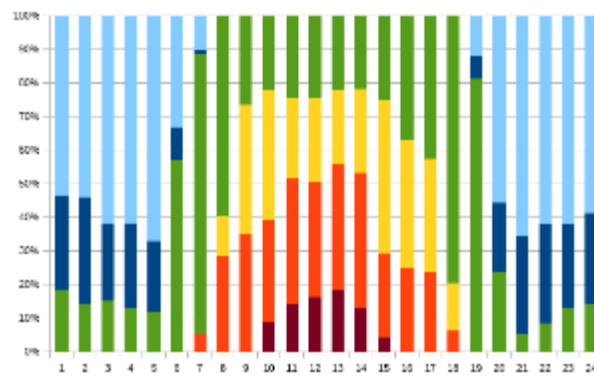
conseguentemente della rapidità della dispersione delle sostanze inquinanti nell'aria o viceversa del loro accumulo.

Le diverse condizioni di stabilità atmosferica vengono solitamente rappresentate mediante una classificazione semplificata, che prevede 6 categorie di intensità della turbolenza atmosferica. Di seguito sono riportati i grafici relativi ai giorni tipo stagionali della frequenza percentuale con cui ricorrono le varie classi di stabilità per l'anno 2019.

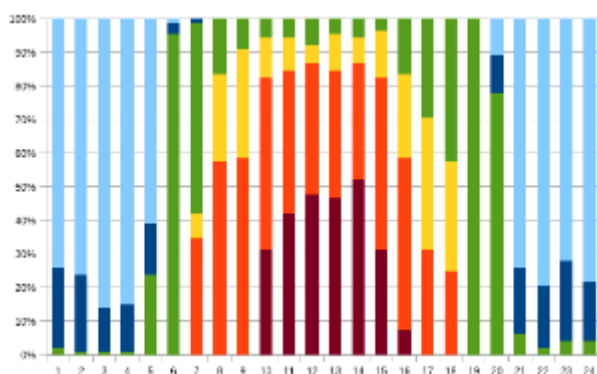
- ■ classe A o fortemente instabile
- ■ classe B o moderatamente instabile
- ■ classe C o debolmente instabile
- ■ classe D o neutra
- ■ classe E o debolmente stabile
- ■ classe F o stabile.



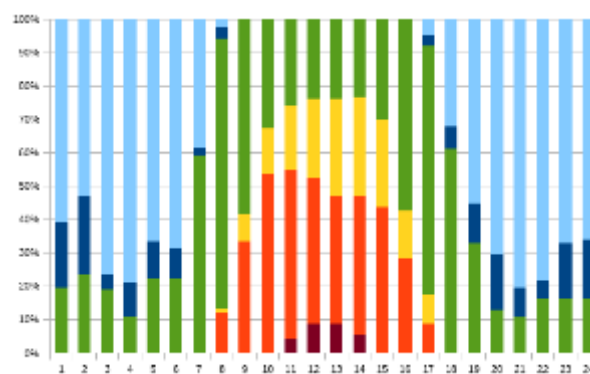
Giorno tipo invernale



Giorno tipo primaverile



Giorno tipo estivo



Giorno tipo autunnale

Il confronto stagionale permette di evidenziare la maggior presenza della classe D riferita a condizioni neutrali nelle giornate inverno-autunnali, con percentuali di occorrenza molto variabili e a tutte le ore del giorno.

La classe A, indicativa di condizioni fortemente instabili, è presente quasi esclusivamente nel periodo estivo-primaverile e con frequenza significativamente superiore al 10% nelle ore centrali della giornata, quando risultano maggiormente attivi i meccanismi di turbolenza termica.

Rispetto all'anno precedente si riscontra un maggior numero di ore in classe F e in classe B nel periodo invernale, mentre in estate sono aumentate le percentuali di occorrenza delle classi A. Il giorno tipico autunnale del 2019 mostra nella parte centrale della giornata un aumento delle percentuali di ore in classe B, invece in primavera si ha una leggera diminuzione delle classi instabili a favore di condizioni neutrali.

#### 4.2.5 STATO ATTUALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

L'esame dei dati rilevati nell'anno 2019 dalle stazioni della rete di monitoraggio sul territorio provinciale di Bologna è stato affrontato riferendosi ai valori limite e valori obiettivo definiti dalla normativa nazionale vigente, utilizzando tabelle ed elaborati grafici riferiti sia al periodo di osservazione sia agli andamenti temporali degli ultimi cinque anni.

Per ogni inquinante monitorato sono riportati:

- una tabella introduttiva relativa agli indicatori statistici dell'anno per ciascuna stazione di misura (elaborati sui valori orari per i gas e su valori medi giornalieri per il particolato);
- il relativo box plot;
- gli andamenti delle medie mensili mediante specifici grafici.

Nella tabella riassuntiva iniziale sono indicati in arancio i superamenti del valore limite annuale e in grigio i casi con una percentuale di dati validi su base annua inferiore al 90% (valore minimo richiesto dalla normativa per la rappresentatività dei dati). La percentuale di dati validi, definita efficienza o rendimento, è riferita al numero di dati attesi sul periodo considerato. Per ciascun parametro analizzato è data inoltre indicazione dei valori che ricadono al di sotto del limite di quantificazione dello strumento.

Alle stazioni di misura la normativa vigente richiede che siano applicati gli obiettivi di qualità indicati all'Allegato I del D. Lgs. 155/2010, per i quali è previsto una copertura minima annuale di dati pari al 90%.

Nell'elaborazione mensile e annuale sono stati presentati, in quanto ritenuti sufficientemente rappresentativi, i valori calcolati su una percentuale di dati validi almeno del 75%. Ai fini dell'elaborazione giornaliera sono richiesti almeno 18 dati orari (75% di dati validi nel giorno). Nella tabella che segue si riporta per ciascun analizzatore l'efficienza percentuale raggiunta nel 2019 per le stazioni di interesse.

STAZIONE	NO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	O <sub>3</sub>	BTX
Bologna Porta San Felice	99%	100%	98%	97%	-	96%
Bologna Giardini Margherita	99%	-	96%	98%	100%	-
Bologna Chiarini	100%	-	95%	-	100%	-

Tabella 4-1 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria - Report 2019 – Rendimenti annuali analizzatori rete

#### 4.2.5.1 Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

STAZIONE	min	50°	MEDIA	90°	95°	98°	MAX	n° sup. orari 200 µg/m <sup>3</sup>
Bologna Porta San Felice	<12	46	46	69	78	89	148	0
Bologna Giardini Margherita	<12	17	21	41	47	52	83	0
Bologna Via Chiarini	<12	17	21	42	51	60	116	0

Tabella 4-2 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria - Report 2019- Concentrazioni in µg/m<sup>3</sup>

 > valore limite (40 µg/m<sup>3</sup>)

Per l'anno 2019 si evince quanto di seguito:

- la media annuale di biossido di azoto non rispetta il valore limite di legge (40 µg/m<sup>3</sup>) nella stazione di Porta San Felice;
- il valore limite sulla media oraria di 200 µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 18 volte nel corso di un anno viene rispettato in tutte le stazioni;
- la soglia di allarme di 400 µg/m<sup>3</sup> non è mai stata raggiunta da nessuna delle centraline prese in esame.

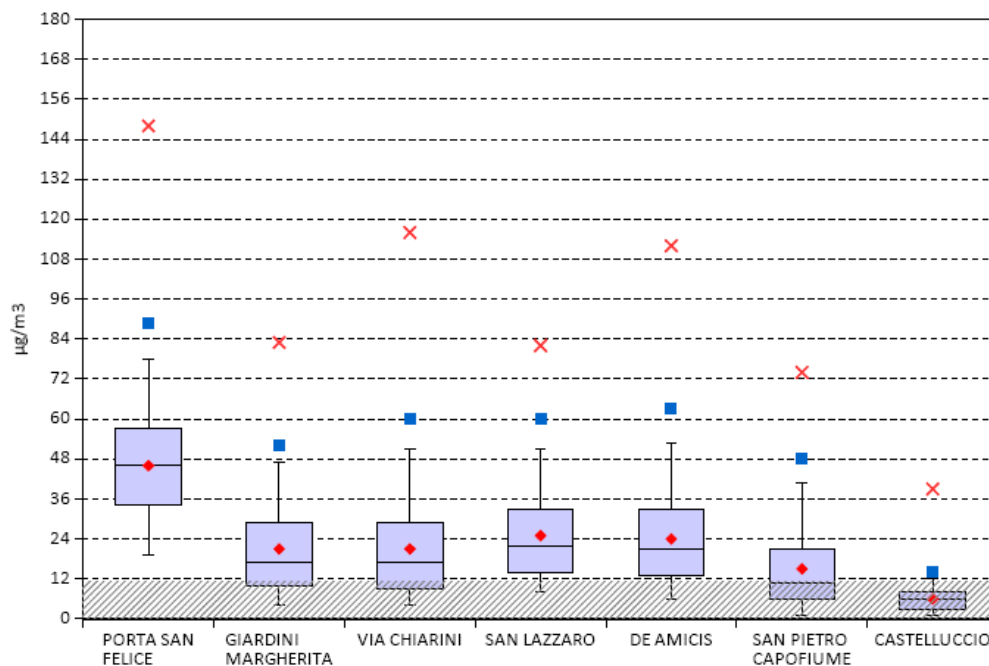


Figura 4-10 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria Report 2019 - NO<sub>2</sub>: Box Plot delle statistiche annuali 2019

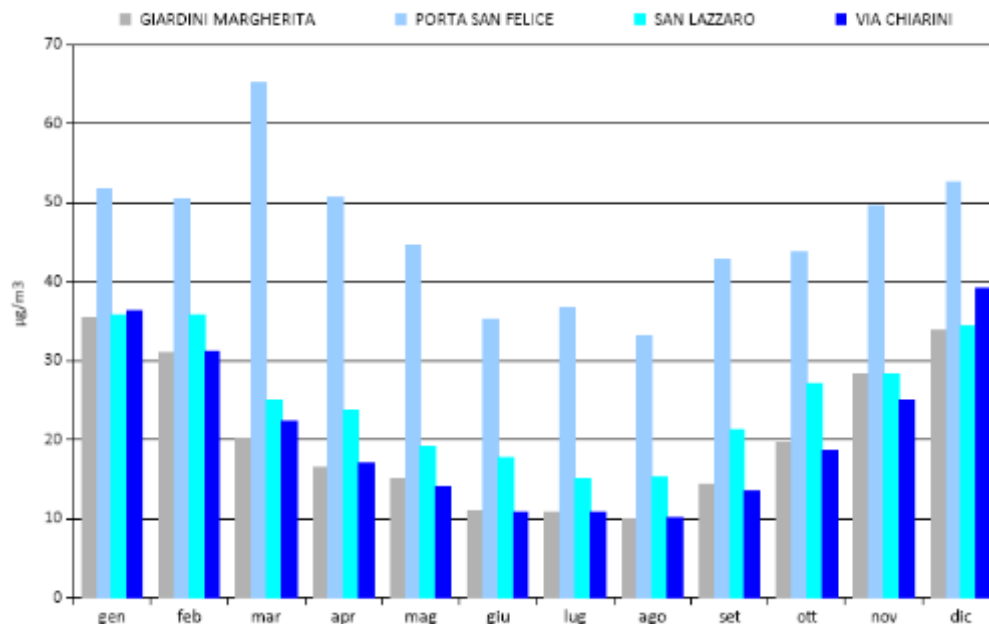


Figura 4-11 – Rete di monitoraggio qualità dell'aria Report 2019 – Agglomerato - NO<sub>2</sub>: Concentrazioni medie mensili

Nell'Agglomerato (fig. sopra), i valori medi di NO<sub>2</sub> più elevati sono stati registrati dalla stazione da traffico di Porta San Felice, in particolare nel mese di marzo.

Nel grafico che segue si riportano i valori delle medie annuali rilevate a partire dall'anno 2009. Non si evince un trend univoco sul lungo periodo per gli anni considerati. Per le stazioni da traffico si osserva che il valore limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup> è stato sempre superato a Porta San Felice.

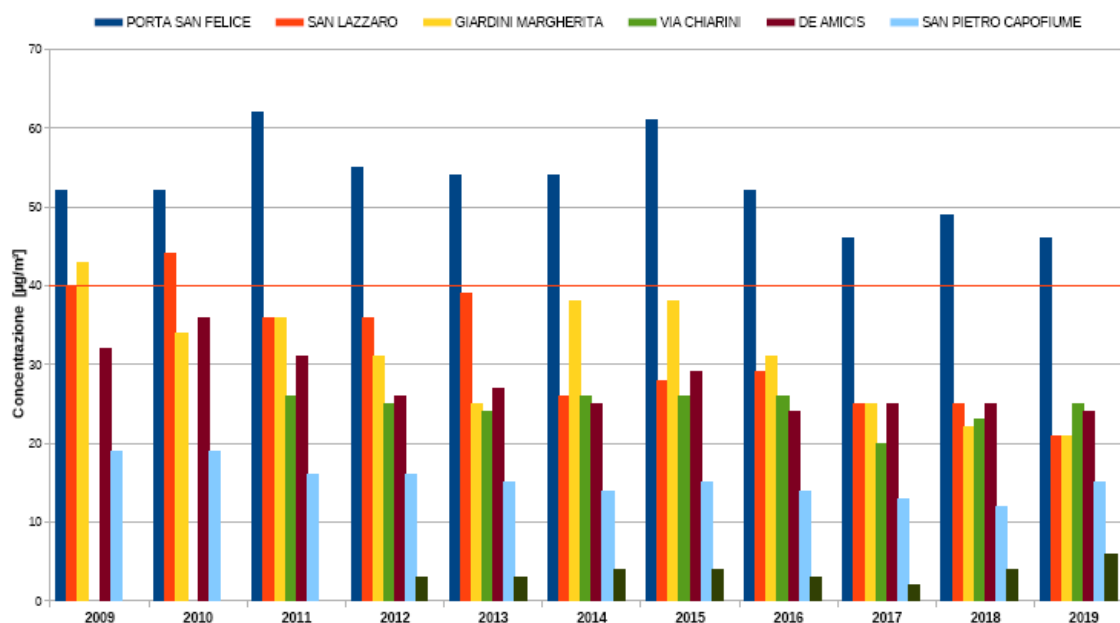


Figura 4-12 – Rete di monitoraggio qualità dell'aria Report 2019 – Agglomerato - NO<sub>2</sub>: Confronto medie annuali 2009-2019

#### 4.2.5.2 Ozono (O<sub>3</sub>)

L'ozono è un componente gassoso dell'atmosfera molto reattivo e aggressivo. Negli strati alti dell'atmosfera terrestre (stratosfera) è di origine naturale e aiuta a proteggere la vita sulla Terra, creando uno scudo che filtra i raggi ultravioletti del Sole. Invece negli strati bassi dell'atmosfera terrestre (troposfera) è presente in concentrazioni elevate a seguito di situazioni d'inquinamento e provoca disturbi irritativi all'apparato respiratorio e danni alla vegetazione.

STAZIONE	min	50°	MEDIA	90°	95°	98°	MAX
Bologna Giardini Margherita	<8	44	50	107	125	143	204
Bologna Chiarini	<8	36	44	104	126	146	226

Tabella 4-3 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria - Report 2019 - O<sub>3</sub>: Concentrazioni in µg/m<sup>3</sup>

Dall'analisi delle concentrazioni medie mensili calcolate per l'anno 2019 è possibile mettere in evidenza l'andamento stagionale dell'ozono, con valori molto simili in quasi tutte le stazioni di rilevamento di tale parametro.

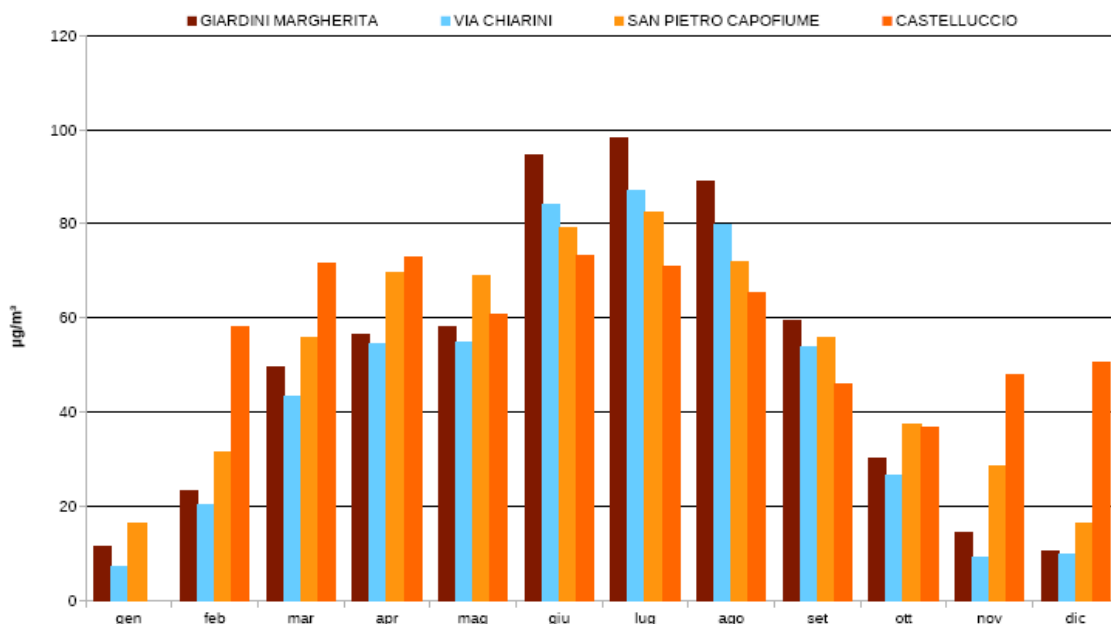



Figura 4-13 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria Report 2018 – O3: Concentrazioni medie mensili

I valori medi mensili più elevati sono stati registrati tra luglio e agosto, con una crescita più graduale nella transizione inverno-estate ed un brusco calo nel passaggio estate-inverno.

O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) – medie mensili anno 2019												
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Bologna Giardini Margherita	12	23	49	56	58	95	98	89	60	30	15	11
Bologna Chiarini	<8	20	43	55	55	84	87	80	54	27	9	10

Tabella 4-4 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria Report 2019– O3: Concentrazioni Medie mensili anno 2019

 percentuale di dati validi inferiore al 90%

Per quanto attiene all'ozono troposferico i limiti da rispettare stabiliti dal D. Lgs. 155/2010 per la protezione della salute umana sono riferiti sia al breve periodo sia al medio-lungo periodo.

Per il breve periodo sono definite 2 soglie di concentrazione limite:


la "soglia di informazione", pari a 180 µg /m<sup>3</sup> di ozono misurato in aria come media oraria;

la "soglia di allarme" pari a 240 µg /m<sup>3</sup> di ozono misurato in aria come media oraria.

Non sono stati rilevati superamenti della soglia di informazione nell'arco dell'anno 2019.

O <sub>3</sub> anno 2019 – numero di giorni di superamento soglia di informazione (180 µg/m <sup>3</sup> )													
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	2019
Bologna Giardini Margherita	0	0	0	0	0	5	13	0	0	0	0	0	18
Bologna Chiarini	0	0	0	0	0	8	17	0	0	0	0	0	25

Tabella 4-5 – Rete di monitoraggio qualità dell'aria Report 2019 – O<sub>3</sub>: Superamenti soglia di informazione - anno 2019

 percentuale di dati validi inferiore al 90%

Nella tabella che segue si riporta il numero dei superamenti dei valori obiettivo per l'anno considerato come media degli ultimi 3 anni. Si rileva come in entrambe le stazioni vi sia stato superamenti del limite normativo.


O <sub>3</sub> anno 2019 – numero giorni di superamento valore obiettivo (120 mg/m <sup>3</sup> )		
Stazione	media 3 anni	
Bologna Giardini Margherita	50	
Bologna Chiarini	50	
LIMITE NORMATIVO	N° max sup	25

Tabella 4-6 – Rete di monitoraggio qualità dell'aria Report 2019 – O<sub>3</sub>: Superamenti valore obiettivo per salute umana -2019

Nella tabella che segue si riporta il numero di superamenti riferiti ad un anno: in entrambe le stazioni sono stati rispettati i criteri di aggregazione dei valori.

O <sub>3</sub> anno 2019 – numero di giorni di superamento obiettivo a lungo termine (120 µg/m <sup>3</sup> )													
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	2019
Bologna Giardini Margherita	0	0	0	0	0	16	19	22	2	0	0	0	59
Bologna Chiarini	0	0	0	0	0	17	18	21	4	0	0	0	60

Tabella 4-7 – Rete monitoraggio qualità aria Report 2019 – O<sub>3</sub>: Superamenti obietti. lungo termine per la salute umana anno 2019

 percentuale di dati validi inferiore al 90%

 mesi estivi <5

Nel grafico che segue si riportano le serie annuali dei superamenti dell'obiettivo a lungo termine confrontati con il numero di giorni favorevoli alla formazione di ozono, definiti come le giornate in cui la temperatura massima supera i 29°C. Dal punto di vista qualitativo si osserva un andamento generalmente concorde fra le due grandezze, ma non per tutte le stazioni, a conferma di come la formazione dell'ozono sia governata sia dalle condizioni meteorologiche che dalla collocazione territoriale delle stazioni monitorate.

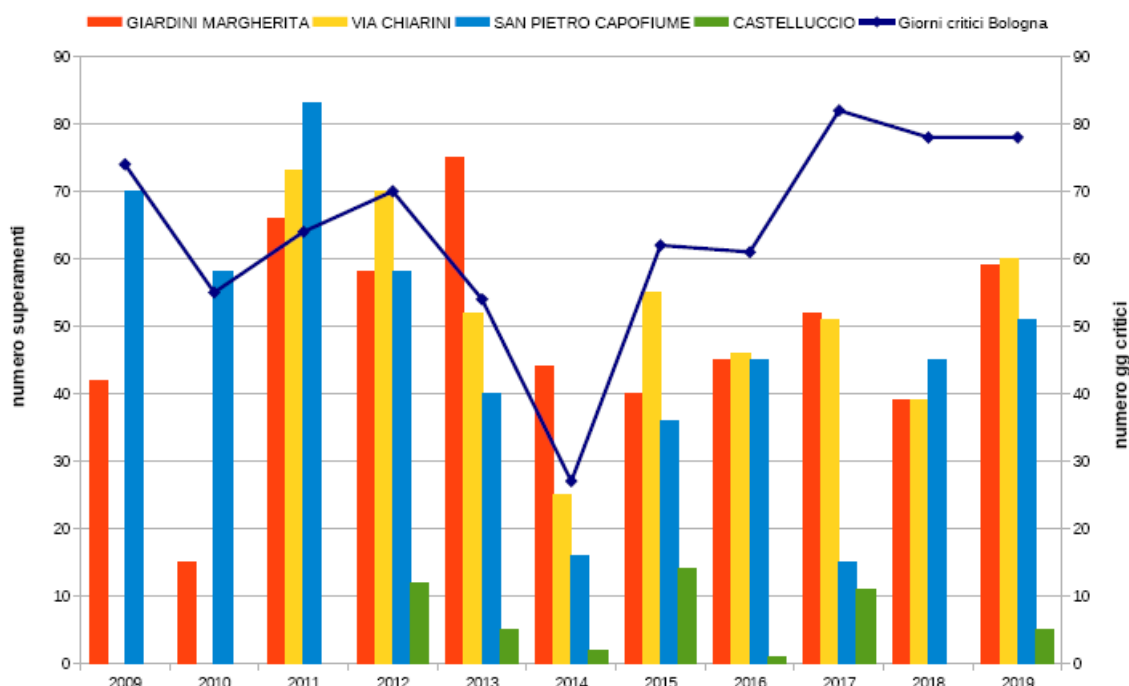


Figura 4-14 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria Report 2019 – O3: Confronto superamenti obiettivo a lungo termine e numero di giorni critici

#### 4.2.5.3 Particolato (PM10)

STAZIONE	n. dati validi	min	50°	media	90°	95°	98°	MAX
Bologna Porta San Felice	357	<5	22	26	48	57	67	87
Bologna Giardini Margherita	351	<5	18	22	41	53	62	77
Bologna Chiarini	347	<5	22	25	43	54	62	71

Tabella 4-8 – Rete di monitoraggio qualità dell'aria - Report 2019 – PM10: Parametri statistici e confronto coi limiti di legge

La valutazione delle concentrazioni estesa all'intero anno mostra che nel 2019 le medie annuali ottenute non superano il valore limite di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in tutti i siti di misura, inclusa la stazione da traffico Porta San Felice nell'agglomerato di Bologna. Le medie mensili delle stazioni dell'Agglomerato evidenziano un andamento stagionale con concentrazioni più elevate nel semestre invernale per tutte le centraline, soprattutto in febbraio.

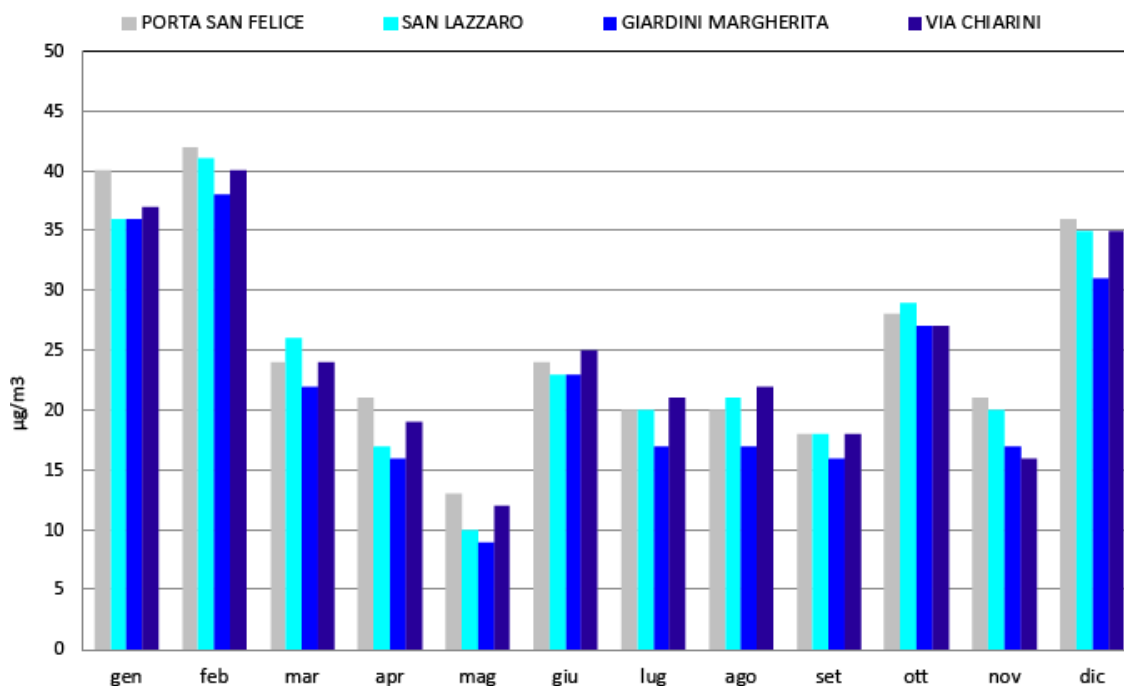




Figura 4-15 – Rete di monitoraggio qualità dell'aria Report 2019 – O3: Concentrazioni medie mensili

PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) – medie mensili anno 2019												
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Bologna Porta San Felice	40	42	24	24	13	24	20	20	18	28	21	36
Bologna Giardini Margherita	36	38	22	16	9	23	17	17	16	27	17	31
Bologna Chiarini	37	40	24	19	12	25	21	22	18	27	16	35

Tabella 4-9 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria Report 2019 – PM<sub>10</sub>: Concentrazioni Medie mensili anno 2019


 percentuale di dati validi inferiore al 90%

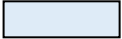
 percentuale di dati validi inferiore al 75%

Il numero dei giorni di superamento del valore limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> nell'anno 2019 risulta minore dei 35 stabiliti dalla normativa per tutte le stazioni di monitoraggio. Le giornate con concentrazioni superiori a 50 µg/m<sup>3</sup> sono state registrate nei mesi di gennaio e febbraio. In generale, rispetto al 2018, il numero di superamenti del valore limite giornaliero dell'anno in esame è tornato ai livelli degli anni precedenti.

PM <sub>10</sub> anno 2019 – Numero di giorni di superamento della media giornaliera (50 µg/m <sup>3</sup> )													
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	2019
Bologna Porta San Felice	9	10	2	0	0	0	0	0	0	4	0	7	32
Bologna Giardini Margherita	4	8	2	0	0	0	0	0	0	4	0	5	23
Bologna Chiarini	6	7	2	0	0	0	0	0	0	3	0	3	21

Tabella 4-10 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria Report 2019 – PM<sub>10</sub>: Superamenti della media giornaliera e confronto coi limiti di legge - anno 2019

 percentuale di dati validi inferiore al 90%

 percentuale di dati validi inferiore al 75%

Confrontando il numero stimato di giorni favorevoli all'accumulo (giorni critici) con gli effettivi superamenti del valore limite della media giornaliera di PM<sub>10</sub> (50 µg/m<sup>3</sup>) registrati dal 2009 ad

oggi (Figura che segue) si evidenzia che a partire dal 2014 in generale vi è una maggiore distanza tra i due andamenti.

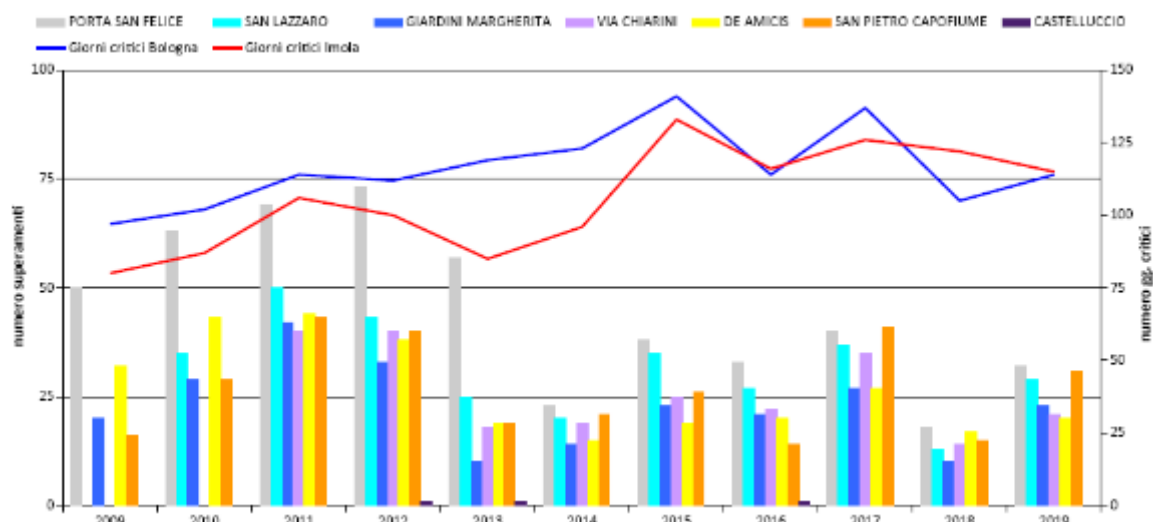


Figura 4-16 – Rete di monitoraggio qualità dell'aria Report 2019– PM10 Confronto superamenti 50 µg/m3 e numero di giorni critici

#### 4.2.5.4 Particolato (PM2.5)

STAZIONE	n. dati validi	min	50°	Media	90°	95°	98°	MAX
Bologna Porta San Felice	355	<5	12	16	34	41	50	64
Bologna Giardini Margherita	356	<5	10	14	32	38	48	61

Tabella 4-11 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria - Report 2019 PM2.5 – Concentrazioni in µg/m3 anno 2019

Le concentrazioni medie annue risultano nel 2019 significativamente inferiori al valore limite di 25 µg/m3 per entrambe le postazioni.

Nella figura che segue sono espone le medie mensili delle concentrazioni del particolato PM2,5 per l'anno 2019: i valori più elevati sono stati rilevati nei mesi autunno-invernali.

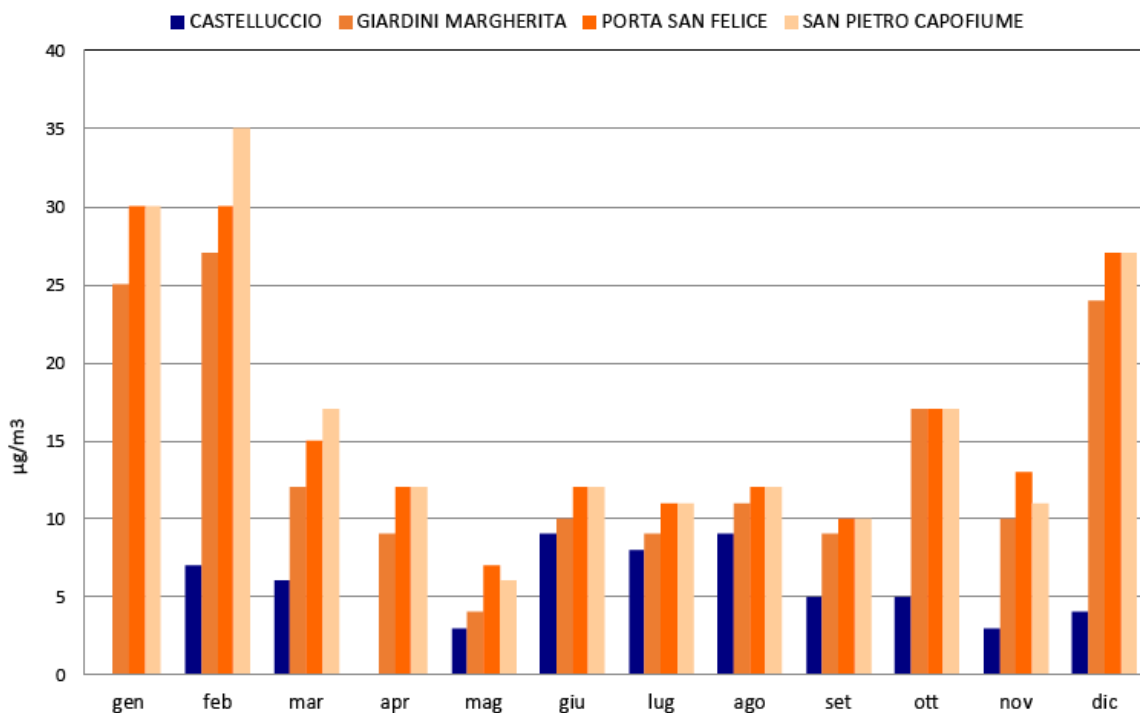
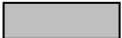



Figura 4-17 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria - Report 2019 PM2.5 – Concentrazioni medie mensili 2019

PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) – medie mensili anno 2019												
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Bologna Porta San Felice	30	30	15	12	7	12	11	12	10	17	13	27
Bologna Giardini Margherita	25	27	12	9	<5	10	9	11	9	17	10	24

Tabella 4-12 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria - Report 2019 PM2.5 – Concentrazioni medie mensili

-  percentuale di dati validi inferiore al 90%
-  percentuale di dati validi inferiore al 75%

Il grafico di seguito mostra un confronto tra i valori medi mensili dei rapporti percentuali di PM2.5 e PM10 per il 2018. Il rapporto tra i due parametri può fornire indicazioni sulle relazioni tra le due frazioni di particolato nei vari periodi stagionali nei diversi siti di misura, presentando una variabilità che dipende dai fattori stagionali: infatti si registrano valori minimi nel periodo estivo, quando aumentano i fenomeni di sospensione e di trasporto a lunga distanza di particelle per la frazione grossolana, mentre i massimi sono misurati in inverno, quando diventa più rilevante il

ristagno e l'accumulo delle particelle fini originate dai processi di combustione per la maggiore stabilità verticale dell'aria.

L'andamento mensile dei rapporti percentuali nel 2019 mostra un comportamento simile tra i siti anche se con valori diversi, comunque più elevati nei mesi invernali e nelle stazioni di pianura. Il rapporto PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> è variato a Porta San Felice da un minimo del 50% nel mese di giugno ad un massimo del 75% in gennaio e dicembre, mentre a San Pietro Capofiume da un minimo del 52% nel mese di giugno e un massimo del 79% a gennaio e dicembre.

Nella postazione di Giardini Margherita si ha un minimo del 43% nel mese di giugno e un massimo del 77% nel mese di dicembre. Il rapporto PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> relativo alla stazione di Castelluccio, ha raggiunto il minimo a settembre e ottobre (45%) ed il valore massimo ad aprile (80%).

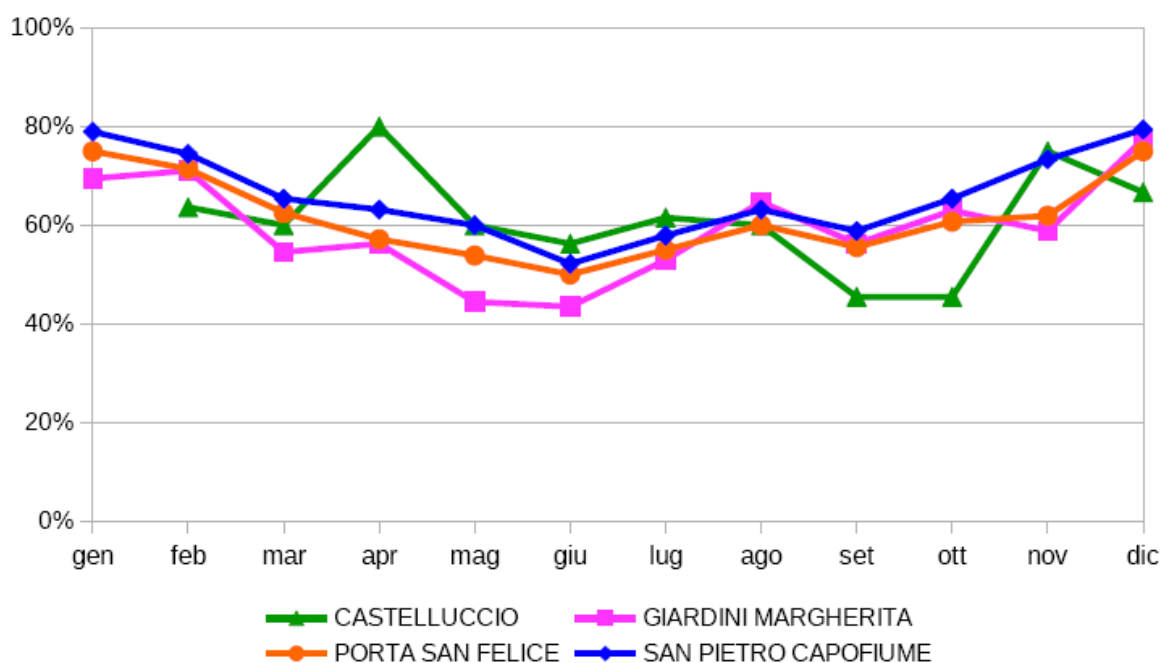


Figura 4-18 – Rete di monitoraggio qualità dell'aria - Report 2019 - Rapporto PM<sub>2.5</sub> / PM<sub>10</sub>: medie mensili

#### 4.2.5.5 Monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO) è un tipico prodotto derivante dalla combustione; è incolore e inodore. Si forma durante la combustione in condizioni di difetto d'aria, ovvero quando il quantitativo di ossigeno non è sufficiente per ossidare completamente le sostanze organiche.

La principale sorgente di CO è storicamente rappresentata dal traffico veicolare (circa l'80% delle emissioni a livello mondiale), essendo presente, in particolare, nei gas di scarico dei veicoli a benzina. La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli è strettamente connessa alle condizioni di funzionamento del motore: si registrano concentrazioni più elevate con motore al minimo e in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato.

La continua evoluzione delle tecnologie utilizzate ha comunque permesso di ridurre al minimo la presenza di questo inquinante in aria.

STAZIONE	n. dati validi	min	50°	MEDIA	90°	95°	98°	MAX
Bologna Porta San Felice	8.423	<0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,4	4,8

Tabella 4-13 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria - Report 2019 CO – Parametri statistici - anno 2019

Il Decreto Legislativo n. 155/2010 stabilisce per il monossido di carbonio un valore limite pari a 10 mg/m<sup>3</sup> come massima concentrazione media giornaliera su 8 ore. Tale valore non è mai stato superato nel 2019, con concentrazioni di CO nettamente inferiori, di uno o due ordini di grandezza, rispetto al valore limite. Per tale ragione la configurazione della rete di monitoraggio prevede la rilevazione di questo inquinante solo nelle stazioni da traffico, ovvero dove più alta si presume sia la sua concentrazione.

In generale le concentrazioni medie mensili di CO presentano valori molto bassi nell'intero arco dell'anno, e sostanzialmente più bassi nei mesi centrali dell'anno.

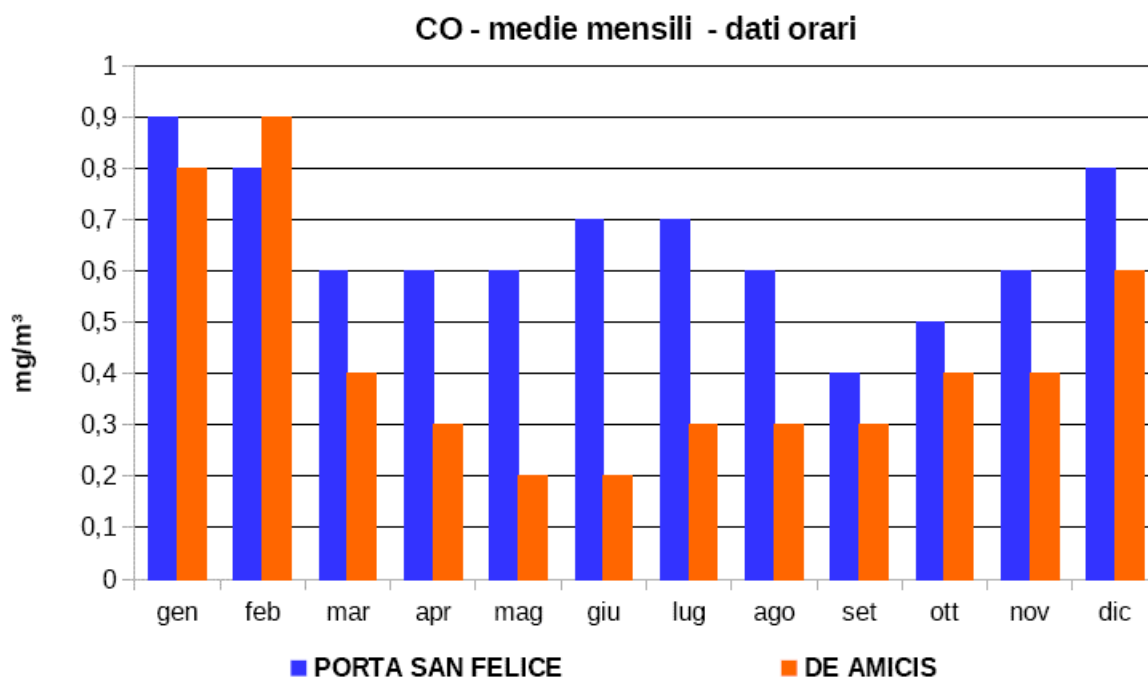



Figura 4-19 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria - Report 2019 CO – Concentrazioni medie mensili anno 2019

CO (µg/m <sup>3</sup> ) – Medie mensili anno 2019												
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Bologna Porta San Felice	0,9	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,4	0,5	0,6	0,8

Tabella 4-14 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria - Report 2019 CO – Conc. medie mensili anno 2019

 percentuale di dati validi inferiore al 90%

L'analisi dei dati medi annuali e degli andamenti temporali (vedi figura e tabella che seguono), mostra per la stazione di Porta san Felice valori appena superiori al limite di quantificazione. In ogni caso i valori oscillano intorno ad una media molto lontana dal limite legislativo, analogamente a quanto osservato su tutto il territorio regionale.

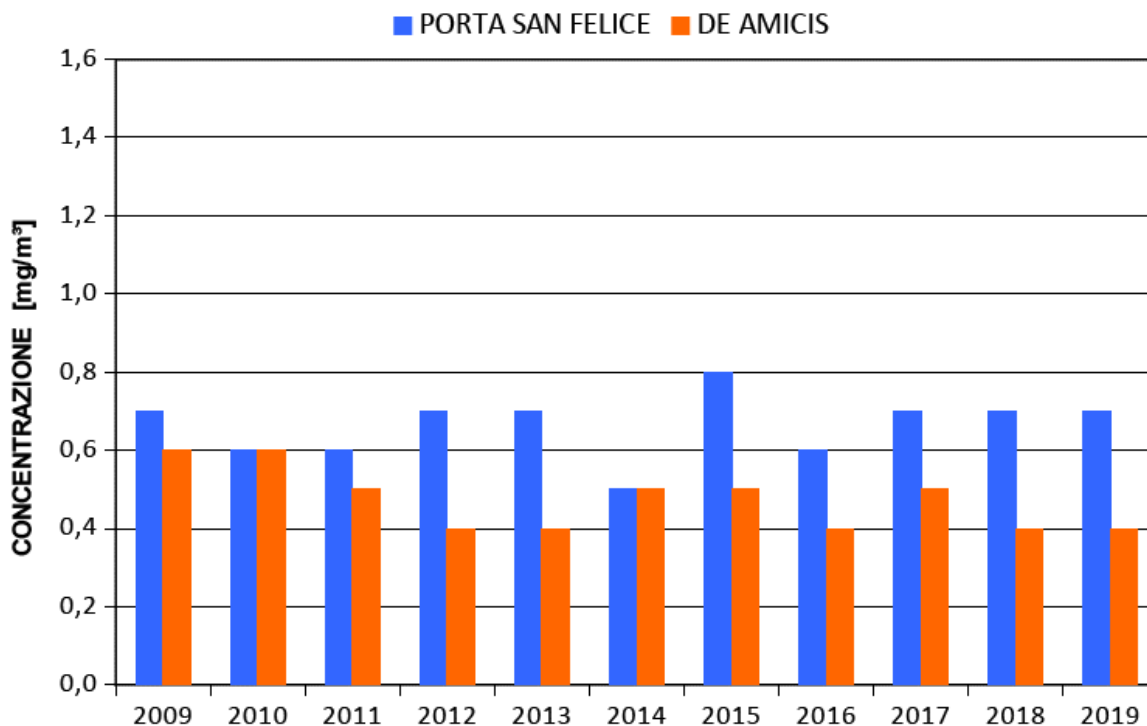


Figura 4-20 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria - Report 2019 CO – Confronto medie annuali 2009-2019

CO – Medie annuali 2009-2019											
Stazione	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bologna Porta San Felice	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	<0,6	0,8	0,6	0,7	0,7	0,7

Tabella 4-15 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria - Report 2019 CO – Andamento temporale delle medie annuali

#### 4.2.5.6 Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

Il benzene è un composto liquido e incolore dal caratteristico odore aromatico pungente, molto volatile a temperatura ambiente. L'effetto più noto dell'esposizione cronica riguarda la potenziale cancerogenicità del benzene sul sistema emopoietico. La maggior parte del benzene oggi prodotto (85%) trova impiego nella chimica come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta utilizzati per produrre plastiche, resine, detergenti, fitofarmaci, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia. Il benzene

è, inoltre, contenuto nelle benzine, alle quali viene aggiunto, insieme ad altri composti aromatici, per conferire le volute proprietà antidetonanti e per aumentare il “numero di ottani”.

STAZIONE	n. dati validi	min	50°	MEDIA	90°	95°	98°	MAX
Bologna Porta San Felice	8.038	0,1	0,9	1,1	2,1	2,6	3,5	16,2

Tabella 4-16 – Rete di monitoraggio della qualità dell’aria - Report 2019 C6H6 – Parametri statistici e confronto con i limiti di legge - anno 2019

Nel grafico che segue sono riportate le concentrazioni medie mensili. Come si può evincere, i valori medi annui misurati risultano significativamente inferiori al valore limite di 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , raggiungendo nella stazione di Porta San Felice valori superiori ai 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nei mesi invernali (gennaio e dicembre) con un massimo di 2,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a gennaio.

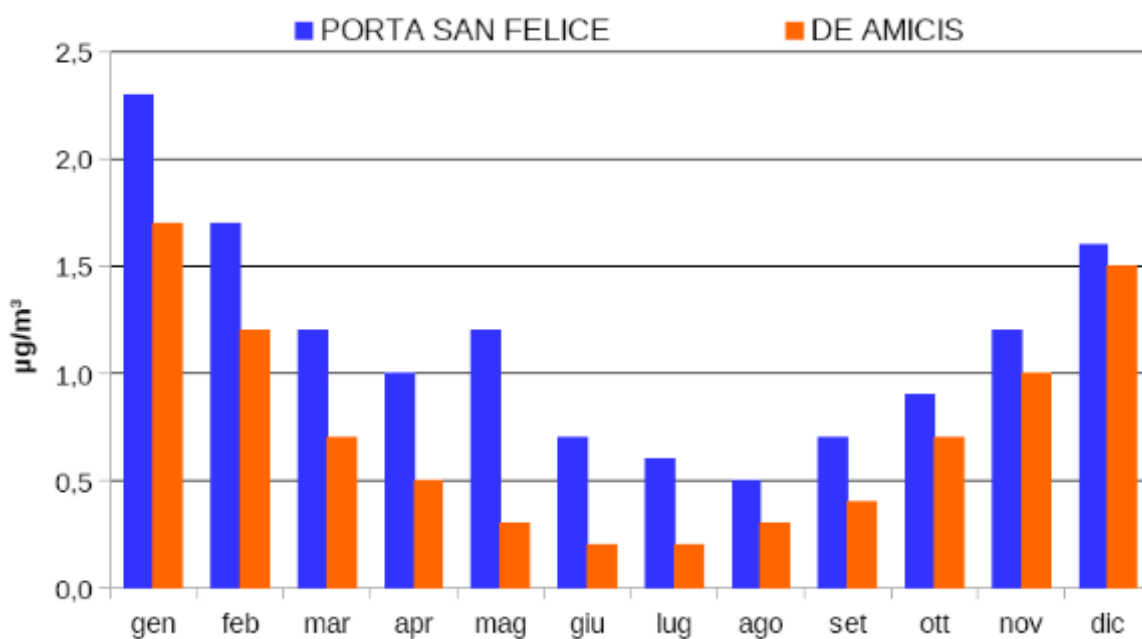



Figura 4-21 – Rete di monitoraggio della qualità dell’aria - Report 2019 C6H6– Concentrazioni medie mensili anno 2019

C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – medie mensili anno 2019												
Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Bologna Porta San Felice	2,3	1,7	1,2	1,0	1,2	0,7	0,6	0,5	0,7	0,9	1,2	1,6

Tabella 4-17 – Rete di monitoraggio della qualità dell’aria - Report 2019 C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> – Concentrazioni medie mensili 2019

 percentuale di dati validi inferiore al 90%

Dai dati rilevati nella stazione urbana da traffico di Porta San Felice dal 2009 al 2019 emerge una tendenza alla riduzione della concentrazione media annuale, con due periodi (dal 2012 al 2015 e dal 2016 al 2018) caratterizzati da medie annuali sostanzialmente stabili. Va comunque sottolineata la netta riduzione tra la media del 2018 e quella del 2019 arrivata a 1,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Nella stazione urbana da traffico di Imola in viale De Amicis si registra per l'anno 2019 una concentrazione media annua pari a 0,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , che risulta essere la più bassa di tutta la serie storica dal 2010. Nel complesso l'andamento delle medie annuali di entrambe le stazioni considerate evidenzia una diminuzione della criticità di questo parametro.

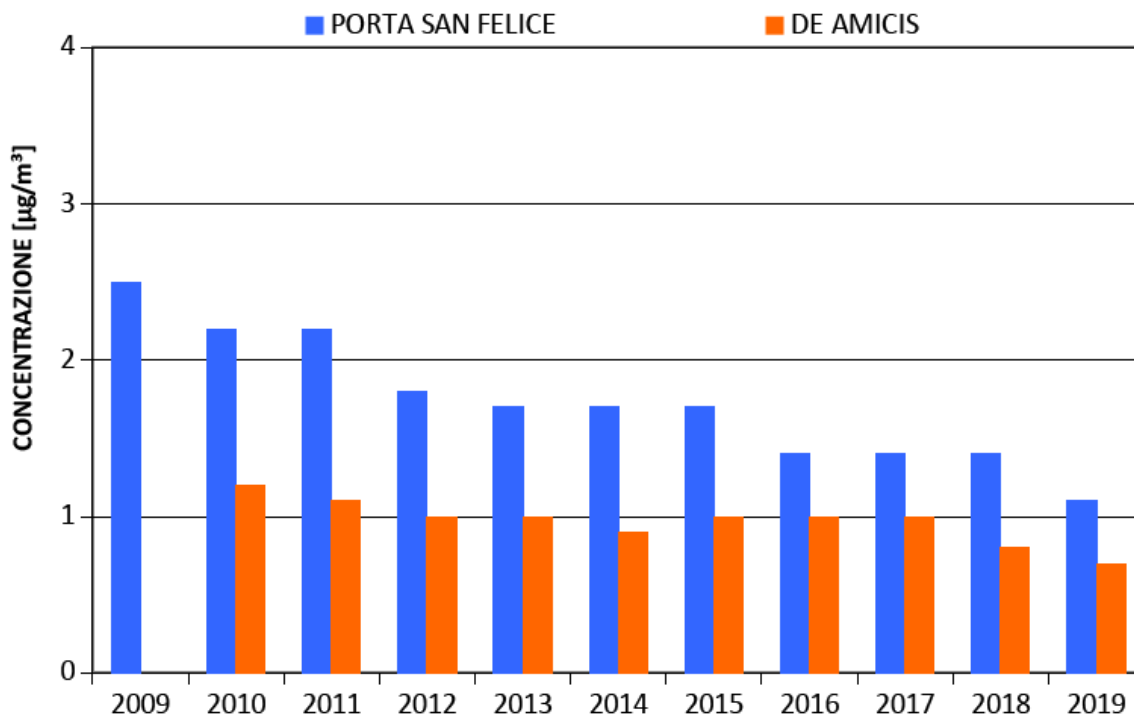


Figura 4-22 – Rete di monitoraggio della qualità dell'aria - Report 2019 C6H6 – Confronto medie annuali 2009-2019

C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> – Medie annuali 2009-2019											
Stazione	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bologna Porta San Felice	2,5	2,2	2,2	1,8	1,7	1,7	1,7	1,4	1,4	1,4	1,1

Tabella 4-18 – Rete monitoraggio qualità dell'aria - Report 2019 C6H6– Confronto medie annuali 2009-2019

#### 4.2.6 SIMULAZIONE ATMOSFERICA STATO ATTUALE/STATO DI PROGETTO

##### 4.2.6.1 Modello di simulazione

Per le simulazioni relative alle concentrazioni presentate in questo studio è stato utilizzato il software previsionale MMS CALINE, che implementa il modello di dispersione CALINE. Il programma elabora, per ogni stringa oraria dei dati meteo, la diffusione degli inquinanti implementati come sorgenti lineari associati ai diversi tratti stradali con i corrispondenti fattori di emissioni. Il post processore MMS RUNANALYZER consente di aggregare i dati e di renderli disponibili per il loro confronto.

CALINE appartiene alla categoria dei modelli gaussiani e tiene espressamente conto della forma lineare della sorgente e della turbolenza indotta dal moto degli autoveicoli.

I dati di ingresso richiesti da questo modello riguardano le caratteristiche geometriche dei tratti stradali (coordinate degli estremi, larghezza, quota al di sopra del suolo), la tipologia di ogni tratto stradale (a raso, interrato, in barriera, ponte) e del dominio di calcolo (posizione e quota dei recettori in corrispondenza dei quali si calcolano le concentrazioni). Per ogni tratto stradale sono inoltre necessari i fattori di emissione di ciascun inquinante. È inoltre necessario disporre dei parametri meteorologici che influenzano la dispersione degli inquinanti: velocità e direzione del vento, altezza dello strato di rimescolamento, classe di stabilità atmosferica secondo Pasquill-Gifford. Le variabili meteorologiche con media oraria devono avere natura puntuale.

I risultati sono stati elaborati per lo stato di fatto e per lo stato di progetto, in modo da rappresentare la variazione definitiva rispetto allo scenario attuale.

##### 4.2.6.2 Dati di traffico

È stato elaborato uno studio di traffico con i carichi trasportistici sulla rete urbana riferiti allo scenario attuale, ad uno scenario di riferimento corrispondente all'entrata in esercizio della Linea

Rossa del tram e allo scenario di progetto, che contempla l'entrata in esercizio anche del tratto nord della linea verde.

I suddetti dati sono stati organizzati in flussi sia per gli archi monodirezionali che bidirezionali con ripartizione in autovetture, veicoli commerciali leggeri (furgoni), mezzi pesanti, bus, filobus e tram.

Si evidenzia come la ripartizione tra veicoli privati e trasporto pubblico rappresenti un parametro significativo per comprendere l'efficienza di quest'ultimo. Nel caso specifico, si attende che l'introduzione di nuove linee tramviarie sottraggano volumi di traffico ai veicoli privati e riducano il contributo del trasporto pubblico su gomma: entrambe le situazioni favoriscono una diminuzione dell'emissione di inquinanti e un conseguente miglioramento della qualità dell'aria.

I dati di traffico, estrapolati sulla linea del tracciato della linea tramviaria di Corticella, sono espressi come Traffico Giornaliero Medio attraverso la seguente tabella di sintesi, che tiene conto dei due sensi di marcia:

TRATTA	STATO DI FATTO					SCENARIO RIFERIMENTO					SCENARIO PROGETTO				
	A	F	P	B	T	A	F	P	B	T	A	F	P	B	T
VIA DEI MILLE	6690	304	35	368	0	6036	299	22	452	0	5876	299	22	363	99
	0	0	0	473	0	0	0	0	555	360	0	0	0	455	268
VIA DELL'INDIPENDENZA	3111	101	5	882	0	2679	101	17	493	554	2783	96	18	393	565
	0	0	0	830	0	0	0	0	448	194	0	0	0	359	396
PONTE MATTEOTTI	12442	733	48	1071	0	9826	635	41	603	385	9851	640	42	261	396
	7644	96	7	1052	0	4194	27	2	586	386	4258	27	2	249	396
VIA G. MATTEOTTI LATO PONTE	14843	819	48	1071	0	12112	719	41	603	385	12081	723	42	261	396
	0	0	0	872	0	0	0	0	406	386	0	0	0	97	396
VIA G. MATTEOTTI LATO P.ZZA DELL'UNITA'	358	19	0	861	0	884	49	0	395	385	894	49	0	80	396
	0	0	0	843	0	0	0	0	377	386	0	0	0	68	396
VIA FERRARESE	0	0	0	29	0	0	0	0	29	0	0	0	0	29	0
	2120	61	17	29	0	1584	34	14	29	0	1499	34	14	29	0
PIAZZA DELL'UNITA'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	194	0	0	0	0	396
	0	0	0	306	0	0	0	0	148	194	0	0	0	3	396
VIA MAZZA	10030	324	55	305	0	251	9	0	229	0	0	0	0	140	198

TRATTA	STATO DI FATTO					SCENARIO RIFERIMENTO					SCENARIO PROGETTO				
	A	F	P	B	T	A	F	P	B	T	A	F	P	B	T
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	198
VIA DI CORTICELLA	0	0	0	299	0	0	0	0	108	191	0	0	0	1	198
	4805	47	6	293	0	3797	52	6	101	192	2615	42	4	1	198
VIA DI CORTICELLA.A1	1997	26	1	301	0	2353	18	1	165	193	1226	9	0	1	198
	7467	102	8	293	0	8142	116	8	101	192	5516	87	5	1	198
VIA DI CORTICELLA.A2	10888	118	8	292	0	11359	128	8	100	192	8339	91	6	0	198
	7563	26	1	299	0	8424	24	1	163	193	6462	16	0	0	198
VIA DI CORTICELLA.B	13847	117	50	292	0	12461	83	2	100	192	10501	64	2	0	198
	9615	41	39	285	0	7109	0	0	163	179	4533	0	0	0	198
VIA DI CORTICELLA.C	6047	0	0	287	0	7877	75	2	95	192	4256	0	0	0	198
	4740	0	0	279	0	4261	0	0	100	179	2079	0	0	0	198
VIA BENTINI	6095	0	0	273	0	7742	161	5	91	182	4734	67	2	0	198
	4869	0	0	276	0	6100	0	0	95	181	3568	0	0	0	198
VIA DI CORTICELLA.D	1287	0	0	44	0	1292	0	0	0	44	1361	0	0	0	0
	2301	0	0	44	0	2342	0	0	0	44	2400	0	0	0	0

A = Auto, F = Furgoni, P = Pesanti, B = Bus, T = Tram e Filobus (trazione elettrica)

#### 4.2.6.3 Fattori di emissione medi per il traffico

Al fine di applicare modelli di calcolo previsionali, ad ogni tratto stradale è stato assegnato un fattore medio di emissione per ogni inquinante considerato, determinato considerando il Parco Aci Circolante e i fattori di emissione per categoria veicolare.

I dati di input considerati per il Parco Aci Circolante sono disponibili online nell'aggiornamento del 2018: <http://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche/autoritratto/autoritratto-2018.html>.

Nel dettaglio è stata considerata la consistenza Copert della Provincia di Bologna, così composta:

#### AUTOVETTURE

PROVINCIA	ALIMENTAZIONE	FASCIA	TOTALE
BOLOGNA	BENZINA	Fino a 1400	205.813
		1401 - 2000	43.168

PROVINCIA	ALIMENTAZIONE	FASCIA	TOTALE
		Oltre 2000	6.455
		Non definito	6
	BENZINA Totale		255.442
	BENZINA E GAS LIQUIDO	Fino a 1400	49.760
		1401 - 2000	16.417
		Oltre 2000	1.001
		Non definito	1
	BENZINA E GAS LIQUIDO Totale		67.179
	BENZINA E METANO	Fino a 1400	40.975
		1401 - 2000	9.554
		Oltre 2000	272
	BENZINA E METANO Totale		50.801
	ELETTRICO-IBRIDO	Fino a 1400	920
		1401 - 2000	8.862
		Oltre 2000	1.467
		Non contemplato	249
	ELETTRICO-IBRIDO Totale		11.498
	GASOLIO	Fino a 1400	34.558
		1401 - 2000	166.023
		Oltre 2000	30.046
	GASOLIO Totale		230.627
	ALTRE	Fino a 1400	11
		1401 - 2000	1
	ALTRE Totale		12
	NON DEFINITO	Fino a 1400	11
		1401 - 2000	3
		Non definito	4
	NON DEFINITO Totale		18
BOLOGNA Totale			615.577

#### VEICOLI INDUSTRIALI LEGGERI

PROVINCIA	ALIMENTAZIONE	FASCIA	TOTALE
BOLOGNA	BENZINA	Fino a 3,5	3.059
		Non definito	71
	BENZINA Totale		3.130
	BENZINA E GAS LIQUIDO	Fino a 3,5	1.768

PROVINCIA	ALIMENTAZIONE	FASCIA	TOTALE
		Non definito	16
	BENZINA E GAS LIQUIDO Totale		1.784
	BENZINA E METANO	Fino a 3,5	4.347
		Non definito	11
	BENZINA E METANO Totale		4.358
	ELETTRICO-IBRIDO	Fino a 3,5	51
		Non contemplato	86
	ELETTRICO-IBRIDO Totale		137
	GASOLIO	Fino a 3,5	58.818
		Non definito	664
	GASOLIO Totale		59.482
	NON DEFINITO	Fino a 3,5	1
	NON DEFINITO Totale		1
<b>BOLOGNA Totale</b>			<b>68.892</b>

#### VEICOLI INDUSTRIALI PESANTI

PROVINCIA	ALIMENTAZIONE	FASCIA	TOTALE
<b>BOLOGNA</b>	BENZINA	Oltre 3,5	31
	BENZINA Totale		31
	BENZINA E GAS LIQUIDO	Oltre 3,5	9
	BENZINA E GAS LIQUIDO Totale		9
	BENZINA E METANO	Oltre 3,5	63
	BENZINA E METANO Totale		63
	GASOLIO	3,6 - 7,5	2.780
		7,6 - 12	1.972
		12,1 - 14	242
		14,1 - 20	1.347
		20,1 - 26	2.284
		26,1 - 28	15
		28,1 - 32	516
		Oltre 32	40
	GASOLIO Totale		9.196
	NON DEFINITO	20,1 - 26	1
	NON DEFINITO Totale		1
<b>BOLOGNA Totale</b>			<b>9.300</b>

## MOTOCICLI

PROVINCIA	FASCIA	TOTALE
BOLOGNA	fino a 125	32.666
	126 - 250	31.953
	251 - 750	39.936
	Oltre 750	20.959
	Non contemplato	54
	Non definito	51
BOLOGNA Totale		125.619

## AUTOBUS

PROVINCIA	USO	TOTALE
BOLOGNA	Noleggio	325
	Privato	280
	Pubblico	1.077
	Altri usi	12
	Non contemplato	21
BOLOGNA Totale		1.715

Per quanto riguarda i fattori di emissione, sono stati considerati i FE ISPRA del 2018.

Al fine di mettere in risalto l'effetto della diversa distribuzione dei flussi sulla rete stradale complessiva del territorio comunale, tali fattori di emissione sono stati considerati sia per lo stato attuale che per lo stato di progetto, senza tener conto di eventuali ipotesi relative alla tendenza di diminuzione delle emissioni legata al miglioramento del parco auto.

Nel dettaglio i *“fattori di emissione 2018 per categoria veicolare”* sono di seguito riportati per gli inquinanti indagati:

Sector	Fuel	CO 2018 g/km TOTALE	NOx 2018 g/km TOTALE	PM2.5 2018 g/km TOTALE	PM10 2018 g/km TOTALE
Passenger Cars	Gasoline	1,6209311	0,1464872	0,0134615	0,0234821
Passenger Cars	Diesel	0,0656904	0,5409937	0,0280834	0,0381376
Passenger Cars	LPG	0,7083644	0,0749664	0,0128516	0,0228001
Passenger Cars	Natural Gas	0,8652223	0,0835594	0,0132174	0,0232207
Passenger Cars	Hybrid Gasoline	0,3754029	0,0346152	0,0134615	0,0234821

Sector	Fuel	CO 2018 g/km TOTALE	NOx 2018 g/km TOTALE	PM2.5 2018 g/km TOTALE	PM10 2018 g/km TOTALE
Light Duty Vehicles	Gasoline	3,7482340	0,2752690	0,0184822	0,0324439
Light Duty Vehicles	Diesel	0,2372742	1,0545804	0,0533242	0,0672162
Heavy Duty Trucks	Gasoline	3,4068501	4,4342907	0,0453610	0,0883871
Heavy Duty Trucks	Diesel	0,9720120	3,1315214	0,1117565	0,1534316
Buses	Diesel	1,1335519	4,2799126	0,1162821	0,1508677
Buses	Natural Gas	0,9722030	4,4494113	0,0644914	0,1187376
Mopeds	Gasoline	3,7476593	0,1565706	0,0470177	0,0530938
Motorcycles	Gasoline	4,7815510	0,1678872	0,0244642	0,0297911

Con il parco auto e i fattori di emissione è stato definito un valore di emissione medio per ciascun tipo di inquinante, che pesa le categorie rispetto all'effettiva ripartizione riscontrabile sul territorio in esame.

La media ponderata è stata eseguita con i seguenti risultati:

	CO 2018 g/km TOTALE	NOx 2018 g/km TOTALE	PM2.5 2018 g/km TOTALE	PM10 2018 g/km TOTALE
<b>FE TOTALI</b>	1,4031	0,3581	0,0243	0,0344

A questo punto ogni singolo tratto stradale può essere implementato con i dati di traffico che lo percorrono nell'ora media giornaliera, così da ottenere la quantità di inquinante dispersa.

Le concentrazioni dipenderanno poi dalle condizioni meteorologiche e di dispersione locali.

#### 4.2.6.4 Risultati delle simulazioni

##### 4.2.6.4.1 Biossido di Azoto – Stato attuale

Recettori Discreti	1195
Valore massimo 1	2,66E+001; [Posizione: 686655 X(m); 4931118 Y(m) 32N ]
Valore massimo 2	2,65E+001; [Posizione: 686677 X(m); 4931156 Y(m) 32N ]
Valore massimo 3	2,65E+001; [Posizione: 686689 X(m); 4931178 Y(m) 32N ]
Valore massimo 4	2,64E+001; [Posizione: 686641 X(m); 4931091 Y(m) 32N ]
Valore massimo 5	2,64E+001; [Posizione: 686703 X(m); 4931205 Y(m) 32N ]

Valore massimo 6	2,62E+001; [Posizione: 686724 X(m); 4931241 Y(m) 32N ]
Valore massimo 7	2,62E+001; [Posizione: 686629 X(m); 4931065 Y(m) 32N ]
Valore massimo 8	2,57E+001; [Posizione: 686749 X(m); 4931285 Y(m) 32N ]
Valore massimo 9	2,55E+001; [Posizione: 687497 X(m); 4935565 Y(m) 32N ]
Valore massimo 10	2,55E+001; [Posizione: 686624 X(m); 4931029 Y(m) 32N ]
Valore massimo 11	2,53E+001; [Posizione: 687441 X(m); 4935597 Y(m) 32N ]
Valore massimo 12	2,52E+001; [Posizione: 687412 X(m); 4935607 Y(m) 32N ]
Valore massimo 13	2,52E+001; [Posizione: 687322 X(m); 4935634 Y(m) 32N ]
Valore massimo 14	2,52E+001; [Posizione: 686618 X(m); 4930999 Y(m) 32N ]
Valore massimo 15	2,51E+001; [Posizione: 687364 X(m); 4935618 Y(m) 32N ]
Valore massimo 16	2,51E+001; [Posizione: 687679 X(m); 4935453 Y(m) 32N ]
Valore massimo 17	2,51E+001; [Posizione: 686459 X(m); 4931265 Y(m) 32N ]
Valore massimo 18	2,50E+001; [Posizione: 687456 X(m); 4935566 Y(m) 32N ]
Valore massimo 19	2,50E+001; [Posizione: 687292 X(m); 4935636 Y(m) 32N ]
Valore massimo 20	2,50E+001; [Posizione: 687688 X(m); 4935481 Y(m) 32N ]
Valore massimo 21	2,50E+001; [Posizione: 686464 X(m); 4931294 Y(m) 32N ]
Valore massimo 22	2,50E+001; [Posizione: 686612 X(m); 4930970 Y(m) 32N ]
Valore massimo 23	2,50E+001; [Posizione: 686451 X(m); 4931219 Y(m) 32N ]
Valore massimo 24	2,49E+001; [Posizione: 686469 X(m); 4931324 Y(m) 32N ]
Valore massimo 25	2,49E+001; [Posizione: 687147 X(m); 4935943 Y(m) 32N ]

#### 4.2.6.4.2 Biossido di Azoto – Stato di progetto

Recettori Discreti	1195
Valore massimo 1	2,54E+001; [Posizione: 686655 X(m); 4931118 Y(m) 32N ]
Valore massimo 2	2,53E+001; [Posizione: 686677 X(m); 4931156 Y(m) 32N ]
Valore massimo 3	2,53E+001; [Posizione: 686689 X(m); 4931178 Y(m) 32N ]
Valore massimo 4	2,52E+001; [Posizione: 686641 X(m); 4931091 Y(m) 32N ]
Valore massimo 5	2,52E+001; [Posizione: 686703 X(m); 4931205 Y(m) 32N ]
Valore massimo 6	2,50E+001; [Posizione: 686724 X(m); 4931241 Y(m) 32N ]
Valore massimo 7	2,49E+001; [Posizione: 686629 X(m); 4931065 Y(m) 32N ]
Valore massimo 8	2,46E+001; [Posizione: 687497 X(m); 4935565 Y(m) 32N ]
Valore massimo 9	2,45E+001; [Posizione: 686749 X(m); 4931285 Y(m) 32N ]
Valore massimo 10	2,43E+001; [Posizione: 687441 X(m); 4935597 Y(m) 32N ]
Valore massimo 11	2,43E+001; [Posizione: 686624 X(m); 4931029 Y(m) 32N ]
Valore massimo 12	2,43E+001; [Posizione: 687412 X(m); 4935607 Y(m) 32N ]
Valore massimo 13	2,42E+001; [Posizione: 687322 X(m); 4935634 Y(m) 32N ]
Valore massimo 14	2,42E+001; [Posizione: 687364 X(m); 4935618 Y(m) 32N ]

Valore massimo 15	2,41E+001; [Posizione: 687679 X(m); 4935453 Y(m) 32N ]
Valore massimo 16	2,41E+001; [Posizione: 687456 X(m); 4935566 Y(m) 32N ]
Valore massimo 17	2,40E+001; [Posizione: 687292 X(m); 4935636 Y(m) 32N ]
Valore massimo 18	2,40E+001; [Posizione: 687688 X(m); 4935481 Y(m) 32N ]
Valore massimo 19	2,40E+001; [Posizione: 686618 X(m); 4930999 Y(m) 32N ]
Valore massimo 20	2,39E+001; [Posizione: 687147 X(m); 4935943 Y(m) 32N ]
Valore massimo 21	2,39E+001; [Posizione: 686459 X(m); 4931265 Y(m) 32N ]
Valore massimo 22	2,39E+001; [Posizione: 687426 X(m); 4935568 Y(m) 32N ]
Valore massimo 23	2,39E+001; [Posizione: 686464 X(m); 4931294 Y(m) 32N ]
Valore massimo 24	2,38E+001; [Posizione: 686469 X(m); 4931324 Y(m) 32N ]
Valore massimo 25	2,38E+001; [Posizione: 686451 X(m); 4931219 Y(m) 32N ]

#### 4.2.6.4.3 Particolato PM10 – Stato attuale

Recettori Discreti	1195
Valore massimo 1	2,61E+001; [Posizione: 687022 X(m); 4933478 Y(m) 32N ]
Valore massimo 2	2,61E+001; [Posizione: 686959 X(m); 4933344 Y(m) 32N ]
Valore massimo 3	2,61E+001; [Posizione: 686983 X(m); 4933398 Y(m) 32N ]
Valore massimo 4	2,61E+001; [Posizione: 686995 X(m); 4933424 Y(m) 32N ]
Valore massimo 5	2,61E+001; [Posizione: 687009 X(m); 4933451 Y(m) 32N ]
Valore massimo 6	2,61E+001; [Posizione: 686970 X(m); 4933371 Y(m) 32N ]
Valore massimo 7	2,61E+001; [Posizione: 687047 X(m); 4933517 Y(m) 32N ]
Valore massimo 8	2,61E+001; [Posizione: 686943 X(m); 4933298 Y(m) 32N ]
Valore massimo 9	2,61E+001; [Posizione: 686559 X(m); 4930669 Y(m) 32N ]
Valore massimo 10	2,61E+001; [Posizione: 686565 X(m); 4930705 Y(m) 32N ]
Valore massimo 11	2,61E+001; [Posizione: 687064 X(m); 4933542 Y(m) 32N ]
Valore massimo 12	2,61E+001; [Posizione: 686553 X(m); 4930639 Y(m) 32N ]
Valore massimo 13	2,61E+001; [Posizione: 686932 X(m); 4933270 Y(m) 32N ]
Valore massimo 14	2,61E+001; [Posizione: 686572 X(m); 4930748 Y(m) 32N ]
Valore massimo 15	2,61E+001; [Posizione: 686577 X(m); 4930777 Y(m) 32N ]
Valore massimo 16	2,61E+001; [Posizione: 687081 X(m); 4933571 Y(m) 32N ]
Valore massimo 17	2,61E+001; [Posizione: 686920 X(m); 4933242 Y(m) 32N ]
Valore massimo 18	2,61E+001; [Posizione: 686583 X(m); 4930807 Y(m) 32N ]
Valore massimo 19	2,61E+001; [Posizione: 686761 X(m); 4932732 Y(m) 32N ]
Valore massimo 20	2,61E+001; [Posizione: 686791 X(m); 4932821 Y(m) 32N ]
Valore massimo 21	2,61E+001; [Posizione: 686782 X(m); 4932792 Y(m) 32N ]
Valore massimo 22	2,61E+001; [Posizione: 686772 X(m); 4932760 Y(m) 32N ]
Valore massimo 23	2,61E+001; [Posizione: 686746 X(m); 4932691 Y(m) 32N ]

Valore massimo 24	2,61E+001; [Posizione: 686799 X(m); 4932850 Y(m) 32N ]
Valore massimo 25	2,61E+001; [Posizione: 686543 X(m); 4930590 Y(m) 32N ]

#### 4.2.6.4.4 Particolato PM10 – Stato di progetto

Recettori Discreti	1195
Valore massimo 1	2,40E+001; [Posizione: 686761 X(m); 4932732 Y(m) 32N ]
Valore massimo 2	2,40E+001; [Posizione: 686791 X(m); 4932821 Y(m) 32N ]
Valore massimo 3	2,40E+001; [Posizione: 686559 X(m); 4930669 Y(m) 32N ]
Valore massimo 4	2,40E+001; [Posizione: 686565 X(m); 4930705 Y(m) 32N ]
Valore massimo 5	2,40E+001; [Posizione: 686772 X(m); 4932760 Y(m) 32N ]
Valore massimo 6	2,40E+001; [Posizione: 686782 X(m); 4932792 Y(m) 32N ]
Valore massimo 7	2,40E+001; [Posizione: 686746 X(m); 4932691 Y(m) 32N ]
Valore massimo 8	2,40E+001; [Posizione: 686553 X(m); 4930639 Y(m) 32N ]
Valore massimo 9	2,40E+001; [Posizione: 686799 X(m); 4932850 Y(m) 32N ]
Valore massimo 10	2,40E+001; [Posizione: 686572 X(m); 4930748 Y(m) 32N ]
Valore massimo 11	2,40E+001; [Posizione: 686959 X(m); 4933344 Y(m) 32N ]
Valore massimo 12	2,40E+001; [Posizione: 687022 X(m); 4933478 Y(m) 32N ]
Valore massimo 13	2,40E+001; [Posizione: 686983 X(m); 4933398 Y(m) 32N ]
Valore massimo 14	2,40E+001; [Posizione: 686995 X(m); 4933424 Y(m) 32N ]
Valore massimo 15	2,40E+001; [Posizione: 686577 X(m); 4930777 Y(m) 32N ]
Valore massimo 16	2,40E+001; [Posizione: 687009 X(m); 4933451 Y(m) 32N ]
Valore massimo 17	2,40E+001; [Posizione: 686970 X(m); 4933371 Y(m) 32N ]
Valore massimo 18	2,40E+001; [Posizione: 686807 X(m); 4932879 Y(m) 32N ]
Valore massimo 19	2,40E+001; [Posizione: 686814 X(m); 4932919 Y(m) 32N ]
Valore massimo 20	2,40E+001; [Posizione: 686819 X(m); 4932949 Y(m) 32N ]
Valore massimo 21	2,40E+001; [Posizione: 686737 X(m); 4932663 Y(m) 32N ]
Valore massimo 22	2,40E+001; [Posizione: 686829 X(m); 4932996 Y(m) 32N ]
Valore massimo 23	2,40E+001; [Posizione: 687047 X(m); 4933517 Y(m) 32N ]
Valore massimo 24	2,40E+001; [Posizione: 686583 X(m); 4930807 Y(m) 32N ]
Valore massimo 25	2,40E+001; [Posizione: 686943 X(m); 4933298 Y(m) 32N ]

#### 4.2.6.4.5 Particolato PM2.5 – Stato attuale

Recettori Discreti	1195
Valore massimo 1	1,81E+001; [Posizione: 686959 X(m); 4933344 Y(m) 32N ]
Valore massimo 2	1,81E+001; [Posizione: 687022 X(m); 4933478 Y(m) 32N ]
Valore massimo 3	1,81E+001; [Posizione: 686983 X(m); 4933398 Y(m) 32N ]
Valore massimo 4	1,81E+001; [Posizione: 686995 X(m); 4933424 Y(m) 32N ]

Valore massimo 5	1,81E+001; [Posizione: 687009 X(m); 4933451 Y(m) 32N ]
Valore massimo 6	1,81E+001; [Posizione: 686970 X(m); 4933371 Y(m) 32N ]
Valore massimo 7	1,81E+001; [Posizione: 687047 X(m); 4933517 Y(m) 32N ]
Valore massimo 8	1,81E+001; [Posizione: 686943 X(m); 4933298 Y(m) 32N ]
Valore massimo 9	1,81E+001; [Posizione: 686559 X(m); 4930669 Y(m) 32N ]
Valore massimo 10	1,81E+001; [Posizione: 686565 X(m); 4930705 Y(m) 32N ]
Valore massimo 11	1,81E+001; [Posizione: 687064 X(m); 4933542 Y(m) 32N ]
Valore massimo 12	1,81E+001; [Posizione: 686553 X(m); 4930639 Y(m) 32N ]
Valore massimo 13	1,81E+001; [Posizione: 686932 X(m); 4933270 Y(m) 32N ]
Valore massimo 14	1,80E+001; [Posizione: 686572 X(m); 4930748 Y(m) 32N ]
Valore massimo 15	1,80E+001; [Posizione: 686577 X(m); 4930777 Y(m) 32N ]
Valore massimo 16	1,80E+001; [Posizione: 687081 X(m); 4933571 Y(m) 32N ]
Valore massimo 17	1,80E+001; [Posizione: 686920 X(m); 4933242 Y(m) 32N ]
Valore massimo 18	1,80E+001; [Posizione: 686583 X(m); 4930807 Y(m) 32N ]
Valore massimo 19	1,80E+001; [Posizione: 686761 X(m); 4932732 Y(m) 32N ]
Valore massimo 20	1,80E+001; [Posizione: 686791 X(m); 4932821 Y(m) 32N ]
Valore massimo 21	1,80E+001; [Posizione: 686772 X(m); 4932760 Y(m) 32N ]
Valore massimo 22	1,80E+001; [Posizione: 686782 X(m); 4932792 Y(m) 32N ]
Valore massimo 23	1,80E+001; [Posizione: 686746 X(m); 4932691 Y(m) 32N ]
Valore massimo 24	1,80E+001; [Posizione: 686799 X(m); 4932850 Y(m) 32N ]
Valore massimo 25	1,80E+001; [Posizione: 686543 X(m); 4930590 Y(m) 32N ]

#### 4.2.6.4.6 Particolato PM2.5 – Stato di progetto

Recettori Discreti	1195
Valore massimo 1	1,60E+001; [Posizione: 686761 X(m); 4932732 Y(m) 32N ]
Valore massimo 2	1,60E+001; [Posizione: 686791 X(m); 4932821 Y(m) 32N ]
Valore massimo 3	1,60E+001; [Posizione: 686559 X(m); 4930669 Y(m) 32N ]
Valore massimo 4	1,60E+001; [Posizione: 686565 X(m); 4930705 Y(m) 32N ]
Valore massimo 5	1,60E+001; [Posizione: 686746 X(m); 4932691 Y(m) 32N ]
Valore massimo 6	1,60E+001; [Posizione: 686782 X(m); 4932792 Y(m) 32N ]
Valore massimo 7	1,60E+001; [Posizione: 686772 X(m); 4932760 Y(m) 32N ]
Valore massimo 8	1,60E+001; [Posizione: 686553 X(m); 4930639 Y(m) 32N ]
Valore massimo 9	1,60E+001; [Posizione: 686799 X(m); 4932850 Y(m) 32N ]
Valore massimo 10	1,60E+001; [Posizione: 686572 X(m); 4930748 Y(m) 32N ]
Valore massimo 11	1,60E+001; [Posizione: 686959 X(m); 4933344 Y(m) 32N ]
Valore massimo 12	1,60E+001; [Posizione: 687022 X(m); 4933478 Y(m) 32N ]
Valore massimo 13	1,60E+001; [Posizione: 686983 X(m); 4933398 Y(m) 32N ]

Valore massimo 14	1,60E+001; [Posizione: 686995 X(m); 4933424 Y(m) 32N ]
Valore massimo 15	1,60E+001; [Posizione: 686577 X(m); 4930777 Y(m) 32N ]
Valore massimo 16	1,60E+001; [Posizione: 687009 X(m); 4933451 Y(m) 32N ]
Valore massimo 17	1,60E+001; [Posizione: 686807 X(m); 4932879 Y(m) 32N ]
Valore massimo 18	1,60E+001; [Posizione: 686970 X(m); 4933371 Y(m) 32N ]
Valore massimo 19	1,60E+001; [Posizione: 686814 X(m); 4932919 Y(m) 32N ]
Valore massimo 20	1,60E+001; [Posizione: 686819 X(m); 4932949 Y(m) 32N ]
Valore massimo 21	1,60E+001; [Posizione: 686737 X(m); 4932663 Y(m) 32N ]
Valore massimo 22	1,60E+001; [Posizione: 686829 X(m); 4932996 Y(m) 32N ]
Valore massimo 23	1,60E+001; [Posizione: 687047 X(m); 4933517 Y(m) 32N ]
Valore massimo 24	1,60E+001; [Posizione: 686583 X(m); 4930807 Y(m) 32N ]
Valore massimo 25	1,60E+001; [Posizione: 686943 X(m); 4933298 Y(m) 32N ]

#### 4.2.6.4.7 Monossido di carbonio – Stato attuale

Recettori Discreti	1195
Valore massimo 1	8,50E-001; [Posizione: 686959 X(m); 4933344 Y(m) 32N ]
Valore massimo 2	8,50E-001; [Posizione: 687022 X(m); 4933478 Y(m) 32N ]
Valore massimo 3	8,50E-001; [Posizione: 686983 X(m); 4933398 Y(m) 32N ]
Valore massimo 4	8,50E-001; [Posizione: 686995 X(m); 4933424 Y(m) 32N ]
Valore massimo 5	8,50E-001; [Posizione: 687009 X(m); 4933451 Y(m) 32N ]
Valore massimo 6	8,50E-001; [Posizione: 686970 X(m); 4933371 Y(m) 32N ]
Valore massimo 7	8,50E-001; [Posizione: 687047 X(m); 4933517 Y(m) 32N ]
Valore massimo 8	8,50E-001; [Posizione: 686943 X(m); 4933298 Y(m) 32N ]
Valore massimo 9	8,50E-001; [Posizione: 686559 X(m); 4930669 Y(m) 32N ]
Valore massimo 10	8,50E-001; [Posizione: 686565 X(m); 4930705 Y(m) 32N ]
Valore massimo 11	8,50E-001; [Posizione: 687064 X(m); 4933542 Y(m) 32N ]
Valore massimo 12	8,50E-001; [Posizione: 686553 X(m); 4930639 Y(m) 32N ]
Valore massimo 13	8,50E-001; [Posizione: 686932 X(m); 4933270 Y(m) 32N ]
Valore massimo 14	8,50E-001; [Posizione: 686572 X(m); 4930748 Y(m) 32N ]
Valore massimo 15	8,50E-001; [Posizione: 686577 X(m); 4930777 Y(m) 32N ]
Valore massimo 16	8,50E-001; [Posizione: 687081 X(m); 4933571 Y(m) 32N ]
Valore massimo 17	8,50E-001; [Posizione: 686920 X(m); 4933242 Y(m) 32N ]
Valore massimo 18	8,50E-001; [Posizione: 686583 X(m); 4930807 Y(m) 32N ]
Valore massimo 19	8,49E-001; [Posizione: 686761 X(m); 4932732 Y(m) 32N ]
Valore massimo 20	8,49E-001; [Posizione: 686791 X(m); 4932821 Y(m) 32N ]
Valore massimo 21	8,49E-001; [Posizione: 686782 X(m); 4932792 Y(m) 32N ]
Valore massimo 22	8,49E-001; [Posizione: 686772 X(m); 4932760 Y(m) 32N ]

Valore massimo 23	8,49E-001; [Posizione: 686746 X(m); 4932691 Y(m) 32N ]
Valore massimo 24	8,49E-001; [Posizione: 686799 X(m); 4932850 Y(m) 32N ]
Valore massimo 25	8,49E-001; [Posizione: 686543 X(m); 4930590 Y(m) 32N ]

#### 4.2.6.4.8 Monossido di carbonio – Stato di progetto

Recettori Discreti	1195
Valore massimo 1	8,25E-001; [Posizione: 686761 X(m); 4932732 Y(m) 32N ]
Valore massimo 2	8,25E-001; [Posizione: 686791 X(m); 4932821 Y(m) 32N ]
Valore massimo 3	8,25E-001; [Posizione: 686559 X(m); 4930669 Y(m) 32N ]
Valore massimo 4	8,25E-001; [Posizione: 686565 X(m); 4930705 Y(m) 32N ]
Valore massimo 5	8,25E-001; [Posizione: 686772 X(m); 4932760 Y(m) 32N ]
Valore massimo 6	8,25E-001; [Posizione: 686746 X(m); 4932691 Y(m) 32N ]
Valore massimo 7	8,25E-001; [Posizione: 686782 X(m); 4932792 Y(m) 32N ]
Valore massimo 8	8,25E-001; [Posizione: 686553 X(m); 4930639 Y(m) 32N ]
Valore massimo 9	8,25E-001; [Posizione: 686799 X(m); 4932850 Y(m) 32N ]
Valore massimo 10	8,25E-001; [Posizione: 686572 X(m); 4930748 Y(m) 32N ]
Valore massimo 11	8,25E-001; [Posizione: 686959 X(m); 4933344 Y(m) 32N ]
Valore massimo 12	8,25E-001; [Posizione: 687022 X(m); 4933478 Y(m) 32N ]
Valore massimo 13	8,25E-001; [Posizione: 686983 X(m); 4933398 Y(m) 32N ]
Valore massimo 14	8,25E-001; [Posizione: 686995 X(m); 4933424 Y(m) 32N ]
Valore massimo 15	8,25E-001; [Posizione: 686577 X(m); 4930777 Y(m) 32N ]
Valore massimo 16	8,25E-001; [Posizione: 687009 X(m); 4933451 Y(m) 32N ]
Valore massimo 17	8,25E-001; [Posizione: 686807 X(m); 4932879 Y(m) 32N ]
Valore massimo 18	8,25E-001; [Posizione: 686970 X(m); 4933371 Y(m) 32N ]
Valore massimo 19	8,25E-001; [Posizione: 686814 X(m); 4932919 Y(m) 32N ]
Valore massimo 20	8,25E-001; [Posizione: 686819 X(m); 4932949 Y(m) 32N ]
Valore massimo 21	8,25E-001; [Posizione: 686737 X(m); 4932663 Y(m) 32N ]
Valore massimo 22	8,25E-001; [Posizione: 686829 X(m); 4932996 Y(m) 32N ]
Valore massimo 23	8,25E-001; [Posizione: 687047 X(m); 4933517 Y(m) 32N ]
Valore massimo 24	8,25E-001; [Posizione: 686583 X(m); 4930807 Y(m) 32N ]
Valore massimo 25	8,25E-001; [Posizione: 686943 X(m); 4933298 Y(m) 32N ]

Per le mappe si rimanda al par. 4.2.7.2.

#### 4.2.6.5 Valutazioni in merito alle simulazioni effettuate

Per lo scenario attuale e per lo scenario di progetto le simulazioni di dispersione in atmosfera degli inquinanti emessi dal traffico autoveicolare sono state realizzate con il modello previsionale Caline 4.

La meteorologia è stata implementata utilizzando le informazioni meteorologiche locali, elaborando le osservazioni locali della rete di monitoraggio per l'anno 2019.

Allo stato attuale il biossido di azoto presenta un valore registrato superiore al limite normativo di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (media annuale) nella centralina di Porta San Felice. Il valore previsionale massimo è pari a circa  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per lo stato attuale e a circa  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per lo stato di progetto, con una riduzione percentuale prevista intorno al 10%.

Per quanto riguarda le polveri sottili e sottilissime, la suddetta centralina di Porta San Felice fa attualmente registrare valori annuali di  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , rispettivamente per il  $\text{PM}_{10}$  e per il  $\text{PM}_{2.5}$ . Il calcolo previsionale conferma questi valori e fa prevedere con l'entrata in esercizio della linea di progetto una diminuzione tra il 15% e il 20%.

Già allo stato attuale il monossido di carbonio presenta una concentrazione massima inferiore a  $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ , di un ordine di grandezza più basso rispetto al limite normativo considerato come media mobile sulle otto ore. La simulazione previsionale dello stato di fatto e dello stato di progetto confermano che non esiste una criticità legata a questo inquinante, con un valore medio previsto comunque in diminuzione dallo stato attuale allo stato di progetto (da  $0,85$  a  $0,82 \text{ mg}/\text{m}^3$ ).

Come ipotizzabile dalla redistribuzione dei flussi per l'entrata in esercizio delle nuove linee tramviarie, il nuovo quadro emissivo conduce ad una diminuzione generalizzata degli inquinanti legati al traffico stradale. Si consideri che i risultati per gli scenari futuri sono stati ottenuti considerando i medesimi fattori di emissione dello stato di fatto e che il loro effettivo decremento nel tempo porterà ad una conseguente ulteriore diminuzione delle concentrazioni e delle quantità previste nel presente studio.

---

#### 4.2.7 SIMULAZIONI ATMOSFERICHE AGGIORNATE IN FASE DI SCREENING

##### 4.2.7.1 Aggiornamento scenari emissivi

Sulla base delle richieste di Arpae in fase di Screening, le valutazioni e i dati relativi ai flussi bidirezionali espressi come TGMA sono stati estesi alla viabilità limitrofa che, nel passaggio dallo stato di fatto a quello di progetto, subirà ripercussioni sui volumi di traffico: ad esempio via Carracci, Via Fioravanti, i viali lato stazione, Via Liberazione, via Bolognese, Via Arcoveggio, via C. Colombo, via Stendhal, via Shakespeare.

Introducendo tutte le viabilità indicate le tabelle delle emissioni nello stato di fatto, nello scenario di riferimento e nello scenario di progetto vengono aggiornate come di seguito:

STATO DI FATTO	Ldi riferimento	TGM ATTUALE		CO [t]		NOX [t]		PM2,5 [t]		PM10 [t]	
TRATTA STRADALE RELATIVA AL PROGETTO	km	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO
VIA DEI MILLE	0,32	6690	841	0,67	0,11	0,22	0,42	0,01	0,01	0,02	0,01
VIA DELL'INDIPENDENZA	0,40	3111	1712	0,39	0,28	0,13	1,08	0,01	0,03	0,01	0,04
PONTE MATTEOTTI	0,25	20086	2123	1,56	0,21	0,51	0,84	0,03	0,02	0,05	0,03
VIA GIACOMO MATTEOTTI LATO PONTE	0,33	14843	1943	1,53	0,26	0,50	1,01	0,03	0,02	0,05	0,03
VIA GIACOMO MATTEOTTI LATO PIAZZA DELL'UNITA'	0,12	358	1704	0,01	0,08	0,00	0,32	0,00	0,01	0,00	0,01
VIA FERRARESE	0,30	2120	58	0,20	0,01	0,06	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00
PIAZZA DELL'UNITA'	0,10	0	306	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA MAZZA	0,16	10030	305	0,50	0,02	0,16	0,08	0,01	0,00	0,02	0,00
VIA DI CORTICELLA	0,08	4805	592	0,12	0,02	0,04	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA DI CORTICELLA.A1	1,19	9464	594	3,51	0,28	1,15	1,11	0,08	0,03	0,12	0,04
VIA DI CORTICELLA.A2	0,59	18451	591	3,39	0,14	1,11	0,55	0,08	0,01	0,11	0,02
VIA DI CORTICELLA.B	0,46	23462	577	3,36	0,11	1,10	0,42	0,07	0,01	0,11	0,01
VIA DI CORTICELLA.C	1,09	10787	566	3,66	0,25	1,20	0,97	0,08	0,02	0,12	0,03
VIA BENTINI	0,68	10964	549	2,32	0,15	0,76	0,59	0,05	0,01	0,08	0,02
VIA DI CORTICELLA.D	1,80	3588	88	2,01	0,06	0,66	0,25	0,04	0,01	0,07	0,01
VIABILITA' DI BUFFER											
VIA MARCONI	0,31	10826	1487	1,04	0,19	0,34	0,73	0,02	0,02	0,04	0,02
VIA AMENDOLA	0,32	13208	1362	1,32	0,18	0,43	0,69	0,03	0,02	0,04	0,02
VIA MONTEBELLO	0,33	173	0	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA IRNERIO	0,45	7494	1018	1,05	0,18	0,34	0,72	0,02	0,02	0,04	0,02
VIA PIETRAMELLARA/VIA MASINI	0,70	46661	1567	10,17	0,44	3,33	1,73	0,23	0,04	0,34	0,06
VIA DE' CARRACCI	0,35	5767	180	0,63	0,03	0,21	0,10	0,01	0,00	0,02	0,00
VIA JACOPO DELLA QUERCIA	0,70	9571	0	2,09	0,00	0,68	0,00	0,05	0,00	0,07	0,00
VIA SEBASTIANO SERIO	0,70	591	0	0,13	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA ALGARDI/VIA ALBANI	0,70	2980	0	0,65	0,00	0,21	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
VIA CRET/VIA TIBALDI	0,70	8353	731	1,82	0,21	0,60	0,81	0,04	0,02	0,06	0,03
VIA PROCACCINI	0,35	670	0	0,07	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA SPADA	0,35	604	0	0,07	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA CALVART/VIA MITELLI	0,50	1047	0	0,16	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
VIA BARBIERI	0,50	2322	0	0,36	0,00	0,12	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
VIA BASSANELLI	0,37	2794	0	0,32	0,00	0,11	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
VIA JACOPO DI PALO	0,25	1912	0	0,15	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
VIA SALICETO	0,30	244	0	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA ZANIBONI	0,32	1581	0	0,16	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
A14	0,70	52973	0	11,55	0,00	3,78	0,00	0,26	0,00	0,39	0,00
VIA CROCE COPERTA	0,50	1735	14	0,27	0,00	0,09	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
VIA STENDHAL	0,70	10952	11	2,39	0,00	0,78	0,01	0,05	0,00	0,08	0,00
VIA LIPPARINI	0,65	10014	0	2,03	0,00	0,66	0,00	0,04	0,00	0,07	0,00
VIA SHAKESPEARE	1,23	11585	11	4,44	0,01	1,45	0,02	0,10	0,00	0,15	0,00
VIA DELL'ARCOVEGGIO	1,57	916	139	0,45	0,09	0,15	0,34	0,01	0,01	0,02	0,01
VIA FIORAVANTI	0,50	11009	28	1,71	0,01	0,56	0,02	0,04	0,00	0,06	0,00
VIA LIBERAZIONE	0,50	13600	75	2,12	0,02	0,69	0,06	0,05	0,00	0,07	0,00
VIA BOLOGNESE	0,70	15973	223	3,48	0,06	1,14	0,25	0,08	0,01	0,12	0,01
ALTRE VIABILITA' LIMITROFE											
VIA CRISTOFORO COLOMBO	3,47	28951	0	31,28	0,00	10,24	0,00	0,69	0,00	1,06	0,00
VIA DELLA BEVERARA	1,41	12817	281	5,63	0,16	1,84	0,62	0,12	0,02	0,19	0,02
VIA PIETRO GOBETTI	1,10	17199	221	5,89	0,10	1,93	0,38	0,13	0,01	0,20	0,01
				114,67	3,65	37,53	14,27	2,54	0,35	3,88	0,48

SCENARIO DI RIFERIMENTO	Ldi riferimento	TGM RIFERIMENTO		CO [t]		NOX [t]		PM2,5 [t]		PM10 [t]	
TRATTA STRADALE RELATIVA AL PROGETTO	km	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO
VIA DEI MILLE	0,32	6036	1007	0,60	0,13	0,20	0,51	0,01	0,01	0,02	0,02
VIA DELL'INDIPENDENZA	0,40	2679	941	0,33	0,15	0,11	0,59	0,01	0,01	0,01	0,02
PONTE MATTEOTTI	0,25	14020	1189	1,09	0,12	0,36	0,47	0,02	0,01	0,04	0,02
VIA GIACOMO MATTEOTTI LATO PONTE	0,33	12112	1009	1,24	0,13	0,41	0,52	0,03	0,01	0,04	0,02
VIA GIACOMO MATTEOTTI LATO PIAZZA DELL'UNITA'	0,12	884	772	0,03	0,04	0,01	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA FERRARESE	0,30	1584	58	0,15	0,01	0,05	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00
PIAZZA DELL'UNITA'	0,10	0	148	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA MAZZA	0,16	251	229	0,01	0,01	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA DI CORTICELLA	0,08	3797	209	0,09	0,01	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA DI CORTICELLA.A1	1,19	10495	266	3,89	0,13	1,27	0,50	0,09	0,01	0,13	0,02
VIA DI CORTICELLA.A2	0,59	19783	263	3,63	0,06	1,19	0,24	0,08	0,01	0,12	0,01
VIA DI CORTICELLA.B	0,46	19570	263	2,80	0,05	0,92	0,19	0,06	0,00	0,09	0,01
VIA DI CORTICELLA.C	1,09	12138	195	4,12	0,09	1,35	0,33	0,09	0,01	0,14	0,01
VIA BENTINI	0,68	13842	186	2,93	0,05	0,96	0,20	0,06	0,00	0,10	0,01
VIA DI CORTICELLA.D	1,80	3634	0	2,04	0,00	0,67	0,00	0,05	0,00	0,07	0,00
VIABILITA' DI BUFFER											
VIA MARCONI	0,31	11002	1377	1,06	0,17	0,35	0,67	0,02	0,02	0,04	0,02
VIA AMENDOLA	0,32	12718	752	1,27	0,10	0,41	0,38	0,03	0,01	0,04	0,01
VIA MONTEBELLO	0,33	153	0	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA IRNERIO	0,45	6606	940	0,93	0,17	0,30	0,67	0,02	0,02	0,03	0,02
VIA PIETRAMELLARA/VIA MASINI	0,70	40928	1028	8,92	0,29	2,92	1,13	0,20	0,03	0,30	0,04
VIA DE' CARRACCI	0,35	4356	180	0,47	0,03	0,16	0,10	0,01	0,00	0,02	0,00
VIA JACOPO DELLA QUERCIA	0,70	2382	180	0,52	0,05	0,17	0,20	0,01	0,00	0,02	0,01
VIA SEBASTIANO SERIO	0,70	549	0	0,12	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA ALGARDI/VIA ALBANI	0,70	2644	0	0,58	0,00	0,19	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
VIA CRET/VIA TIBALDI	0,70	8698	197	1,90	0,06	0,62	0,22	0,04	0,01	0,06	0,01
VIA PROCACCINI	0,35	2189	0	0,24	0,00	0,08	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
VIA SPADA	0,35	620	0	0,07	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA CALVART/VIA MITELLI	0,50	800	0	0,12	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA BARBIERI	0,50	3395	0	0,53	0,00	0,17	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
VIA BASSANELLI	0,37	2879	0	0,33	0,00	0,11	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
VIA JACOPO DI PALO	0,25	1319	0	0,10	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA SALICETO	0,30	188	0	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA ZANIBONI	0,32	1793	0	0,18	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
A14	0,70	57889	0	12,62	0,00	4,13	0,00	0,28	0,00	0,43	0,00
VIA CROCE COPERTA	0,50	1342	0	0,21	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
VIA STENDHAL	0,70	4173	11	0,91	0,00	0,30	0,01	0,02	0,00	0,03	0,00
VIA LIPPARINI	0,65	10482	0	2,12	0,00	0,69	0,00	0,05	0,00	0,07	0,00
VIA SHAKESPEARE	1,23	2719	11	1,04	0,01	0,34	0,02	0,02	0,00	0,04	0,00
VIA DELL'ARCOVEGGIO	1,57	1466	82	0,72	0,05	0,23	0,20	0,02	0,00	0,02	0,01
VIA FIORAVANTI	0,50	7761	28	1,21	0,01	0,40	0,02	0,03	0,00	0,04	0,00
VIA LIBERAZIONE	0,50	11962	213	1,86	0,04	0,61	0,17	0,04	0,00	0,06	0,01
VIA BOLOGNESE	0,70	5367	139	1,17	0,04	0,38	0,15	0,03	0,00	0,04	0,01
ALTRE VIABILITA' LIMITROFE											
VIA CRISTOFORO COLOMBO	3,47	36669	0	39,62	0,00	12,97	0,00	0,88	0,00	1,34	0,00
VIA DELLA BEVERARA	1,41	10651	281	4,68	0,16	1,53	0,62	0,10	0,02	0,16	0,02
VIA PIETRO GOBETTI	1,10	5185	114	1,78	0,05	0,58	0,20	0,04	0,00	0,06	0,01
				108,26	2,20	35,43	8,60	2,40	0,21	3,67	0,29

SCENARIO DI PROGETTO	Ldi riferimento	TGM PROGETTO		CO [t]		NOX [t]		PM2,5 [t]		PM10 [t]	
TRATTA STRADALE RELATIVA AL PROGETTO	km	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO
VIA DEI MILLE	0,32	5876	818	0,59	0,11	0,19	0,41	0,01	0,01	0,02	0,01
VIA DELL'INDIPENDENZA	0,40	2783	752	0,35	0,12	0,11	0,47	0,01	0,01	0,01	0,02
PONTE MATTEOTTI	0,25	14109	510	1,10	0,05	0,36	0,20	0,02	0,00	0,04	0,01
VIA GIACOMO MATTEOTTI LATO PONTE	0,33	12081	358	1,24	0,05	0,41	0,19	0,03	0,00	0,04	0,01
VIA GIACOMO MATTEOTTI LATO PIAZZA DELL'UNITA'	0,12	894	148	0,03	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA FERRARESE	0,30	1499	58	0,14	0,01	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
PIAZZA DELL'UNITA'	0,10	0	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA MAZZA	0,16	0	140	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA DI CORTICELLA	0,08	2615	2	0,07	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA DI CORTICELLA.A1	1,19	6742	2	2,50	0,00	0,82	0,00	0,06	0,00	0,08	0,00
VIA DI CORTICELLA.A2	0,59	14801	0	2,72	0,00	0,89	0,00	0,06	0,00	0,09	0,00
VIA DI CORTICELLA.B	0,46	15034	0	2,15	0,00	0,70	0,00	0,05	0,00	0,07	0,00
VIA DI CORTICELLA.C	1,09	6335	0	2,15	0,00	0,70	0,00	0,05	0,00	0,07	0,00
VIA BENTINI	0,68	8302	0	1,76	0,00	0,58	0,00	0,04	0,00	0,06	0,00
VIA DI CORTICELLA.D	1,80	3761	0	2,11	0,00	0,69	0,00	0,05	0,00	0,07	0,00
<b>VIABILITA' DI BUFFER</b>											
VIA MARCONI	0,31	9130	962	0,88	0,12	0,29	0,47	0,02	0,01	0,03	0,02
VIA AMENDOLA	0,32	12583	505	1,25	0,07	0,41	0,25	0,03	0,01	0,04	0,01
VIA MONTEBELLO	0,33	166	0	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA IRNERIO	0,45	6606	940	0,93	0,17	0,30	0,67	0,02	0,02	0,03	0,02
VIA PIETRAMELLARA/VIA MASINI	0,70	41039	949	8,94	0,27	2,93	1,05	0,20	0,03	0,30	0,04
VIA DE' CARRACCI	0,35	4303	152	0,47	0,02	0,15	0,08	0,01	0,00	0,02	0,00
VIA JACOPO DELLA QUERCIA	0,70	8106	0	1,77	0,00	0,58	0,00	0,04	0,00	0,06	0,00
VIA SEBASTIANO SERIO	0,70	548	0	0,12	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA ALGARDI/VIA ALBANI	0,70	2460	0	0,54	0,00	0,18	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
VIA CRET/VIA TIBALDI	0,70	8573	140	1,87	0,04	0,61	0,15	0,04	0,00	0,06	0,01
VIA PROCACCINI	0,35	2189	0	0,24	0,00	0,08	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
VIA SPADA	0,35	483	0	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA CALVART/VIA MITELLI	0,50	800	0	0,12	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA BARBIERI	0,50	3189	0	0,50	0,00	0,16	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
VIA BASSANELLI	0,37	2879	0	0,33	0,00	0,11	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
VIA JACOPO DI PALO	0,25	1580	0	0,12	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA SALICETO	0,30	118	0	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIA ZANIBONI	0,32	1487	0	0,15	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
A14	0,70	57889	0	12,62	0,00	4,13	0,00	0,28	0,00	0,43	0,00
VIA CROCE COPERTA	0,50	1635	0	0,25	0,00	0,08	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
VIA STENDHAL	0,70	6578	0	1,43	0,00	0,47	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00
VIA LIPPARINI	0,65	10192	0	2,06	0,00	0,68	0,00	0,05	0,00	0,07	0,00
VIA SHAKESPEARE	1,23	5251	0	2,01	0,00	0,66	0,00	0,04	0,00	0,07	0,00
VIA DELL'ARCOVEGGIO	1,57	2267	0	1,11	0,00	0,36	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00
VIA FIORAVANTI	0,50	894	401	0,14	0,08	0,05	0,32	0,00	0,01	0,00	0,01
VIA LIBERAZIONE	0,50	11758	213	1,83	0,04	0,60	0,17	0,04	0,00	0,06	0,01
VIA BOLOGNESE	0,70	4009	139	0,87	0,04	0,29	0,15	0,02	0,00	0,03	0,01
<b>ALTRE VIABILITA' LIMITROFE</b>											
VIA CRISTOFORO COLOMBO	3,47	38514	0	41,61	0,00	13,62	0,00	0,92	0,00	1,41	0,00
VIA DELLA BEVERARA	1,41	11124	420	4,88	0,24	1,60	0,93	0,11	0,02	0,17	0,03
VIA PIETRO GOBETTI	1,10	5963	114	2,04	0,05	0,67	0,20	0,05	0,00	0,07	0,01
				<b>106,07</b>	<b>1,48</b>	<b>34,72</b>	<b>5,81</b>	<b>2,35</b>	<b>0,14</b>	<b>3,59</b>	<b>0,19</b>

Per l'area di intervento la stima degli scenari emissivi su base annuale mostra una riduzione di tutti gli inquinanti considerati pari a circa l'8% per il trasporto privato e a circa il 59% per il trasporto pubblico, in riferimento al passaggio dallo stato attuale allo stato di progetto.

Considerando come base di confronto lo scenario di riferimento (entrata in esercizio della Linea Rossa), il progetto della Linea verde Corticella comporterà una riduzione di tutti gli inquinanti

considerati pari a circa il 2% per il trasporto privato e una diminuzione pari a circa il 33% per il trasporto pubblico.

	CO [t]		NOX [t]		PM2,5 [t]		PM10 [t]	
	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO
<b>STATO DI FATTO</b>	<b>114,67</b>	<b>3,65</b>	<b>37,53</b>	<b>14,27</b>	<b>2,54</b>	<b>0,35</b>	<b>3,88</b>	<b>0,48</b>
<b>SCENARIO DI RIFERIMENTO</b>	<b>108,26</b>	<b>2,20</b>	<b>35,43</b>	<b>8,60</b>	<b>2,40</b>	<b>0,21</b>	<b>3,67</b>	<b>0,29</b>
VS STATO DI FATTO	-6%	-40%	-6%	-40%	-6%	-40%	-6%	-40%
<b>SCENARIO DI PROGETTO</b>	<b>106,07</b>	<b>1,48</b>	<b>34,72</b>	<b>5,81</b>	<b>2,35</b>	<b>0,14</b>	<b>3,59</b>	<b>0,19</b>
VS SCENARIO DI RIFERIMENTO	-2%	-33%	-2%	-33%	-2%	-33%	-2%	-33%
VS STATO DI FATTO	-8%	-59%	-8%	-59%	-8%	-59%	-8%	-59%

Inoltre, è stato richiesto di fornire una mappa con l'indicazione delle tratte indicate nella tabella di sintesi dei TGM, con particolare riferimento alle sezioni di via Corticella.

I dati di traffico, estrapolati sulla linea del tracciato della linea tramviaria di Corticella, sono espressi come Traffico Giornaliero Medio attraverso la seguente tabella di sintesi, che tiene conto dei due sensi di marcia:

TRATTA	STATO DI FATTO					SCENARIO RIFERIMENTO					SCENARIO PROGETTO				
	A	F	P	B	T	A	F	P	B	T	A	F	P	B	T
VIA DEI MILLE	6690	304	35	368	0	6036	299	22	452	0	5876	299	22	363	99
	0	0	0	473	0	0	0	0	555	360	0	0	0	455	268
VIA DELL'INDIPENDENZA	3111	101	5	882	0	2679	101	17	493	554	2783	96	18	393	565
	0	0	0	830	0	0	0	0	448	194	0	0	0	359	396
PONTE MATTEOTTI	12442	733	48	1071	0	9826	635	41	603	385	9851	640	42	261	396
	7644	96	7	1052	0	4194	27	2	586	386	4258	27	2	249	396
VIA G. MATTEOTTI LATO PONTE	14843	819	48	1071	0	12112	719	41	603	385	12081	723	42	261	396
	0	0	0	872	0	0	0	0	406	386	0	0	0	97	396
VIA G. MATTEOTTI LATO P.ZZA DELL'UNITA'	358	19	0	861	0	884	49	0	395	385	894	49	0	80	396
	0	0	0	843	0	0	0	0	377	386	0	0	0	68	396

TRATTA	STATO DI FATTO					SCENARIO RIFERIMENTO					SCENARIO PROGETTO				
	A	F	P	B	T	A	F	P	B	T	A	F	P	B	T
VIA FERRARESE	0	0	0	29	0	0	0	0	29	0	0	0	0	29	0
	2120	61	17	29	0	1584	34	14	29	0	1499	34	14	29	0
PIAZZA DELL'UNITA'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	194	0	0	0	0	396
	0	0	0	306	0	0	0	0	148	194	0	0	0	3	396
VIA MAZZA	10030	324	55	305	0	251	9	0	229	0	0	0	0	140	198
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	198
VIA DI CORTICELLA	0	0	0	299	0	0	0	0	108	191	0	0	0	1	198
	4805	47	6	293	0	3797	52	6	101	192	2615	42	4	1	198
VIA DI CORTICELLA.A1	1997	26	1	301	0	2353	18	1	165	193	1226	9	0	1	198
	7467	102	8	293	0	8142	116	8	101	192	5516	87	5	1	198
VIA DI CORTICELLA.A2	10888	118	8	292	0	11359	128	8	100	192	8339	91	6	0	198
	7563	26	1	299	0	8424	24	1	163	193	6462	16	0	0	198
VIA DI CORTICELLA.B	13847	117	50	292	0	12461	83	2	100	192	10501	64	2	0	198
	9615	41	39	285	0	7109	0	0	163	179	4533	0	0	0	198
VIA DI CORTICELLA.C	6047	0	0	287	0	7877	75	2	95	192	4256	0	0	0	198
	4740	0	0	279	0	4261	0	0	100	179	2079	0	0	0	198
VIA BENTINI	6095	0	0	273	0	7742	161	5	91	182	4734	67	2	0	198
	4869	0	0	276	0	6100	0	0	95	181	3568	0	0	0	198
VIA DI CORTICELLA.D	1287	0	0	44	0	1292	0	0	0	44	1361	0	0	0	0
	2301	0	0	44	0	2342	0	0	0	44	2400	0	0	0	0

a) A = Auto, F = Furgoni, P = Pesanti, B = Bus, T = Tram e Filobus (trazione elettrica)

In riferimento alla viabilità di via Corticella, la sezione di interesse per l'area di interesse è quella denominata "Via di Corticella D".

#### 4.2.7.2 Aggiornamento ricaduta degli inquinanti

Sulla base delle richieste di Arpae, che chiedeva di fornire una mappa riportante il grafo stradale simulato e i relativi volumi di traffico distinti in privato e pubblico, è stata prodotta una mappa che riporta i grafi stradali introdotti nella valutazione delle emissioni in atmosfera, in aggiunta alle

viabilità direttamente interessate dal progetto (in giallo è riportata l'area di interesse del presente studio).

Per facilità di lettura si riportano i valori dei mezzi privati e pubblici in tabella separata, distinguendo i tre scenari dello stato di fatto, dello scenario di riferimento e di progetto.

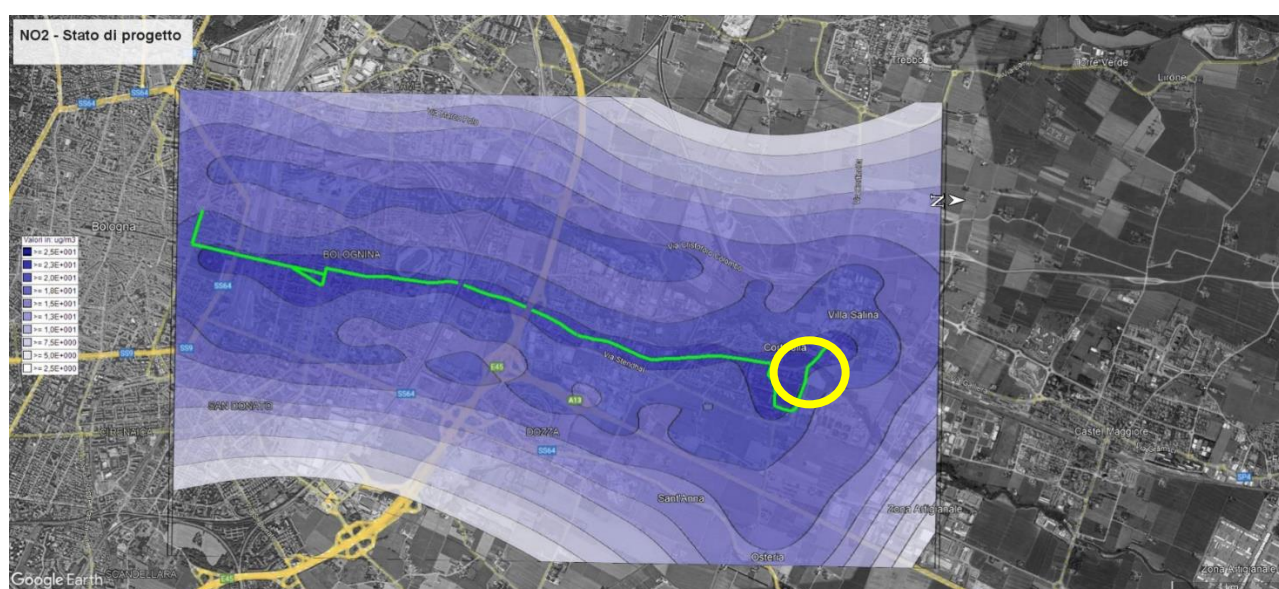
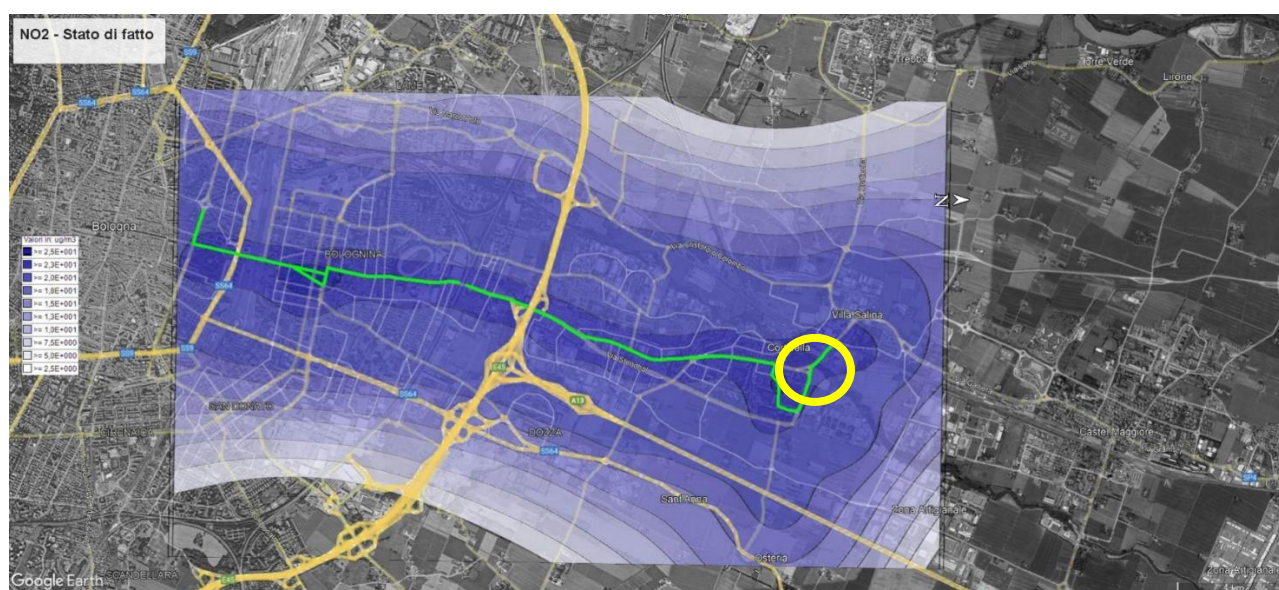


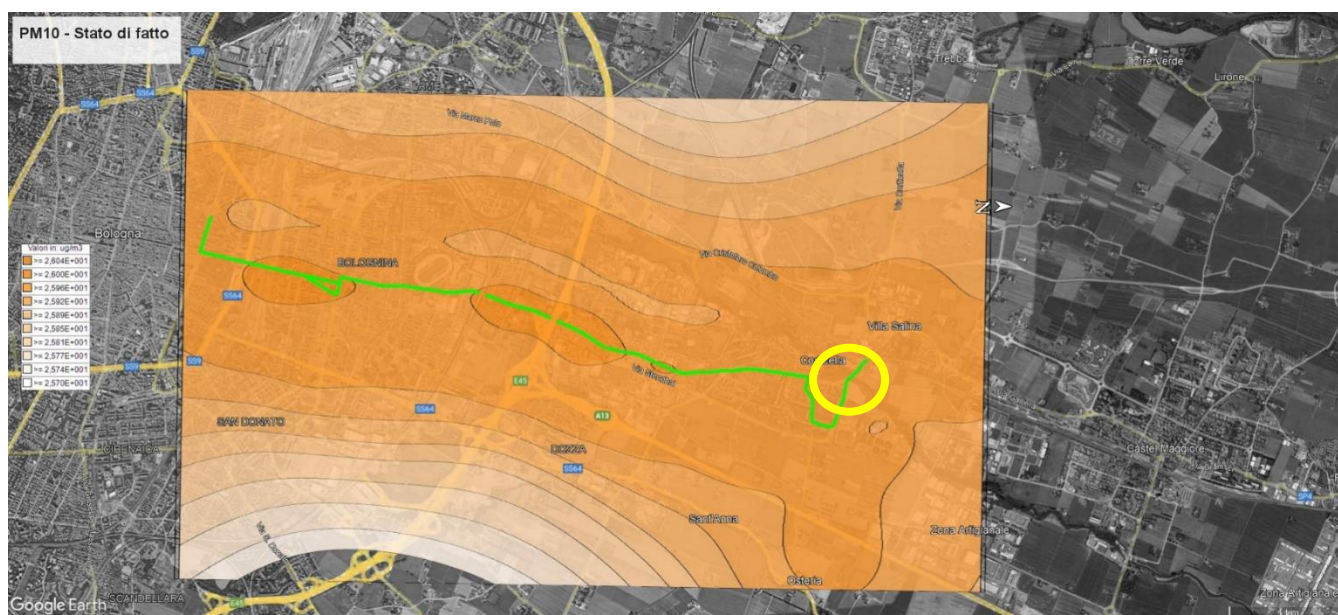
I tratti di grafo evidenziati in verde rappresentano i tratti significativi di progetto e sono stati considerati nel modello di simulazione Caline per il calcolo delle concentrazioni. I tratti evidenziati in viola rappresentano le viabilità all'interno di un buffer di riferimento di 350 metri per lato (rispetto al corridoio di progetto) sulle quali sono state calcolate invece le emissioni, così come i tratti in rosso sono viabilità rilevanti a corredo del suddetto calcolo delle emissioni, ma al di fuori del buffer sopra descritto.

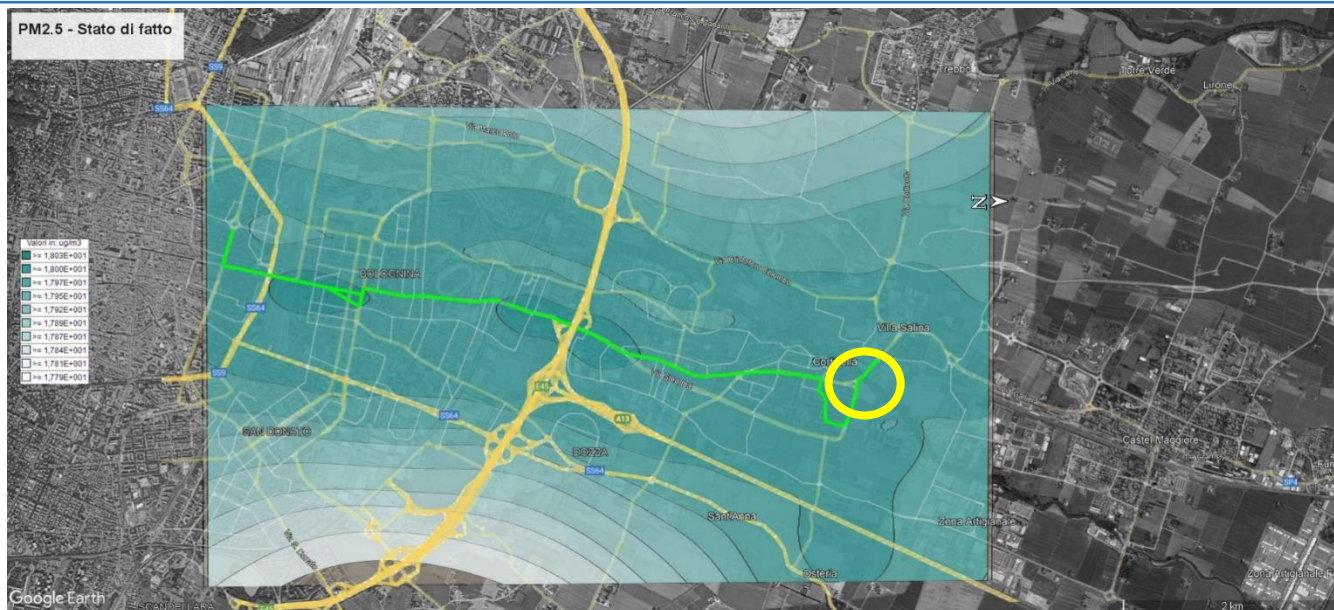
TRATTA STRADALE RELATIVA AL PROGETTO	TGM ATTUALE		TGM RIFERIMENTO		TGM PROGETTO	
	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO	PRIVATO	PUBBLICO
VIA DEI MILLE	6690	841	6036	1007	5876	818
VIA DELL'INDIPENDENZA	3111	1712	2679	941	2783	752
PONTE MATTEOTTI	20086	2123	14020	1189	14109	510
VIA GIACOMO MATTEOTTI LATO PONTE	14843	1943	12112	1009	12081	358
VIA GIACOMO MATTEOTTI LATO PIAZZA DELL'UNITA'	358	1704	884	772	894	148
VIA FERRARESE	2120	58	1584	58	1499	58
PIAZZA DELL'UNITA'	0	306	0	148	0	3
VIA MAZZA	10030	305	251	229	0	140
VIA DI CORTICELLA	4805	592	3797	209	2615	2
VIA DI CORTICELLA.A1	9464	594	10495	266	6742	2
VIA DI CORTICELLA.A2	18451	591	19783	263	14801	0
VIA DI CORTICELLA.B	23462	577	19570	263	15034	0
VIA DI CORTICELLA.C	10787	566	12138	195	6335	0
VIA BENTINI	10964	549	13842	186	8302	0
VIA DI CORTICELLA.D	3588	88	3634	0	3761	0
VIABIUTA' DI BUFFER						
VIA MARCONI	10826	1487	11002	1377	9130	962
VIA AMENDOLA	13208	1362	12718	752	12583	505
VIA MONTEBELLO	173	0	153	0	166	0
VIA IRNERIO	7494	1018	6606	940	6606	940
VIA PIETRAMELLARA/VIA MASINI	46661	1567	40928	1028	41039	949
VIA DE' CARRACCI	5767	180	4356	180	4303	152
VIA JACOPO DELLA QUERCIA	9571	0	2382	180	8106	0
VIA SEBASTIANO SERIO	591	0	549	0	548	0
VIA ALGARDI/VIA ALBANI	2980	0	2644	0	2460	0
VIA CRETIVIA TIBALDI	8353	731	8698	197	8573	140
VIA PROCACCINI	670	0	2189	0	2189	0
VIA SPADA	604	0	620	0	483	0
VIA CALVART/VIA MITELLI	1047	0	800	0	800	0
VIA BARBIERI	2322	0	3395	0	3189	0
VIA BASSANELLI	2794	0	2879	0	2879	0
VIA JACOPO DI PALO	1912	0	1319	0	1580	0
VIA SALICETO	244	0	188	0	118	0
VIA ZANIBONI	1581	0	1793	0	1487	0
A14	52973	0	57889	0	57889	0
VIA CROCE COPERTA	1735	14	1342	0	1635	0
VIA STENDHAL	10952	11	4173	11	6578	0
VIA LIPPARINI	10014	0	10482	0	10192	0
VIA SHAKESPEARE	11585	11	2719	11	5251	0
VIA DELL'ARCO VEGGIO	916	139	1466	82	2267	0
VIA FIORAVANTI	11009	28	7761	28	894	401
VIA LIBERAZIONE	13600	75	11962	213	11758	213
VIA BOLOGNESE	15973	223	5367	139	4009	139
ALTRE VIABIUTA' LIMITROFE						
VIA CRISTOFORO COLOMBO	28951	0	36669	0	38514	0
VIA DELLA BEVERARA	12817	281	10651	281	11124	420
VIA PIETRO GOBETTI	17199	221	5185	114	5963	114

La simulazione dei valori di concentrazione è stata eseguita su una griglia di calcolo e per ciascuno scenario e per ciascun inquinante sono stati riportati i valori più alti e le corrispondenti coordinate.

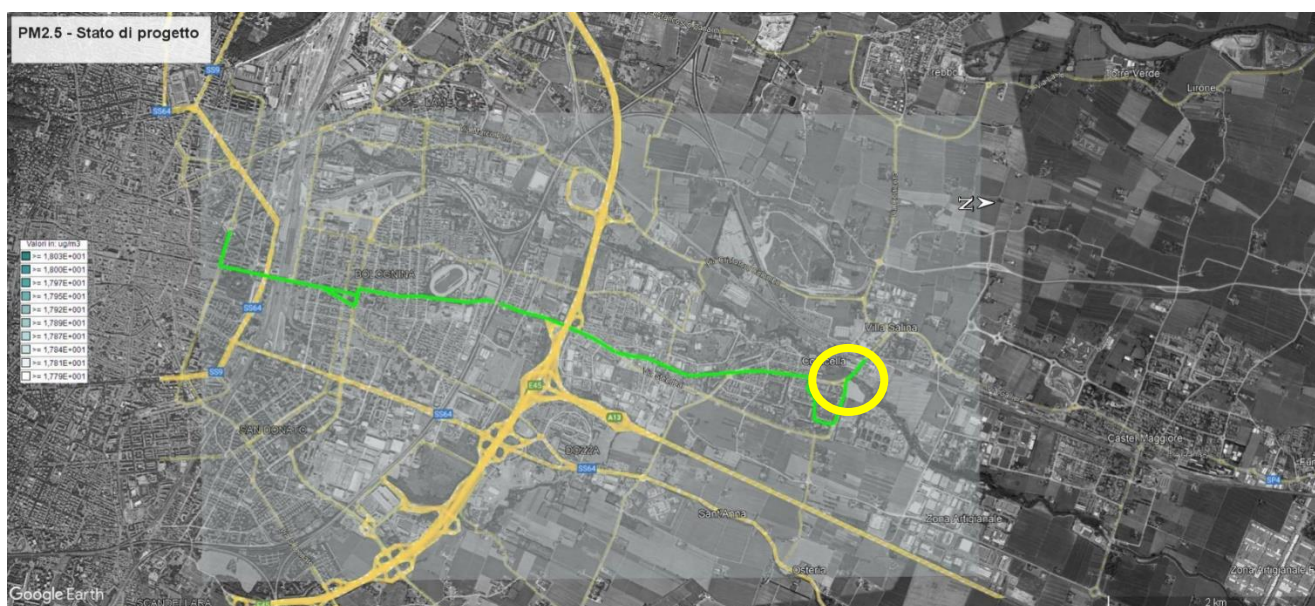
Sono state inoltre fornite le mappe di ricaduta per tutti gli inquinanti i valori medi annuali, che di seguito si riportano, unitamente al tracciato aggiornato:



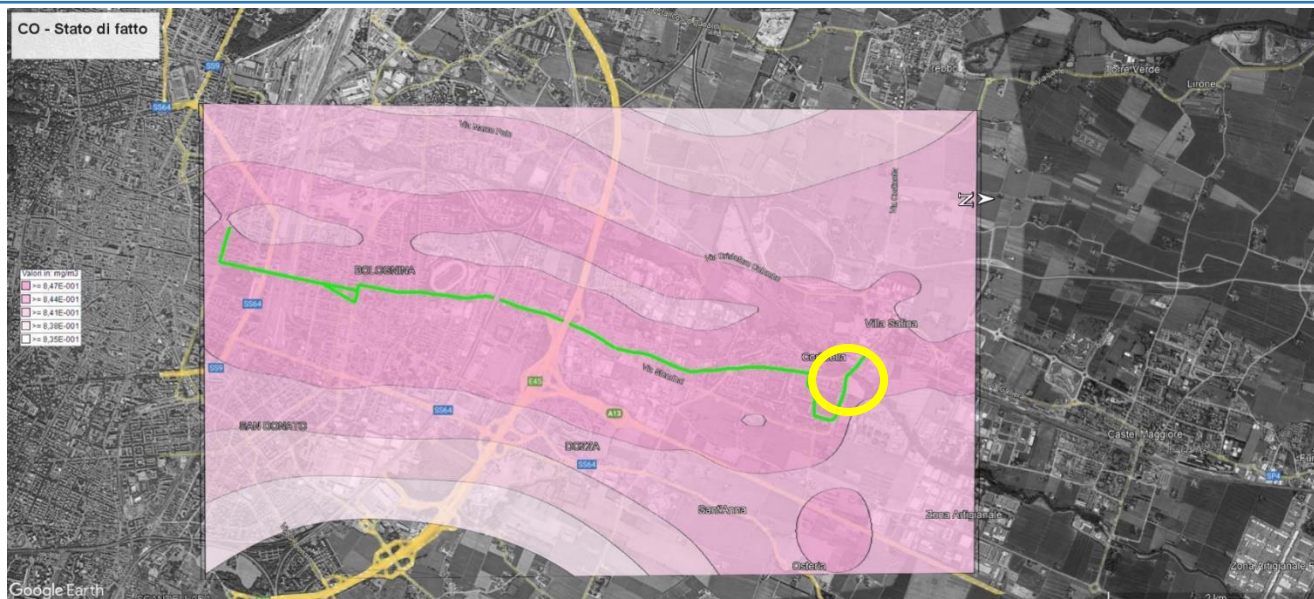




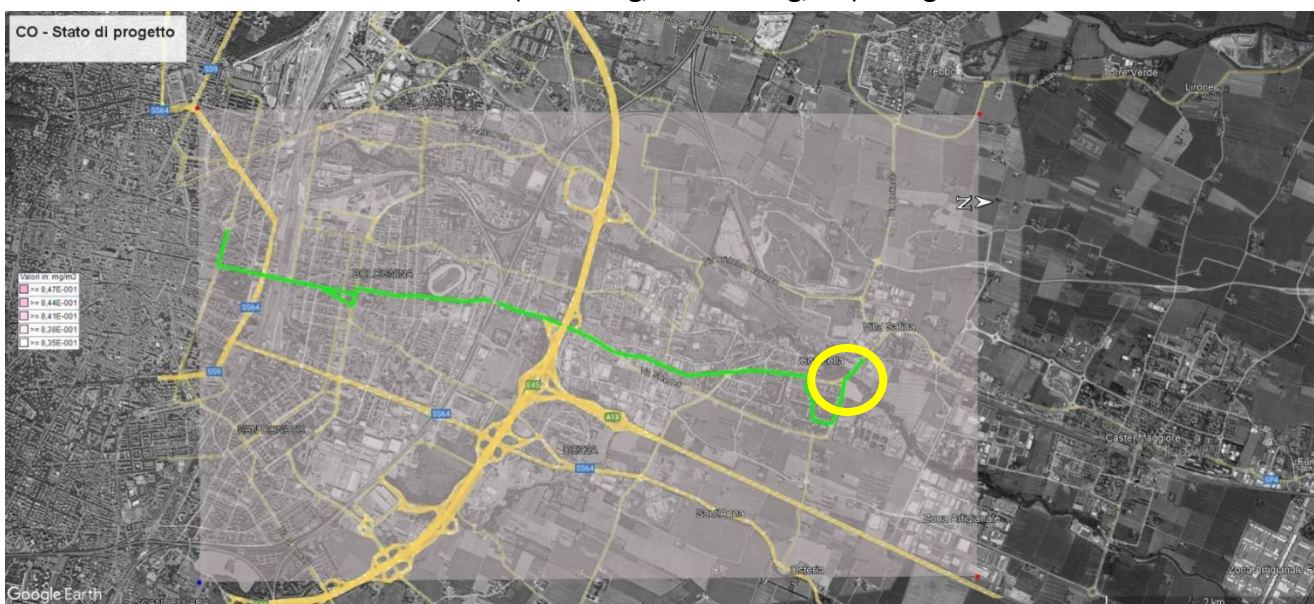
Valore medio annuale max: ( $18.1 \mu\text{g}/\text{m}^3 < 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – in giallo l'area di interesse



Valore medio annuale max: ( $16.0 \mu\text{g}/\text{m}^3 < 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – in giallo l'area di interesse



Valore medio mobile 8 ore max:  $(0.850 \text{ mg/m}^3 < 10 \text{ mg/m}^3)$  – in giallo l'area di interesse

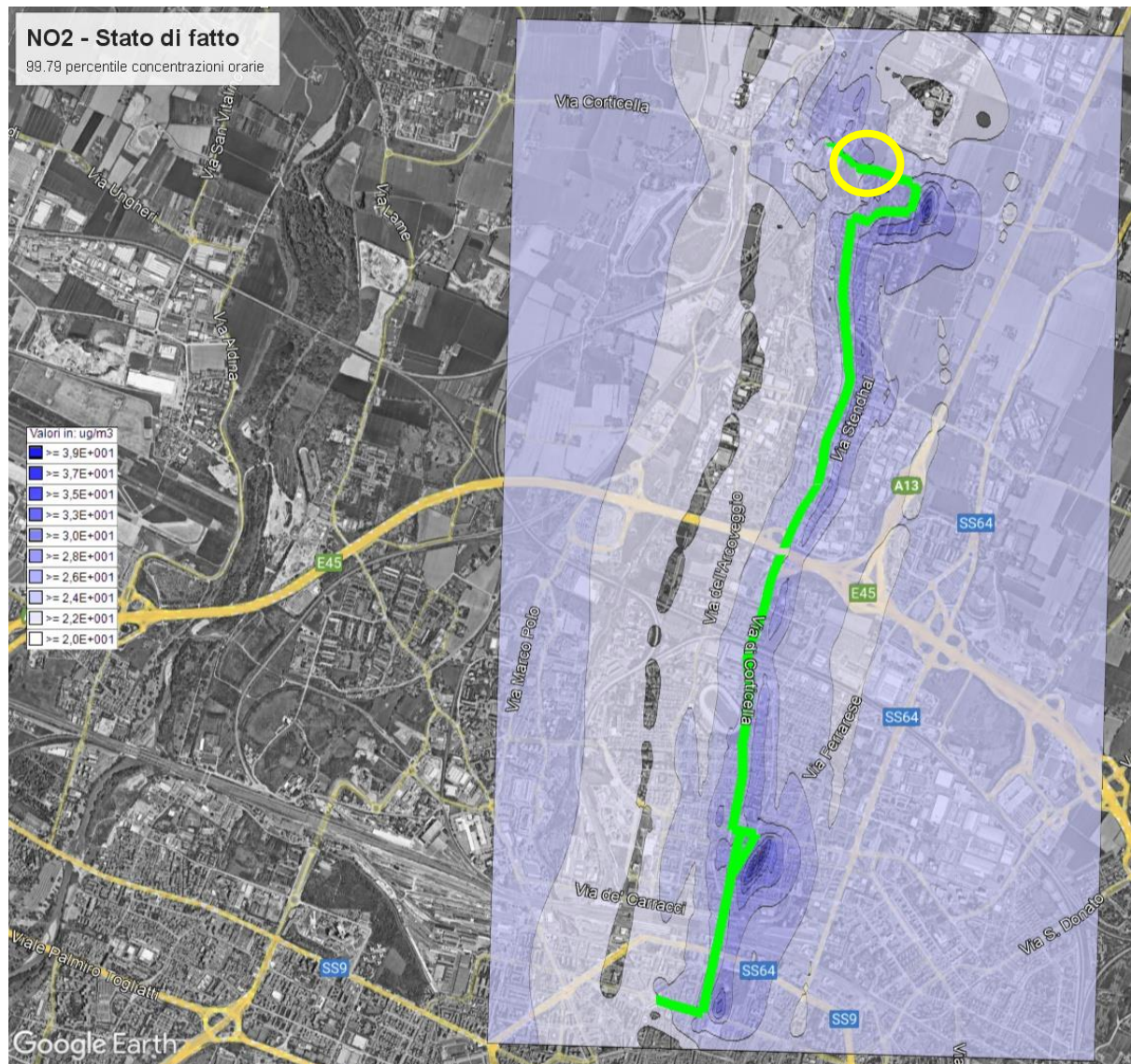


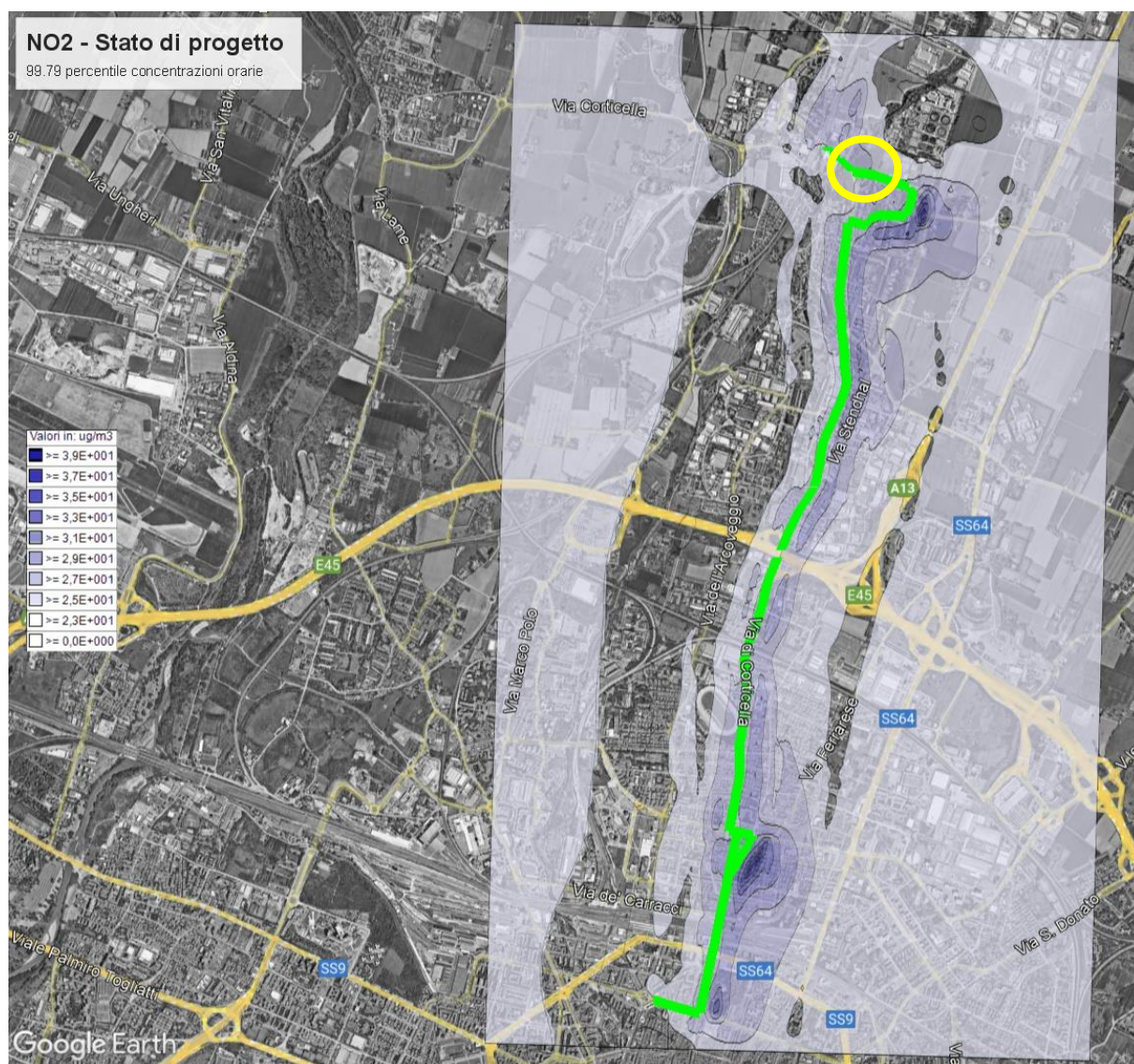
Valore medio mobile 8 ore max:  $(0.825 \text{ mg/m}^3 < 10 \text{ mg/m}^3)$  – in giallo l'area di interesse

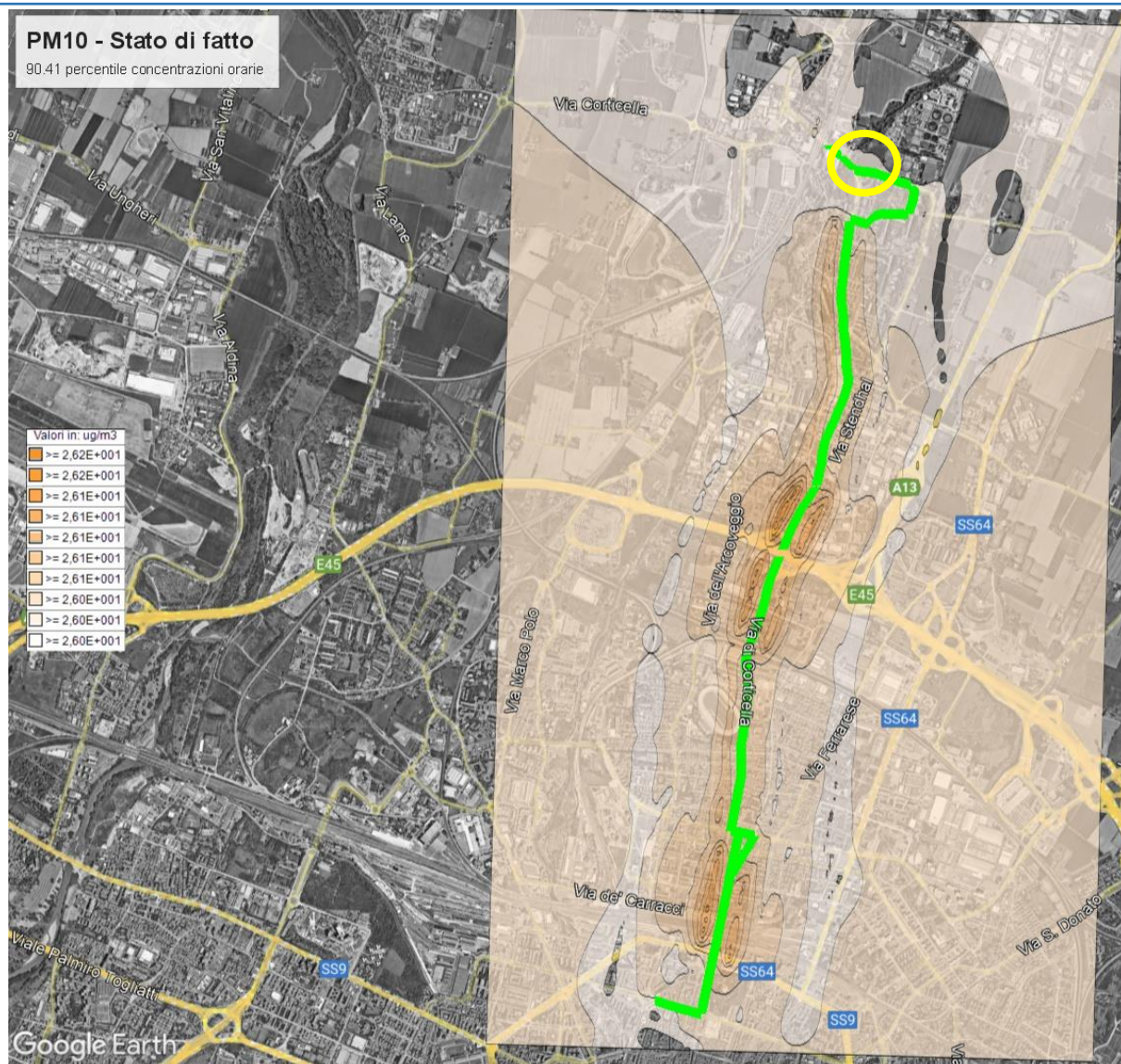
Tali mappe sono state poi ulteriormente aggiornate integrando i percentili delle concentrazioni medie giornaliere (per PM10) e orari (per NOx):

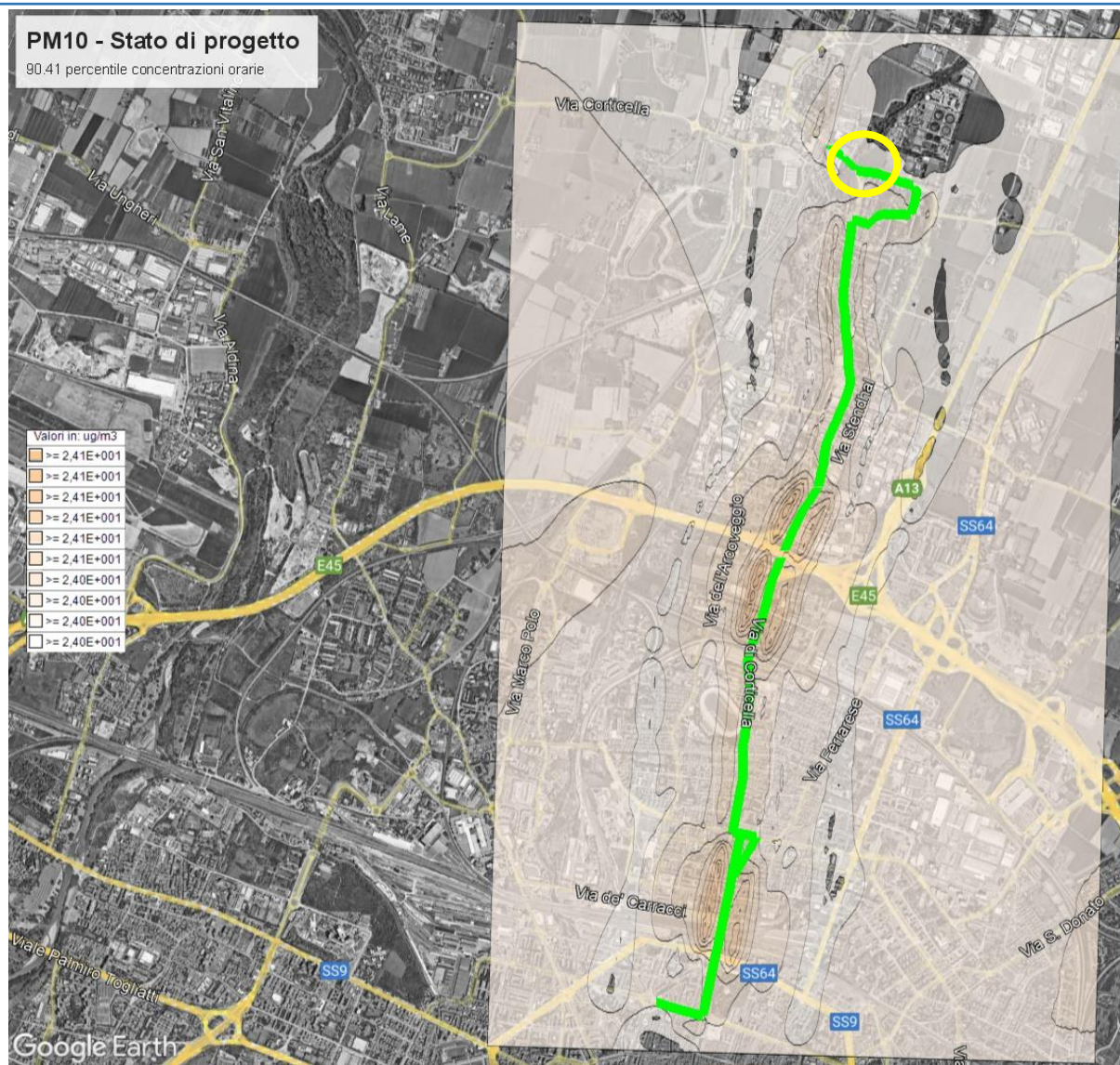
- Per il biossido di azoto il percentile 99.79 della concentrazione media oraria non deve superare i  $200 \mu\text{g/m}^3$ .

- Per quanto riguarda il PM10 il percentile 90.41 delle concentrazioni medie giornaliere non deve superare i 50 µg/m<sup>3</sup>.









Infine, sono state restituite le concentrazioni di PM10 e NOX stimate dal modello per i differenti parametri statistici (media annua e superamenti orari e giornalieri) ai ricettori discreti individuati lungo la viabilità interessata alla redistribuzione del traffico privato, che comprendano anche i futuri punti di monitoraggio.

Oltre ai punti di monitoraggio dell'aria, sono stati infine distribuiti lungo il tracciato e lungo le viabilità principali una serie di punti di controllo (Px), sui quali col modello previsionale MMS

Caline sono state calcolate le concentrazioni per gli inquinanti PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub> nello scenario di fatto e di progetto (con riferimento all'area di interesse del presente studio).



ID RICETTORE	TIPOLOGIA	COORDINATE		STATO DI FATTO		STATO DI PROGETTO		SUPERAM. ORARI PM <sub>10</sub>	SUPERAM. ORARI NO <sub>2</sub>
		x	y	PM <sub>10</sub> [mg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [mg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>10</sub> [mg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [mg/m <sup>3</sup> ]		
P2	punto di controllo	687070	4935940	25,7	23,0	24,9	22,5	-	-
P3/ATM04	postazione PMA	687293	4935674	25,8	23,0	25,0	22,5	-	-
P4	punto di controllo	687317	4935436	25,8	24,0	25,1	23,5	-	-
P5	punto di controllo	687165	4935273	25,8	23,0	25,0	22,6	-	-
P6	punto di controllo	687256	4935034	25,8	23,0	25,0	22,5	-	-
P7	punto di controllo	687221	4934832	25,7	22,8	24,9	22,3	-	-
P8	punto di controllo	687027	4934744	25,9	23,0	25,1	22,5	-	-

#### 4.2.8 CONSIDERAZIONI SULLE SIMULAZIONI EFFETTUATE

Come risultato di tutte le modellazioni effettuate, la cui sintesi è riportata ai paragrafi precedenti, non si evidenziano criticità in merito alla componente atmosfera, in quanto l'esercizio del tram

non comporterà in generale un aggravio del quadro emissivo delle aree interessate dal suo passaggio.

Tenuto inoltre conto che:

- le modifiche del tracciato apportate con il Progetto Definitivo sono in generale migliorative rispetto al PFTE (es. eliminazione del parcheggio interrato di Piazza dell'Unità, ecc.);
- i dati dei Fattori di Emissione (FE) 2018 della banca dati SINANET/ISPRA sono inferiori (ca. 10-15%) rispetto a quelli utilizzati nelle simulazioni per i parametri di interesse;
- i dati del Parco ACI Circolante nell'aggiornamento 2019 sono dello stesso ordine di grandezza rispetto a quelli del 2018, con una generale diminuzione dei veicoli a gasolio (autovetture, veicoli industriali leggeri e veicoli industriali pesanti) e un aumento dei veicoli elettrici-ibridi (autovetture e veicoli industriali leggeri);

si ritiene di poter tenere valide le simulazioni effettuate in fase di PFTE, in quanto i risultati ottenuti sono da considerarsi cautelativi.

Inoltre le valutazioni ambientali effettuate in fase di Screening sono state via via approfondite e aggiornate in accordo con gli Enti.

#### 4.3 RUMORE

Nel presente paragrafo si indagano, con riferimento alla componente rumore, le condizioni di sensibilità del territorio in termini di destinazioni d'uso e di tipologie edilizie. Sono presentati inoltre i risultati delle misure fonometriche eseguite per la valutazione dei livelli residui attualmente presenti sul territorio.

Il paragrafo è articolato secondo i seguenti punti:

- breve descrizione della normativa vigente e delle principali norme tecniche di riferimento;
- classificazione del territorio e dei ricettori sensibili in base alla presunta criticità rispetto al progetto in esame;

- presentazione dei risultati delle misure fonometriche;
- valutazione previsionale di impatto acustico in funzione dei diversi scenari previsti.

Vengono qui riportate gli stralci dello studio effettuato relativamente all'area di interesse del presente studio.

#### 4.3.1 QUADRO DI RIFERIMENTO LEGISLATIVO

La "Legge quadro sull'inquinamento acustico" n. 447 del 26/10/1995 ha precisato l'orientamento normativo, stabilendo tra l'altro:

l'importanza della zonizzazione acustica dei Comuni ai fini dell'individuazione dei valori limite da applicare al territorio in relazione alle destinazioni d'uso di quest'ultimo, stabilendo la necessità da parte delle Regioni di definire i criteri di classificazione del territorio per i propri Comuni;

l'importanza della pianificazione territoriale sia come mezzo per il progressivo risanamento acustico del territorio, sia come strumento di scelta al fine di prevenire l'inquinamento acustico stesso;

la progressiva emanazione di decreti attuativi al fine di regolamentare attraverso metodiche e standard ambientali le più diverse attività, in attesa dei quali restano in vigore le disposizioni stabilite dal DPCM 1/3/91.

Il DPCM 14/11/97 fissa i limiti massimi accettabili nelle diverse aree territoriali e definisce, al contempo la suddivisione dei territori comunali in relazione alla destinazione d'uso e l'individuazione dei valori limiti ammissibili di rumorosità per ciascuna area, riprendendo in parte le classificazioni già introdotte dal DPCM 01.03.1991.

Il DPCM 14/11/97 stabilisce inoltre per l'ambiente esterno valori limite assoluti di immissione (tab.3.2), i cui valori si differenziano a seconda della classe di destinazione d'uso del territorio, mentre, per gli ambienti abitativi sono stabiliti anche limiti differenziali.

In merito al campo di applicazione del DPCM 14/11/97, si evidenziano i seguenti aspetti:

per le infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime ed aeroportuali i valori limite di immissione non si applicano all'interno delle rispettive fasce di pertinenza, individuate da decreti di prossima emanazione. All'esterno di tali fasce, dette sorgenti concorrono al raggiungimento dei limiti assoluti di immissione;

i valori limite assoluti di immissione e di emissione relativi alle singole infrastrutture dei trasporti, all'interno delle rispettive fasce di pertinenza, nonché la relativa estensione, saranno fissati con i rispettivi decreti attuativi;

i valori limite differenziali di immissione non si applicano nelle aree classificate nella classe VI;

i valori limite differenziali di immissione non si applicano alla rumorosità prodotta da:

infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime;

attività e comportamenti non connessi con esigenze produttive, commerciali e professionali;

servizi e impianti fissi dell'edificio adibiti ad uso comune, limitatamente al disturbo provocato all'interno dello stesso.

Per quanto riguarda la normativa regionale, il Consiglio della Regione Emilia Romagna ha approvato, in attuazione della Legge 447/95, la Legge Regionale n°15 del 09 maggio 2001, Norme in Materia di Inquinamento Acustico.

A seguito dell'esperienza maturata nella redazione delle classificazioni acustiche da parte di molte amministrazioni comunali della regione, e facendo proprie alcune delle osservazioni scaturite in tali lavori, con delibera di giunta n. 2053/2001 la Regione Emilia-Romagna ha provveduto ad emanare una direttiva per aggiornare i "Criteri e condizioni per la classificazione del territorio".

Il DPR 142 del 2004 definisce le fasce acustiche stradali ed i relativi limiti acustici diurni e notturni, classificandole in:

a) Autostrade;	d) Strade urbane di scorrimento;
b) Strade extraurbane principali;	e) Strade urbane di quartiere;
c) Strade extraurbane secondarie;	f) Strade locali.

Infine il D.P.R 458/98 stabilisce le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore avente origine dall'esercizio delle infrastrutture ferroviarie e delle linee metropolitane di superficie, con esclusione delle tramvie e delle funicolari.

- a) infrastrutture esistenti, alle loro varianti ed alle infrastrutture di nuova realizzazione in affiancamento a quelle esistenti;
- b) infrastrutture di nuova realizzazione.

#### 4.3.2 CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DEL TERRITORIO

Con Deliberazione del Consiglio Comunale OdG 336/15 (PG 328998/15) è stata approvata la variante alla Classificazione acustica del territorio comunale, con le relative Norme tecniche di attuazione, elaborata secondo i criteri stabiliti dalla Regione Emilia-Romagna con DGR n. 2053/2001, recante "Criteri e condizioni per la classificazione del territorio".

La variante si è resa necessaria al fine di aggiornare la cartografia in base all'assetto territoriale conseguente agli interventi realizzati nel periodo intercorso dall'approvazione del PSC (Piano strutturale comunale) e con le varianti al POC, nonché a rendere coerente le Norme tecniche di attuazione con il Regolamento Urbanistico Edilizio (Rue) approvato.

La Classificazione acustica è costituita dai seguenti elaborati:

- relazione illustrativa, in cui sono indicate le modifiche più significative introdotte nella cartografia e nelle Norme tecniche di attuazione;
- norme tecniche di attuazione, finalizzate a regolamentare le zone particolari, gestire le trasformazioni territoriali, nonché a regolare le modalità per l'aggiornamento della Classificazione acustica;
- cartografia riportante la classificazione acustica del territorio comunale dello stato attuale e dello stato di progetto;
- cartografia riportante le fasce di pertinenza acustica delle principali infrastrutture di trasporto suddivise a seconda dei limiti di immissione sonora stabiliti dai rispettivi decreti attuativi nazionali, relative allo stato attuale ed allo stato di progetto.

Nelle figure che seguono si riporta la classificazione acustica del territorio del Comune di Bologna.

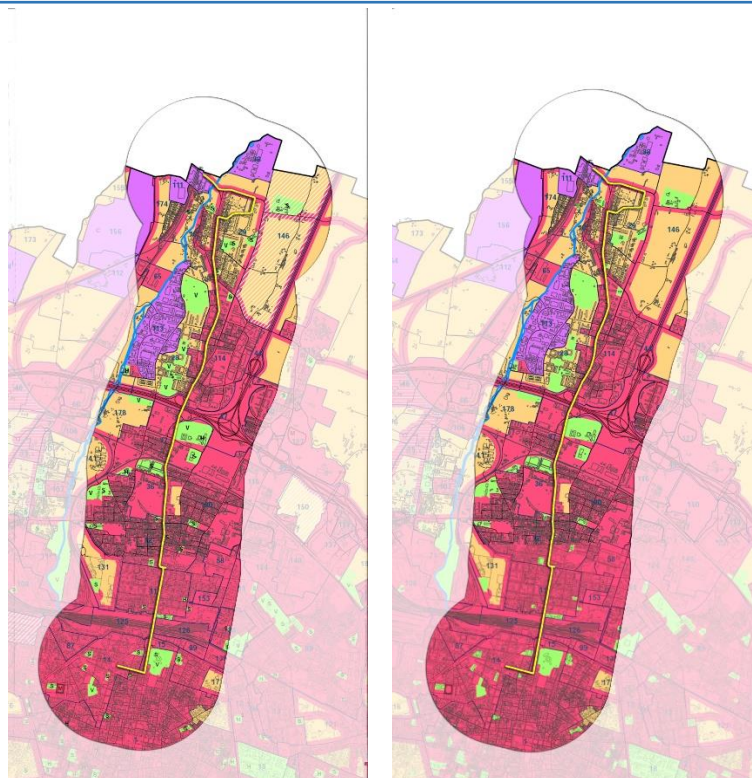


Figura 4-23 e - 4-24 Classificazione acustica - stato di fatto e stato di progetto, Comune di Bologna

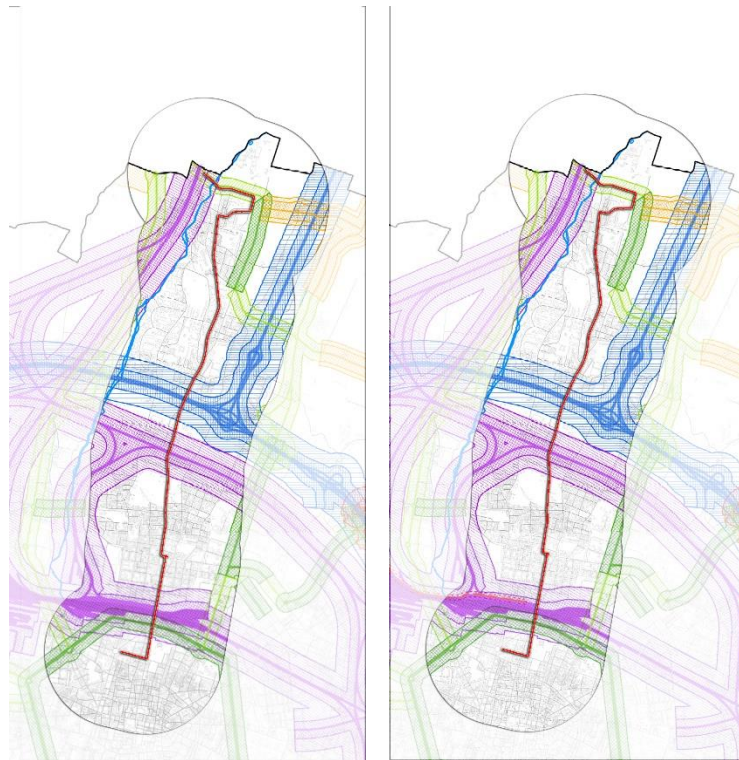


Figura 4-25 e 4-26- Classificazione acustica fasce di pertinenza infrastrutturali – stato di fatto e stato di progetto

Le classi di destinazione fissate dal decreto, sono di seguito riportate e si sottolinea la classe acustica di riferimento per lo specifico caso in esame.

**I classe - aree particolarmente protette:** rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione (aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo e allo svago, aree residenziali rurali e di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, etc.).

**II classe - aree destinate ad uso prevalentemente residenziale:** rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali.

**III classe - aree di tipo misto:** rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali ed uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali, aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.

**IV classe - aree ad intensa attività umana:** rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali ed uffici, con presenza di attività artigianali, le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie, le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie.

**V classe - aree prevalentemente industriali:** rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.

**VI classe - aree esclusivamente industriali:** rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

Per ognuna delle classi sopra elencate, il decreto specifica i valori riportati nelle seguenti tabelle.

CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO	VALORI LIMITE ASSOLUTI DI IMMISSIONE IN dB(A)		VALORI LIMITE ASSOLUTI DI EMISSIONE IN dB(A)	
	Periodo diurno (6-22)	Periodo notturno (22-6)	Periodo diurno (6-22)	Periodo notturno (22-6)
I- area particolarmente protetta	50	40	45	35

CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO	VALORI LIMITE ASSOLUTI DI IMMISSIONE IN dB(A)		VALORI LIMITE ASSOLUTI DI EMISSIONE IN dB(A)	
	Periodo diurno (6-22)	Periodo notturno (22-6)	Periodo diurno (6-22)	Periodo notturno (22-6)
II- aree prevalentemente residenziali	55	45	50	40
III- aree di tipo misto	60	50	55	45
IV- aree di intensa attività umana	65	55	60	50
V- aree prevalentemente industriali	70	60	65	55
VI- aree esclusivamente industriali	70	70	65	65

*Tabella Limiti di riferimento per classi*

I valori limite riportati in Tabella non si applicano al rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto all'interno delle rispettive fasce territoriali di pertinenza mentre valgono per le singole sorgenti sonore diverse dalle infrastrutture di trasporto anche quando il ricettore è all'interno della fascia di pertinenza. I valori limiti di emissione devono essere applicati al rumore generato da ogni singola sorgente (con l'esclusione delle infrastrutture di trasporto). I limiti assoluti comprendono la totalità delle sorgenti e sono verificati in prossimità dei ricettori (art. 2, LQ 447/1995).

I valori differenziali, misurati all'interno degli ambienti abitativi, non devono superare i limiti fissati dal DPCM 14 novembre 1997, art. 4, comma 1:

- 5 dB(A) periodo diurno (06.00 - 22.00)
- 3 dB(A) periodo notturno (22.00 – 06.00)

Limite di applicabilità del criterio differenziale: qualora il livello di rumore ambientale risulti inferiore a 50 dB e 40 dB misurati a finestre aperte durante il periodo diurno e notturno rispettivamente e inferiore a 35 dB e 25 dB misurati a finestre chiuse nei medesimi periodi di riferimento, il limite differenziale non trova applicazione.

I limiti acustici da considerare a livello normativo, sono quelli previsti dal DPR 142/04 alla tabella 2 che segue.

TABELLA 2 – STRADE ESISTENTI E ASSIMILABILI (ampliamento in sede, affiancamenti e varianti)						
TIPI DI STRADA Secondo codice della strada	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB[A]	Notturmo dB[A]	Diurno dB[A]	Notturmo dB[A]
A - autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B - extraurbane principali		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C - extraurbane secondarie	Ca (strade a carreggiate separate)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D - urbane di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	DB (tutte le strade urbane di scorrimento)	100	50	40	65	55
E - urbane di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane.			
F - locali		30				

\*Per le scuole si applica il solo limite diurno

Tabella Limiti di riferimento fasce di pertinenza infrastrutture

Prendendo a riferimento la definizione fornita dal DPR 142/04 “Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della L. 26 ottobre 1995, n. 447”, l’infrastruttura stradale è considerata come “...l’insieme della superficie stradale, delle strutture e degli impianti di competenza dell’ente proprietario, concessionario o gestore necessari per garantire la funzionalità e la sicurezza della strada stessa”.

Secondo tale definizione il tram si può far rientrare tra le strutture e gli impianti necessari per garantire, e migliorare, la funzionalità della strada e quindi il rumore indotto dalla circolazione del tram deve considerarsi alla stregua del rumore stradale e, come tale, i limiti sono da riferirsi a quanto previsto dal DPR 142/04.

Nella valutazione delle ricadute acustiche indotte dal tram, i limiti tengono conto sia della rifunionalizzazione prevista per le strade interessate dall'opera, sia alle fasce di prospicienza acustica stradali (come individuate dalla Regione Emilia-Romagna con DGR 2053/01). Per la presenza di un importante sistema di trasporto pubblico quale è il tram, si propone una fascia di prospicienza ampia 50 m zonizzata in IV classe, la cui rappresentazione grafica è riportata in Allegato 1.

I valori limite assoluti di immissione del rumore prodotto dall'infrastruttura tramvia e dal traffico stradale pubblico e privato all'interno della fascia di prospicienza sono i seguenti:

65 dB(A) Leq diurno e 50 dB(A) Leq diurno per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo;  
55 dB(A) Leq notturno e 40 dB(A) Leq notturno per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo;  
per le scuole vale il solo limite diurno.

Al di fuori della fascia di prospicienza deve essere rispettato il limite previsto dalla zonizzazione acustica comunale.

#### 4.3.3 INDAGINI ESEGUITE IN FASE DI STUDIO DI PREFATTIBILITÀ

Per la caratterizzazione del clima acustico dell'area di studio, è stata effettuata una campagna di monitoraggio acustico in fase di studio di prefattibilità costituita da n. 5 misure della durata di 24 ore, condotte presso ricettori ritenuti significativi lungo lo sviluppo del tracciato e n. 1 misura di 24 ore per la caratterizzazione della sorgente ferroviaria (linea Bologna-Padova).

Nella tabella che segue è riportato il riepilogo dei punti di monitoraggio, con l'indicazione di:

- codifica del punto di monitoraggio;
- descrizione;
- ubicazione del punto;
- durata delle misure effettuate;
- date delle misure;
- coordinate.

Codice	Descrizione ricettore	Ubicazione	Durata	Data	Coordinate
RUMG01	Scuola media Testoni Fioravanti	Via A. di Vincenzo 55, Bologna	24 ore	13-14/07/2020	686457.76 m E 4931451.53 m N
RUMG02	CREA Via di Corticella	Via di Corticella 133. Bologna	24 ore	13-14/07/2020	686720.82 m E 4932848.69 m N
RUMG03	Area verde	Via N. Corazza	24 ore	21-22/07/2020	687203.00 m 4933179.00 m N
RUMG06	Abitazione privata	Via Lipparini 2, Bologna	24 ore	09-10/07/2020	687224.00 m E 4934656.00 m N
RUMG07	Edificio commerciale "Vitamina"	Via William Shakespeare, Bologna	24 ore	20-21/07/2020	687516.00 m E 4934847.00 m N
RUMG10	Linea ferroviaria BO-PD	In prossimità della Stazione Castel Maggiore	24 ore	22-23/07/2020	687163.00 m E 4936504.00 m N

#### 4.3.3.1 Criteri metodologici

Per l'esecuzione della campagna di rilievo del rumore è stata utilizzata una strumentazione conforme agli standard prescritti dall'articolo 2 del Decreto del Ministero dell'Ambiente 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

Nel dettaglio, le suddette postazioni sono costituite dalla seguente strumentazione:

- microfono per esterni, fornito di cuffia antivento/antipioggia e di punta antivolatile;
- sistema di alimentazione di lunga autonomia;
- fonometro integratore con elevata capacità di memorizzazione dei dati rilevati;
- box stagno di contenimento della strumentazione;
- cavalletto o stativo telescopico;
- cavo di connessione tra il box che contiene la strumentazione ed il microfono.



Figura 4-27 – Esempio posizionamento fonometro

Il monitoraggio è stato preceduto da una fase preliminare in campo che ha incluso le seguenti attività:

- sopralluogo dei punti di monitoraggio per l'accertamento dello stato dei luoghi, la verifica finale dell'ubicazione e delle utilities necessarie all'esercizio della strumentazione (es. allacciamento energia elettrica, ecc.);
- richiesta di permessi per il posizionamento e l'esercizio della strumentazione;
- georeferenziazione dei punti di monitoraggio e posizionamento della strumentazione di misura.

Per l'esecuzione dei rilievi fonometrici è stata utilizzata la seguente catena di misura:

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola	Data taratura	N° certificato
Fonometro	Larson Davis	L&D 831	2817	05/12/2018	LAT 163 19325-A
Microfono	PCB Piesotronics	PCB 377B02	LW132406	05/12/2018	LAT 163 19325-A
Preamplificatore	Larson Davis	PCB PMR831	23762	05/12/2018	LAT 163 19325-A
Fonometro	Larson Davis	L&D 831	2980	05/12/2018	LAT 163 19328-A
Microfono	PCB Piesotronics	PCB 377B02	125044	05/12/2018	LAT 163 19328-A

Strumento	Costruttore	Modello	Matricola	Data taratura	N° certificato
Preamplificatore	Larson Davis	PCB PMR831	21355	05/12/2018	LAT 163 19328-A
Calibratore	Larson Davis	L&D CAL 200	9612	05/12/2018	LAT 163 19327-A

Tutta la strumentazione, in ottemperanza a quanto richiesto dal D.M. 16/03/1998, risponde alla classe 1 secondo le norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994 e consente la misurazione dei livelli sonori massimi, minimi ed equivalenti nonché del SEL, del valore di picco e dei valori statistici per ciascun intervallo di misura.

La gamma di misura effettiva consentita dalla strumentazione va da 30 a 120 dB(A) senza autogamma con portata unica.

Le misure sono state effettuate nel rispetto delle indicazioni del D.M. 16/03/1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

Lo strumento è stato impostato sulla curva di ponderazione "A". I microfoni da 1/2" corretti in campo libero, in accordo con le normative IEC, durante la fase di misura sono stati diretti verso la sorgente.

La strumentazione utilizzata è stata equipaggiata con sistemi di protezioni specifici per monitoraggi in esterni prolungati nel tempo, con valigetta stagna, antiurto e completa di batterie e con sistema di protezione per preamplificatore con deumidificatore e cuffia antivento conica per il microfono.

La validità dei rilievi è stata verificata tarando gli strumenti ad ogni ciclo di misura inviando, mediante un calibratore esterno Mod. CAL200 della Larson & Davis, un segnale di riferimento di 93,8 dB a 1000 Hz.

Le misure sono state sempre eseguite in condizioni meteorologiche buone e cioè tali che non risultasse alterata la significatività dei dati, in particolare sono state eseguite:

- in assenza di precipitazioni atmosferiche, nebbia, neve, ecc.;
- con velocità del vento inferiore a 5 m/s;

- con microfono munito di cuffia antivento;
- con catena di misura compatibile con le condizioni meteorologiche del periodo in cui si effettuano le misurazioni e comunque in accordo con le norme CEI 29-10 ed EN 60804/1994.

La strumentazione è stata posizionata all'altezza dell'unità abitativa, e almeno alla distanza di un metro da eventuali ostacoli circostanti (edifici, muri di recinzione, etc.).

Le misure sono state memorizzate all'interno dello strumento e sono state successivamente elaborate con l'ausilio del software Noise & Vibration Works.

I rilievi di rumore ambientale sono stati effettuati nel tempo di riferimento diurno (6.00-22.00) e notturno (22:00-06:00).

Le postazioni di misura hanno acquisito in continuo (24 ore su 24) i seguenti parametri acustici:  
livello equivalente ponderato A [LAeq] con una cadenza di 1 secondo;  
livelli statistici L01, L05, L10, L50, L90, L95.

Il "livello equivalente ponderato A" di un dato rumore variabile nel tempo è il livello, espresso in dB(A), di un ipotetico rumore costante che, qualora sostituito al rumore in esame per lo stesso intervallo temporale, comporterebbe la medesima quantità totale di energia sonora. Lo scopo dell'introduzione del "livello equivalente ponderato A" è quello di poter caratterizzare con un solo dato un rumore variabile, per un tempo di misura prefissato.

I livelli statistici (valori superati rispettivamente per l'1%, 5% 10%, 50%, 90% e 95% del tempo di osservazione) sono invece utilizzati come parametri aggiuntivi per la descrizione del fenomeno acustico.

Sono stati acquisiti anche i seguenti parametri meteorologici:

- Temperatura
- Velocità e direzione del vento
- Piovosità

- allo scopo di verificare il rispetto delle prescrizioni legislative, che sottolineano di non effettuare rilevazioni fonometriche nelle seguenti condizioni meteorologiche:
- velocità del vento > 5 m/sec;
- presenza di nebbia, pioggia e di neve.

#### 4.3.3.2 Risultati

I risultati dei rilievi eseguiti sono riportati nelle tabelle seguenti, che riportano:

- codice del punto di monitoraggio;
- data di esecuzione delle misure;
- unità di misura;
- valore del livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A LAeq;
- valori dei livelli statistici L1, L5, L10, L50, L90, L99;
- LAeq diurno e LAeq notturno;
- giorno della settimana.

Misure di 24 ore - Riepilogo risultati (risultati espressi in dB):

Codice	Data	LAeq	L1	L5	L10	L50	L90	L95	LAeq diurno	LAeq notturno	giorno
RUMG01	13/07/20	60,7	67,3	65,5	64,5	54,3	36,3	34,4	61,7	51,8	Lunedì/ Martedì
RUMG02	13/07/20	63,5	77,4	76,1	75,1	60,1	44,6	42,5	65,2	53,3	Lunedì/ Martedì
RUMG03	21/07/20	67,1	78,4	76,0	73,9	68,7	59,0	57,3	62,2	58,0	Martedì / Mercoledì
RUMG06	09/07/20	63,2	73,0	72,0	71,5	67,1	42,4	40,0	64,1	54,0	Giovedì/ Venerdì
RUMG07	20/07/20	64,8	74,4	73,0	72,4	66,9	42,9	39,5	66,2	59,0	Mercoledì/ Giovedì
RUMG10	22/07/20	59,2	72,3	58,1	54,1	47,4	41,8	40,0	60,1	58,5	Giovedì/ Venerdì

La sintesi dell'analisi dei risultati è esposta nelle tabelle che seguono, la prima mostra gli esiti del rilievo del rumore in riferimento alle zonizzazioni comunale, la seconda in riferimento ai limiti di pertinenza stradale.

I rapporti di prova del monitoraggio acustico eseguito sono allegati alla documentazione della procedura di Screening.

Per quanto concerne la validità dei dati di rumore rilevati in concomitanza ad eventi meteorici – mascherati in fase di elaborazione – si ritiene che la misura di periodo (diurno o notturno) possa considerarsi accettabile a condizione che la frazione del tempo “senza pioggia” sia superiore al 70 % del tempo complessivo:

- almeno 6 ore su 8 ore per il periodo notturno;
- almeno 11 ore su 16 ore per il periodo diurno;
- almeno 5 Leq di periodo diurno e 5 Leq di periodo notturno per la valutazione del livello settimanale (diurno e notturno).

Tabella confronto limiti zonizzazioni comunali (DPCM del 14/11/97):

Codice	Descrizione	LAeq (dB) diurno	LAeq (dB) notturno	Classificazione	Limite diurno (dB)	Limite notturno (dB)	Esito diurno	Esito notturno
RUMG01	Scuola media Testoni Fioravanti	61,7	51,8	I	50	40	NON Conforme	NON Conforme
RUMG02	CREA Via di Corticella	65,2	53,3	IV	65	55	NON Conforme	Conforme
RUMG03	Area verde	62,2	58,0	IV	65	55	Conforme	NON Conforme
RUMG06	Abitazione privata	64,1	54,0	IV	65	55	Conforme	Conforme
RUMG07	Edificio commerciale “Vitamina”	66,2	59,0	IV	65	55	NON Conforme	NON Conforme

Codice	Descrizione	LAeq (dB) diurno	LAeq (dB) notturno	Classificazione	Limite diurno (dB)	Limite notturno (dB)	Esito diurno	Esito notturno
RUMG10	Linea ferroviaria BO-PD	60,1	58,5	IV	65	55	Conforme	NON Conforme

\*il valore del Leq si riferisce al periodo di misura rilevato e non all'intero periodo di riferimento diurno/notturno

Tabella confronto limiti di pertinenza (D.P.R. 142 del 30/03/2004 e DPR n. 459/98):

Codice	Descrizione	LAeq (dB) diurno	LAeq (dB) notturno	Fascia di pertinenza infrastrutturale	Limite diurno (dB)	Limite notturno (dB)	Esito diurno	Esito notturno
RUMG01	Scuola media Testoni Fioravanti	61,7	51,8	nessuna	--	--	--	--
RUMG02	CREA Via di Corticella	65,2	53,3	nessuna	--	--	--	--
RUMG03	Area verde	62,2	58,0	Strada tipo A	70	60	Conforme	Conforme
RUMG06	Abitazione privata	64,1	54,0	nessuna	--	--	--	--
RUMG07	Edificio commerciale "Vitamina"	66,2	59,0	Strada tipo Da	70	60	Conforme	Conforme
RUMG10	Linea ferroviaria BO-PD	60,1	58,5	Ferrovia	70	60	Conforme	Conforme

\*il valore del Leq si riferisce al periodo di misura rilevato e non all'intero periodo di riferimento diurno/notturno

Dati meteo riferiti al periodo di monitoraggio (rif. Dati Arpae Stazione Bologna Urbana)

Data	Temperatura media [°]	Umidità [%]	Precipitazioni [mm]	Velocità del vento [m/s]	Direzione del vento [°]
09/07/2020	25.2	56	0.00	0.4	SSE
10/07/2020	27.3	58	0.00	0.4	SSE
13/07/2020	22.4	62	0.00	0.0	---

Data	Temperatura media [°]	Umidità [%]	Precipitazioni [mm]	Velocità del vento [m/s]	Direzione del vento [°]
14/07/2020	22.7	51	0.00	0.0	---
20/07/2020	28.4	47	0.00	0.4	N
21/07/2020	26.7	55	0.00	0.0	---
22/07/2020	26.8	63	0.00	0.0	---
23/07/2020	24.2	77	0.00	0.0	---

#### 4.3.4 MODELLO DI CALCOLO E MAPPE ACUSTICHE

A supporto delle valutazioni sopra riportate è stato utilizzato il software di calcolo SoundPlan® 8.2. A partire dal database di file georeferenziati reso disponibile dal Comune di Bologna (Edifici, strade, punti quotai, aree verdi ecc.), si è proceduto ad implementarlo con i dati di traffico stradale derivante dallo studio trasportistico.

L'identificazione e quantificazione delle sorgenti è stata implementata a partire dai rilievi eseguiti sul campo, da dati presenti in letteratura e dati forniti dai progettisti. La caratterizzazione delle sorgenti esistenti non è accurata per quel che concerne i singoli punti di emissione ma solo per quel che riguarda l'effetto globale sui recettori.

##### 4.3.4.1 Modello di taratura

Sono stati utilizzati i rilievi fonometrici effettuati in situ per valutare le sorgenti sonore esistenti e tarare di conseguenza il modello di calcolo per migliorarne l'affidabilità.

La taratura del modello è stata eseguita effettuando un conteggio manuale dei mezzi a campione, ad intervalli orari, sia durante il periodo diurno, sia durante il periodo notturno. Successivamente si è associato il numero dei transiti ai valori di Leq orari misurati in fase di conteggio. Infine, in funzione dei Leq diurni e notturni rilevati si è potuto calcolare in modo proporzionale il numero totale di transiti nel periodo di riferimento.

Il conteggio manuale dei mezzi ha permesso di ovviare al problema di taratura del modello causato dal possibile decremento del traffico in concomitanza con il periodo pandemico durante il quale sono state eseguite le misure acustiche (luglio 2020).

Le velocità dei mezzi sono state assegnate per tipologia di strada e variano da 40 a 70 (mezzi leggeri) e da 30 a 60 (mezzi pesanti); tali velocità sono state sviluppate per tipologia di strada e non per singolo arco stradale ad esclusione dei valori attribuiti alla viabilità autostradale.

I valori di traffico e la relativa suddivisione tra mezzi leggeri e mezzi pesanti, inseriti nella modellazione, sono derivati in maniera diretta dallo studio trasportistico relativamente alle diverse fasi simulate: attuale (studio del traffico 2018), riferimento (studio del traffico scenario 2030 in presenza della linea rossa) e di progetto (studio del traffico scenario 2030 in presenza della linea rossa e della linea verde).

A seguito della modifica del tracciato della Linea Verde previsto nella presente fase di Progettazione Definitiva rispetto al precedente PFTE, consistente essenzialmente nella soppressione dell'ultimo tratto di linea ricadente nel territorio di Castel Maggiore, si è provveduto ad aggiornare il modello acustico dello scenario di progetto.

Inoltre, a seguito dell'introduzione delle "zone 30" a partire dal 1° luglio 2023 (zone urbane con limite 30 km/h), il modello acustico di progetto è stato rielaborato in considerazione della riduzione di velocità presso le viabilità interessate.

Nella figura che segue si riporta la mappa del tracciato Tramviario della Linea Verde e del relativo Buffer di calcolo (500 m dalla Tramvia) e sullo sfondo la mappa delle zone 30.

Per la valutazione del clima acustico attuale e per la valutazione previsionale dell'impatto acustico della tramvia e delle sorgenti acustiche connesse alla realizzazione dell'infrastruttura sono stati identificati n. 171 recettori distribuiti uniformemente lungo il tracciato della Tramvia e tutti i recettori (32) appartenenti alla Classe I presenti all'interno di una fascia di 500 metri dai binari della linea tramviaria in progetto utilizzando pertanto un criterio di omogeneità geometrica distributiva. Per ogni recettore è stato calcolato il livello di pressione acustica per ogni piano dell'edificio. Inoltre, si è proceduto ad integrare le valutazioni inserendo ulteriori recettori ubicati nelle viabilità interferenti con il tracciato lungo le quali si assiste ad un aumento di traffico veicolare con conseguente peggioramento del clima acustico, per un totale di 203 ricettori.

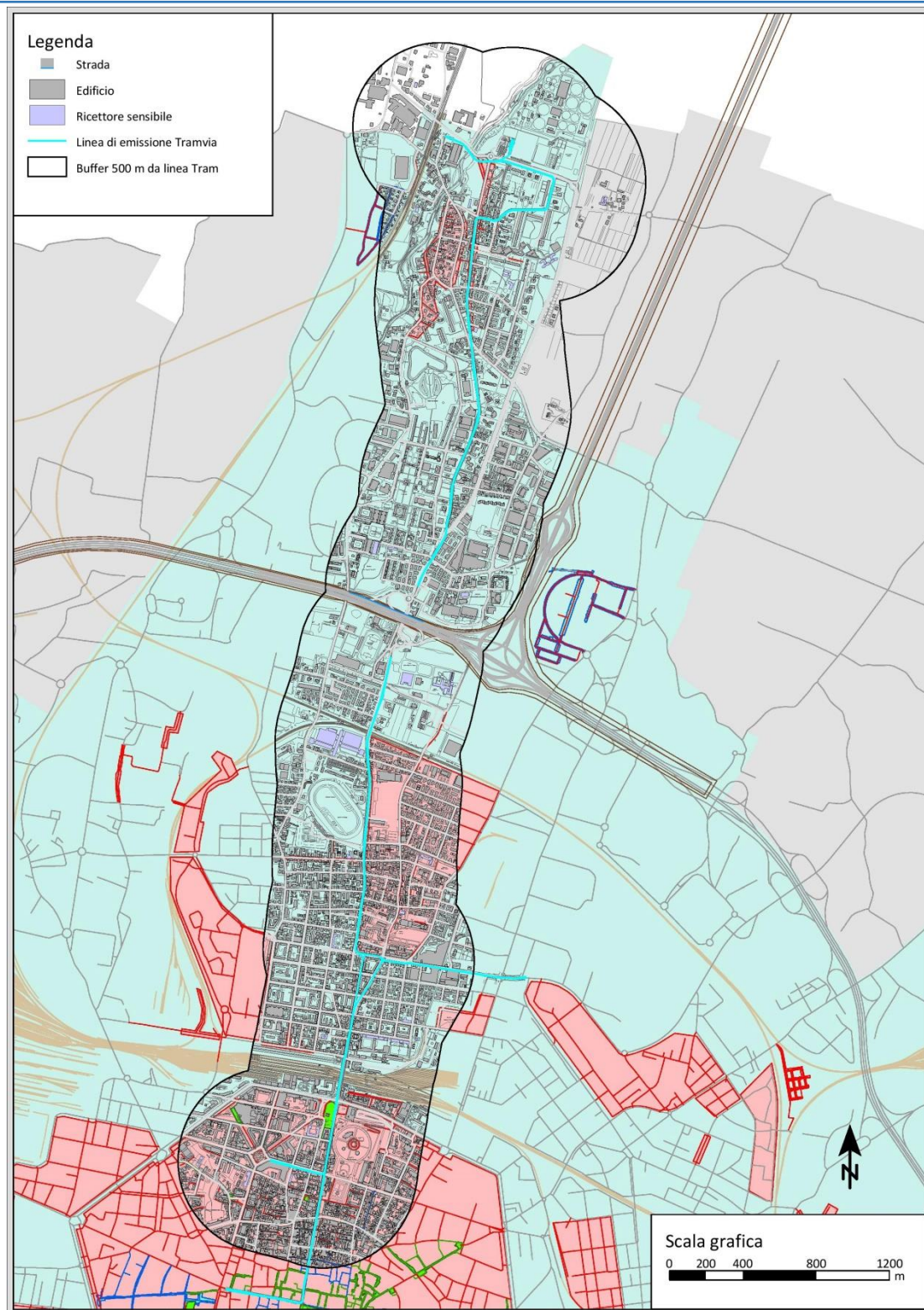


Figura 4-28 – Mappa “Zone 30” con inserimento tracciato Tram Linea Verde

In merito alla suddivisione tra numero di mezzi diurni e notturni ci si è avvalsi di stime percentuali applicandoli sulla base della tipologia di strada.

Nella successiva tabella si evidenzia la verifica della taratura attraverso il confronto tra il Leq rilevato e quello calcolato dal modello assumendo i valori di traffico medio sia nel periodo di riferimento diurno sia nel periodo notturno.

MISURE			MODELLO	DIFFERENZA
PUNTO DI MISURA	DATA ESECUZIONE	Leq Diurno dB(A)	LeqD (traffico medio diurno) dB(A)	dB(A)
RUMG-01	13/07/20	61,7	62,1	+0,4
RUMG-02	13/07/20	65,2	65,7	+0,5
RUMG-06	09/07/20	64,1	63,6	-0,5
RUMG-07	20/07/20	66,2	65,8	-0,4

MISURE			MODELLO	DIFFERENZA
PUNTO DI MISURA	DATA ESECUZIONE	Leq Diurno dB(A)	LeqD (traffico medio notturno) dB(A)	dB(A)
RUMG-01	13/07/20	51,8	51,3	-0,5
RUMG-02	13/07/20	53,3	53,7	+0,4
RUMG-06	09/07/20	54,0	53,6	-0,4
RUMG-07	20/07/20	59,0	59,2	+0,2

I valori misurati presso i recettori RUMG-03 e RUMG-10 non sono stati utilizzati per la taratura in quanto, pur se rappresentativi del clima acustico dell'area, sono ubicati ad una distanza troppo elevata dalla sorgente acustica stradale e risentono di altre sorgenti rumorose non identificabili e tantomeno quantificabili. Tra le sorgenti acusticamente impattanti che hanno reso poco significative le misure eseguite presso i suddetti recettori va segnalato il frinire delle cicale e la presenza di attività di cantiere.

Le differenze tra i livelli misurati durante le rilevazioni e quelli calcolati dal modello sono esigue, in linea con l'incertezza strumentale ( $\approx 0,5$  dB). Il modello si considera pertanto tarato rispetto allo stato di fatto.

#### 4.3.4.2 Risultati delle simulazioni (scenario attuale)

A seguito della taratura sopra descritta e attraverso il codice di calcolo SoundPLAN versione 8.2, si è proceduto al calcolo dei valori in facciata dei recettori individuati.

Per le simulazioni degli scenari analizzati (attuale, riferimento e di progetto) è stato utilizzato lo standard RLS90 per la simulazione della propagazione acustica derivante da strade e parcheggi. La sorgente ferroviaria è stata caratterizzata come sorgente di tipo lineare impostando un livello di potenza sonora per metro lineare derivante da apposita misura.

I recettori considerati nel presente studio, relativamente ai 3 scenari simulati, sono ubicati lungo il tracciato della tramvia in progetto; per i recettori classificati in Classe I si è presa in considerazione una fascia di 500 metri dall'infrastruttura in progetto.

Inoltre sono stati inseriti ulteriori recettori in facciata alle abitazioni ubicate lungo i principali archi stradali per i quali è previsto, a seguito della realizzazione del progetto, un peggioramento del traffico veicolare tra lo scenario di riferimento e quello futuro.

I dati esplicativi dello stato di fatto utilizzati per gli approfondimenti, sono desunti dal modello generale dell'area che tiene conto dei corridoi interessati dalla realizzazione della Linea Rossa e del tratto nord della Verde: tale modello è stato oggetto di approfondimenti e affinamenti durante lo sviluppo della progettazione definitiva della linea Rossa che si riverberano negli studi fatti per la tratta nord della seconda linea tranviaria di Bologna oggetto della presente relazione.

I risultati ottenuti dalle valutazioni, consentono di individuare, in corrispondenza di tutti i ricettori oggetto di verifica, i livelli di esposizione al rumore nello scenario attuale, studio del traffico 2018, relativamente al periodo diurno e al periodo notturno. Tali valori sono espressi in termini di livello equivalente corrispondente al traffico medio privato e pubblico del giorno medio feriale.

Per ogni edificio individuato le valutazioni sono svolte in corrispondenza di tutti i piani al fine di considerare le situazioni di esposizione maggiormente gravose.

I risultati ottenuti sono stati confrontati con i limiti di zonizzazione acustica (DPCM 14/11/97) o con i limiti delle fasce di pertinenza infrastrutturali (DPR 142/04) a seconda dell'ubicazione del recettore considerato.

I risultati dello scenario attuale (studio del traffico 2018), sono riportati nella tabella che segue, per i soli ricettori ubicati nei pressi dell'area di studio:

Nome	Piano	Scenario attuale		Limite DPCM 14/11/97		Limite DPR 142 /04		Esito	
		L(6-22)	L(22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)		
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]		
11_Scuola Primaria MARSILI	piano terra	57.9	50.1	50	40			Non conforme	Non conforme
12_Scuola Materna Sacro Cuore	piano terra	42.2	39.3	50	40	50	40	conforme	conforme
100	piano terra	66.9	58.7	65	55			Non conforme	Non conforme
100	piano 1	67.4	59.2	65	55			Non conforme	Non conforme
100	piano 2	67.3	59.1	65	55			Non conforme	Non conforme
100	piano 3	67.1	58.8	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano terra	65	56.8	65	55			conforme	Non conforme
101	piano 1	66.3	58.1	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 2	66.5	58.3	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 3	66.4	58.2	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 4	66.1	57.9	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 5	65.8	57.7	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 6	65.6	57.4	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 7	65.3	57.2	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 8	64.9	56.8	65	55			conforme	Non conforme
102	piano terra	65	56.7	65	55			conforme	Non conforme
102	piano 1	66.1	57.8	65	55			Non conforme	Non conforme
102	piano 2	66.2	57.9	65	55			Non conforme	Non conforme
102	piano 3	66	57.8	65	55			Non conforme	Non conforme
103	piano terra	68.1	59.8	65	55			Non conforme	Non conforme
103	piano 1	68.2	59.9	65	55			Non conforme	Non conforme
104	piano terra	65.3	57	65	55			Non conforme	Non conforme
104	piano 1	66.3	58.1	65	55			Non conforme	Non conforme
104	piano 2	66.4	58.1	65	55			Non conforme	Non conforme
104	piano 3	66.2	58	65	55			Non conforme	Non conforme

Nome	Piano	Scenario attuale		Limite DPCM 14/11/97		Limite DPR 142 /04		Esito	
		L(6-22)	L(22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)		
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]		
105	piano terra	64.1	55.7	65	55			conforme	Non conforme
105	piano 1	64.8	56.5	65	55			conforme	Non conforme
105	piano 2	64.8	56.4	65	55			conforme	Non conforme
105	piano 3	64.5	56.2	65	55			conforme	Non conforme
105	piano 4	64.1	55.9	65	55			conforme	Non conforme
106	piano terra	63	54.3	65	55			conforme	conforme
106	piano 1	63.5	54.9	65	55			conforme	conforme
106	piano 2	63.4	54.9	65	55			conforme	conforme
107	piano terra	62.3	53.5	60	50			Non conforme	Non conforme
107	piano 1	62.3	53.6	60	50			Non conforme	Non conforme
108	piano terra	63.9	55.1	60	50			Non conforme	Non conforme
108	piano 1	63.5	54.8	60	50			Non conforme	Non conforme
109	piano terra	62.2	53.7	60	50			Non conforme	Non conforme
109	piano 1	62.3	53.7	60	50			Non conforme	Non conforme
109	piano 2	61.8	53.3	60	50			Non conforme	Non conforme
109	piano 3	61.2	52.7	60	50			Non conforme	Non conforme
109	piano 4	60.5	52.1	60	50			Non conforme	Non conforme
109	piano 5	59.8	51.6	60	50			conforme	Non conforme
109	piano 6	59.3	51.1	60	50			conforme	Non conforme
110	piano terra	54.7	47.7	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 1	55.6	48.5	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 2	56.1	48.9	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 3	56.4	49.2	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 4	56.8	49.5	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 5	57	49.9	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 6	57.2	50.1	60	50	65	55	conforme	Non conforme
110	piano 7	57.3	50.4	60	50	65	55	conforme	Non conforme
110	piano 8	57.4	50.5	60	50	65	55	conforme	Non conforme
110	piano 9	57.6	50.7	60	50	65	55	conforme	Non conforme
111	piano terra	55.5	48.3	60	50	65	55	conforme	conforme
111	piano 1	56.3	49.1	60	50	65	55	conforme	conforme
111	piano 2	56.6	49.4	60	50	65	55	conforme	conforme
111	piano 3	56.9	49.7	60	50	65	55	conforme	conforme
111	piano 4	57.1	49.9	60	50	65	55	conforme	conforme
111	piano 5	57.4	50.2	60	50	65	55	conforme	Non conforme
111	piano 6	57.7	50.4	60	50	65	55	conforme	Non conforme

Nome	Piano	Scenario attuale		Limite DPCM 14/11/97		Limite DPR 142 /04		Esito	
		L(6-22)	L(22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)		
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]		
111	piano 7	58	50.8	60	50	65	55	conforme	Non conforme
112	piano terra	56.7	49.6	60	50	65	55	conforme	conforme
112	piano 1	57.6	50.4	60	50	65	55	conforme	Non conforme
112	piano 2	58.2	50.9	60	50	65	55	conforme	Non conforme
112	piano 3	58.8	51.5	60	50	65	55	conforme	Non conforme
112	piano 4	59.2	51.9	60	50	65	55	conforme	Non conforme
112	piano 5	59.4	52.1	60	50	65	55	conforme	Non conforme
112	piano 6	59.5	52.2	60	50	65	55	conforme	Non conforme
112	piano 7	59.6	52.3	60	50	65	55	conforme	Non conforme
112	piano 8	59.6	52.3	60	50	65	55	conforme	Non conforme
112	piano 9	59.6	52.4	60	50	65	55	conforme	Non conforme
113	piano terra	64.7	57.1	65	55	65	55	conforme	Non conforme
113	piano 1	66	58.3	65	55	65	55	Non conforme	Non conforme
113	piano 2	66	58.4	65	55	65	55	Non conforme	Non conforme
114	piano terra	64.5	57	65	55	65	55	conforme	Non conforme
114	piano 1	65.9	58.3	65	55	65	55	Non conforme	Non conforme
114	piano 2	65.9	58.3	65	55	65	55	Non conforme	Non conforme
115	piano terra	65.4	57.9	65	55	65	55	Non conforme	Non conforme
115	piano 1	66.4	58.9	65	55	65	55	Non conforme	Non conforme
115	piano 2	66.4	58.8	65	55	65	55	Non conforme	Non conforme
116	piano terra	62.1	55.2	70	60	70	60	conforme	conforme
116	piano 1	63.8	56.5	70	60	70	60	conforme	conforme
116	piano 2	64.1	56.8	70	60	70	60	conforme	conforme
116	piano 3	64	56.8	70	60	70	60	conforme	conforme
116	piano 4	63.8	56.8	70	60	70	60	conforme	conforme
123	piano terra	62.5	54.9	65	55	70	60	conforme	conforme
124	piano terra	65.5	57.8	50	40	50	40	Non conforme	Non conforme
124	piano 1	67.1	59.4	50	40	50	40	Non conforme	Non conforme
Istituto Comprensivo 4 Bologna	piano terra	52.6	45.1	50	40	50	40	Non conforme	Non conforme
Scuola Materna Statale Villa Salina	piano terra	53.9	47	50	40			Non conforme	Non conforme
Istituto tecnico Serpieri	piano terra			50	40				
226	piano terra	73.8	66.1	65	55	65	55	Non conforme	Non conforme
132	piano terra	54	45.3	60	50			conforme	conforme
133	piano terra	58.9	50	60	50			conforme	conforme
133	piano 1	60	51.3	60	50			conforme	Non conforme

Nome	Piano	Scenario attuale		Limite DPCM 14/11/97		Limite DPR 142 /04		Esito	
		L(6-22)	L(22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)		
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]		
134	piano terra	50.8	42.4	60	50			conforme	conforme
134	piano 1	52	43.6	60	50			conforme	conforme
135	piano terra	53.4	44.9	60	50			conforme	conforme
135	piano 1	55	46.6	60	50			conforme	conforme
136	piano terra	48.4	40.9	60	50			conforme	conforme
136	piano 1	49.4	41.9	60	50			conforme	conforme
136	piano 2	50.2	42.7	60	50			conforme	conforme
136	piano 3	51.1	43.6	60	50			conforme	conforme
136	piano 4	52	44.6	60	50			conforme	conforme
137	piano terra	50.6	42.6	60	50			conforme	conforme
137	piano 1	52.5	44.4	60	50			conforme	conforme
137	piano 2	53.9	45.7	60	50			conforme	conforme
137	piano 3	54.1	46	60	50			conforme	conforme
137	piano 4	54.3	46.3	60	50			conforme	conforme
138	piano terra	57.3	48.7	60	50			conforme	conforme
138	piano 1	59	50.4	60	50			conforme	Non conforme
138	piano 2	59.1	50.5	60	50			conforme	Non conforme
138	piano 3	58.9	50.3	60	50			conforme	Non conforme
139	piano terra	48.8	40.5	60	50			conforme	conforme
139	piano 1	50.2	41.9	60	50			conforme	conforme
139	piano 2	51.7	43.5	60	50			conforme	conforme
140	piano terra	52.2	43.7	60	50			conforme	conforme
140	piano 1	53.2	44.7	60	50			conforme	conforme
141	piano terra	52.7	44.3	60	50			conforme	conforme
141	piano 1	53.6	45.2	60	50			conforme	conforme
142	piano terra	54.9	46.7	60	50			conforme	conforme
142	piano 1	56.4	48.1	60	50			conforme	conforme
142	piano 2	57.3	49	60	50			conforme	conforme
142	piano 3	57.6	49.3	60	50			conforme	conforme
142	piano 4	57.8	49.4	60	50			conforme	conforme
142	piano 5	57.8	49.5	60	50			conforme	conforme
142	piano 6	57.7	49.5	60	50			conforme	conforme
142	piano 7	57.7	49.4	60	50			conforme	conforme
142	piano 8	57.5	49.3	60	50			conforme	conforme
149	piano terra	60.5	53	70	60			conforme	conforme
149	piano 1	61.7	53.8	70	60			conforme	conforme

*in verde sono evidenziati i recettori in classe I*

Dai rilievi eseguiti e dalla modellazione dello scenario attuale si rilevano valori di pressione acustica, in facciata alla maggioranza dei recettori individuati, superiori ai limiti normativi.

In allegato 2 e 3 si riportano le mappe relative alle simulazioni dello scenario attuale diurno e notturno.

#### 4.3.4.3 Risultati delle simulazioni (scenario di riferimento)

A seguito della taratura sopra descritta e attraverso il codice di calcolo SoundPLAN versione 8.2, si è proceduto al calcolo dei valori in facciata dei recettori individuati relativamente allo scenario di riferimento, ossia elaborando i dati dello studio trasportistico (studio del traffico scenario futuro 2030) per quel che concerne il rumore del traffico viario ed inserendo la sorgente tramviaria Linea Rossa.

I risultati ottenuti sono stati confrontati con i limiti di zonizzazione acustica (DPCM 14/11/97) o con i limiti delle fasce di pertinenza infrastrutturali (DPR 142/04) o con i limiti di prospicenza della linea Rossa, a seconda dell'ubicazione del recettore considerato.

A seguito dell'introduzione delle "zone 30" a partire dal 1° luglio 2023 (zone urbane con limite 30 km/h), il modello acustico di riferimento è stato rielaborato in considerazione della riduzione di velocità presso le viabilità interessate.

I risultati dello scenario di riferimento (studio del traffico scenario futuro 2030 con la sola presenza della linea tranviaria Linea Rossa e con l'introduzione di Bologna "zone 30") sono riportati nella tabella che segue, per i soli ricettori ubicati nei pressi dell'area di studio:

Nome	Piano	Scenario riferimento		Limite DPCM 14/11/97		Limite DPR 142 /04		Esito	
		L(6-22)	L(22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)		
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]		
11_Scuola Primaria MARSILI	piano terra	56.4	49	50	40			Non conforme	Non conforme
12_Scuola Materna Sacro Cuore	piano terra	41.8	39.3	50	40	50	40	conforme	conforme
100	piano terra	66.9	58.7	65	55			Non conforme	Non conforme
100	piano 1	67.5	59.2	65	55			Non conforme	Non conforme
100	piano 2	67.4	59.1	65	55			Non conforme	Non conforme

Nome	Piano	Scenario riferimento		Limite DPCM 14/11/97		Limite DPR 142 /04		Esito	
		L(6-22)	L(22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)		
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]		
100	piano 3	67.1	58.9	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano terra	65	56.8	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 1	66.3	58.1	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 2	66.5	58.3	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 3	66.4	58.2	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 4	66.2	58	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 5	65.9	57.7	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 6	65.6	57.5	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 7	65.3	57.2	65	55			Non conforme	Non conforme
101	piano 8	64.9	56.8	65	55			Non conforme	Non conforme
102	piano terra	65.1	56.9	65	55			Non conforme	Non conforme
102	piano 1	66.2	57.9	65	55			Non conforme	Non conforme
102	piano 2	66.3	58	65	55			Non conforme	Non conforme
102	piano 3	66.1	57.9	65	55			Non conforme	Non conforme
103	piano terra	68.2	59.9	65	55			Non conforme	Non conforme
103	piano 1	68.3	60.1	65	55			Non conforme	Non conforme
104	piano terra	65.3	57.1	65	55			Non conforme	Non conforme
104	piano 1	66.4	58.2	65	55			Non conforme	Non conforme
104	piano 2	66.5	58.3	65	55			Non conforme	Non conforme
104	piano 3	66.3	58.1	65	55			Non conforme	Non conforme
105	piano terra	64.4	55.9	65	55			conforme	Non conforme
105	piano 1	65.1	56.6	65	55			Non conforme	Non conforme
105	piano 2	65	56.6	65	55			Non conforme	Non conforme
105	piano 3	64.7	56.4	65	55			Non conforme	Non conforme
105	piano 4	64.3	56	65	55			conforme	Non conforme
106	piano terra	63.5	54.6	65	55			conforme	conforme
106	piano 1	64	55.1	65	55			conforme	Non conforme
106	piano 2	63.9	55.1	65	55			conforme	Non conforme
107	piano terra	62.7	53.5	60	50			Non conforme	Non conforme
107	piano 1	62.8	53.6	60	50			Non conforme	Non conforme
108	piano terra	64.3	55.1	60	50			Non conforme	Non conforme
108	piano 1	63.9	54.7	60	50			Non conforme	Non conforme
109	piano terra	62.7	53.6	60	50			Non conforme	Non conforme
109	piano 1	62.7	53.7	60	50			Non conforme	Non conforme
109	piano 2	62.2	53.2	60	50			Non conforme	Non conforme
109	piano 3	61.5	52.5	60	50			Non conforme	Non conforme

Nome	Piano	Scenario riferimento		Limite DPCM 14/11/97		Limite DPR 142 /04		Esito	
		L(6-22)	L(22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)		
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]		
109	piano 4	60.8	51.9	60	50			Non conforme	Non conforme
109	piano 5	60.1	51.2	60	50			Non conforme	Non conforme
109	piano 6	59.5	50.7	60	50			conforme	Non conforme
110	piano terra	52.8	44.8	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 1	54.1	46	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 2	54.5	46.4	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 3	54.8	46.7	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 4	55	46.9	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 5	55.2	47.1	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 6	55.3	47.2	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 7	55.3	47.3	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 8	55.2	47.3	60	50	65	55	conforme	conforme
110	piano 9	55.2	47.5	60	50	65	55	conforme	conforme
111	piano terra	52.7	44.8	60	50	65	55	conforme	conforme
111	piano 1	53.9	46	60	50	65	55	conforme	conforme
111	piano 2	54.2	46.2	60	50	65	55	conforme	conforme
111	piano 3	54.3	46.4	60	50	65	55	conforme	conforme
111	piano 4	54.4	46.4	60	50	65	55	conforme	conforme
111	piano 5	54.5	46.5	60	50	65	55	conforme	conforme
111	piano 6	54.6	46.6	60	50	65	55	conforme	conforme
111	piano 7	54.7	46.8	60	50	65	55	conforme	conforme
112	piano terra	52.7	45.3	60	50	65	55	conforme	conforme
112	piano 1	54	46.4	60	50	65	55	conforme	conforme
112	piano 2	54.4	46.8	60	50	65	55	conforme	conforme
112	piano 3	54.7	47	60	50	65	55	conforme	conforme
112	piano 4	54.9	47.2	60	50	65	55	conforme	conforme
112	piano 5	54.9	47.3	60	50	65	55	conforme	conforme
112	piano 6	54.9	47.4	60	50	65	55	conforme	conforme
112	piano 7	54.9	47.4	60	50	65	55	conforme	conforme
112	piano 8	54.8	47.4	60	50	65	55	conforme	conforme
112	piano 9	54.8	47.5	60	50	65	55	conforme	conforme
113	piano terra	57.1	50.1	65	55	65	55	conforme	conforme
113	piano 1	58.3	51.2	65	55	65	55	conforme	conforme
113	piano 2	58.5	51.3	65	55	65	55	conforme	conforme
114	piano terra	56.9	50	65	55	65	55	conforme	conforme
114	piano 1	58.2	51.1	65	55	65	55	conforme	conforme

Nome	Piano	Scenario riferimento		Limite DPCM 14/11/97		Limite DPR 142 /04		Esito	
		L(6-22)	L(22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)		
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]		
114	piano 2	58.3	51.1	65	55	65	55	conforme	conforme
115	piano terra	59	52	65	55	65	55	conforme	conforme
115	piano 1	60	52.7	65	55	65	55	conforme	conforme
115	piano 2	59.9	52.7	65	55	65	55	conforme	conforme
116	piano terra	61.9	55.6	70	60	70	60	conforme	conforme
116	piano 1	63.4	56.6	70	60	70	60	conforme	conforme
116	piano 2	63.7	56.9	70	60	70	60	conforme	conforme
116	piano 3	63.6	56.8	70	60	70	60	conforme	conforme
116	piano 4	63.4	56.7	70	60	70	60	conforme	conforme
123	piano terra	56.5	48.4	65	55	70	60	conforme	conforme
124	piano terra	59.3	51.2	50	40	50	40	Non conforme	Non conforme
124	piano 1	60.8	52.7	50	40	50	40	Non conforme	Non conforme
Istituto Comprensivo 4 Bologna	piano terra	47.7	40	50	40	50	40	conforme	Non conforme
Scuola Materna Statale Villa Salina	piano terra	54.2	46.9	50	40			Non conforme	Non conforme
Istituto Tecnico Serpieri	piano terra	49.3	42.4	50	40	50	40	Non conforme	Non conforme
226	piano terra	73.8	66	65	55	65	55	Non conforme	Non conforme
132	piano terra	54.5	45.5	60	50			conforme	conforme
133	piano terra	59.3	50.1	60	50			conforme	Non conforme
133	piano 1	60.5	51.3	60	50			conforme	Non conforme
134	piano terra	51.1	42.3	60	50			conforme	conforme
134	piano 1	52.2	43.5	60	50			conforme	conforme
135	piano terra	53.7	44.9	60	50			conforme	conforme
135	piano 1	55.4	46.5	60	50			conforme	conforme
136	piano terra	48.4	40.8	60	50			conforme	conforme
136	piano 1	49.6	41.8	60	50			conforme	conforme
136	piano 2	50.4	42.7	60	50			conforme	conforme
136	piano 3	51.2	43.6	60	50			conforme	conforme
136	piano 4	52	44.5	60	50			conforme	conforme
137	piano terra	50.7	42.4	60	50			conforme	conforme
137	piano 1	52.7	44.2	60	50			conforme	conforme
137	piano 2	54.2	45.6	60	50			conforme	conforme
137	piano 3	54.4	45.9	60	50			conforme	conforme
137	piano 4	54.5	46.1	60	50			conforme	conforme
138	piano terra	57.6	48.6	60	50			conforme	conforme
138	piano 1	59.4	50.3	60	50			conforme	Non conforme

Nome	Piano	Scenario riferimento		Limite DPCM 14/11/97		Limite DPR 142 /04		Esito	
		L(6-22)	L(22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)		
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]		
138	piano 2	59.4	50.4	60	50			conforme	Non conforme
138	piano 3	59.2	50.3	60	50			conforme	Non conforme
139	piano terra	49.1	40.4	60	50			conforme	conforme
139	piano 1	50.5	41.9	60	50			conforme	conforme
139	piano 2	52	43.4	60	50			conforme	conforme
140	piano terra	52.2	43.3	60	50			conforme	conforme
140	piano 1	53.2	44.3	60	50			conforme	conforme
141	piano terra	52.9	44.1	60	50			conforme	conforme
141	piano 1	53.8	45.1	60	50			conforme	conforme
142	piano terra	54.9	46.3	60	50			conforme	conforme
142	piano 1	56.5	47.8	60	50			conforme	conforme
142	piano 2	57.5	48.7	60	50			conforme	conforme
142	piano 3	57.8	49	60	50			conforme	conforme
142	piano 4	57.9	49.2	60	50			conforme	conforme
142	piano 5	57.9	49.2	60	50			conforme	conforme
142	piano 6	57.8	49.2	60	50			conforme	conforme
142	piano 7	57.7	49.1	60	50			conforme	conforme
142	piano 8	57.6	49	60	50			conforme	conforme
149	piano terra	58.3	53.2	70	60			conforme	conforme
149	piano 1	59.5	54.1	70	60			conforme	conforme

*in verde sono evidenziati i recettori in classe I*

Dai rilievi eseguiti e dalla modellazione dello scenario di riferimento si rilevano valori di pressione acustica, in facciata alla maggioranza dei recettori individuati, superiori ai limiti normativi.

In allegato 4 e 5 si riportano le mappe relative alle simulazioni dello scenario di riferimento diurno e notturno.

#### 4.3.4.4 Modello previsionale

Per lo studio acustico previsionale si è fatto riferimento ai dati di traffico privato e pubblico, leggero e pesante previsto nello studio di traffico a base del progetto.

Nello sviluppo del modello previsionale non si è cautelativamente considerata alcuna diminuzione di potenza acustica sulla percentuale del trasporto elettrico che circolerà sulla viabilità comunale nelle tratte a bassa velocità di transito.

#### 4.3.4.5 Valutazione del rumore prodotto dal Tram

La caratterizzazione del rumore prodotto dai veicoli tranviari è stata attribuita sulla base n. 3 misure fonometriche eseguite a lato dei binari durante il passaggio dei convogli per la redazione dello screening della Tramvia di Firenze (tali risultanze sono riportate in allegato alla documentazione della procedura di Screening).

Di seguito si riporta il riepilogo dei valori medi rilevati durante i passaggi/fermate della tramvia:

Codice	Data	SEL dB(A)	Lmax dB(A)	T sec	Leq residuo
CURVA 1	05/02/2020	85,1	79,5	12,7	64,8
FERMATA 1	05/02/2020	82,2	75,1	16,5	64,7
RETTIFILO 1	05/02/2020	84,2	78,6	13,2	64,5
CURVA 2	05/02/2020	85,3	78,6	16,2	73,0
FERMATA 2	05/02/2020	84,0	76,4	17,6	69,3
RETTIFILO 2	05/02/2020	84,9	78,4	14,3	63,7

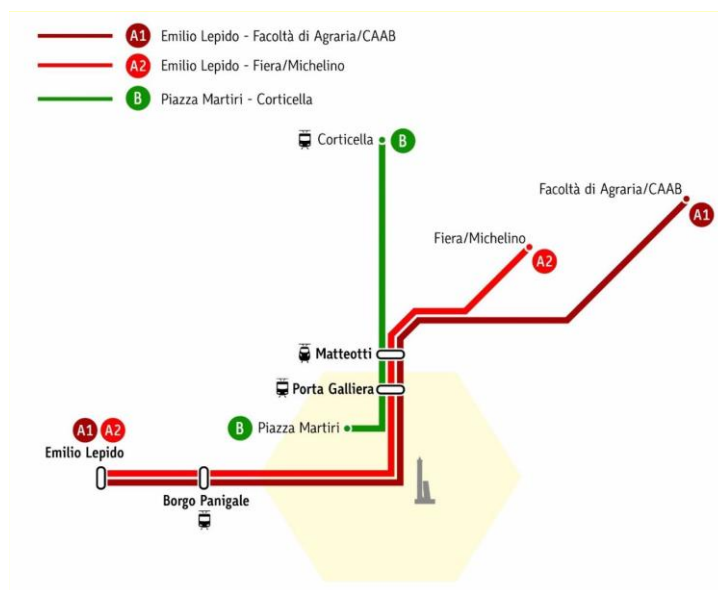
I valori rilevati durante le misure realizzate nel rettilineo e nelle fermate sono risultati inferiori al valore di SEL di 85 dB(A) applicato nello screening di Firenze e da noi utilizzato per tutta la linea; mentre i valori rilevati in curva hanno mostrato un SEL superiore a 85 dB(A) di 0,1/0,3 dB(A). Si è pertanto proceduto a rimodellare la sorgente acustica tramvia mantenendo inalterato il valore emesso in rettilineo e nelle fasi di arrivo e partenza dalle fermate (SEL di 85 dB(A)), seppur cautelativo rispetto a quanto misurato, e portando il valore di SEL relativo all'emissività della tramvia per le curve >90° a 85,2 dB(A) e per le curve ≤90° a 85,5 dB(A).

Per la linea Verde sono previsti 348 transiti per direzione durante l'arco di servizio giornaliero. Di questi:

- un massimo di 4 transiti per direzione (a seconda della posizione del punto d'analisi rispetto all'orario di servizio) si svolgono tra l'inizio del servizio e le ore 6:00;
- un minimo di 318 per direzione tra le 6:00 e le 22:00;
- un massimo di 26 per direzione tra le 22:00 e il termine del servizio.

Gli orari di servizio della linea verde elaborati nella simulazione prevedono la partenza della prima corsa alle ore 5:25 e quello dell'ultima corsa alle 1:25.

Il modello di esercizio è costituito da 3 servizi, due sulla "Linea Rossa" e uno sulla tratta di progetto, più una breve sovrapposizione (dal tratto terminale di via Indipendenza a Piazza dell'Unità per circa 1.230 metri) con l'infrastruttura della "Linea Rossa". La rete dei servizi è rappresentata nella figura seguente:



Come si vede non c'è una sovrapposizione di servizio tra via Indipendenza e il Deposito di Borgo Panigale: gli unici transiti aggiuntivi sono limitati all'entrata in servizio mattutina e al rientro serale delle vetture per il ricovero notturno.

Nello studio si sono considerate anche le uscite e i rientri notturni, cautelativamente rispetto alla stima dell'impatto, giacché in realtà non sono viaggi aggiuntivi ma effettuati in servizio, all'andata la mattina e al rientro la sera.

Nella valutazione acustica nel tratto Via Indipendenza - deposito Borgo Panigale è stata considerata una frequenza di 10' sul ramo comune nel periodo notturno, considerando anche le uscite e i rientri notturni delle vetture della linea verde, pertanto il contributo dovuto ai mezzi per l'entrata in servizio mattutina ed il ricovero notturno può essere stimato in un incremento di circa 1 dBA nei due orari di riferimento.

I dati dell'emissione sonora della tramvia sono da considerarsi cautelativi in quanto il mezzo rotabile che verrà definito nelle fasi progettuali successive risulterà di ultima fabbricazione, pertanto sarà caratterizzato da un'efficienza acustica migliore.

I risultati ottenuti dalle valutazioni, consentono di individuare, in corrispondenza di tutti i ricettori oggetto di verifica, i livelli di esposizione al rumore previsionale, ossia in presenza dell'infrastruttura in progetto, relativamente al periodo diurno e al periodo notturno. Per ogni edificio individuato le valutazioni sono svolte in corrispondenza di tutti i piani al fine di considerare le situazioni di esposizione maggiormente gravose.

Inoltre sono stati valutati i livelli di pressione in facciata alle abitazioni ubicate lungo i principali archi stradali per i quali è previsto, a seguito della realizzazione del progetto, un peggioramento del traffico veicolare tra lo scenario di riferimento e quello futuro.

A seguito della modifica del tracciato della Linea Verde previsto nella presente fase di Progettazione Definitiva rispetto al precedente PFTE, consistente essenzialmente nella soppressione dell'ultimo tratto di linea ricadente nel territorio di Castel Maggiore, si è provveduto ad aggiornare il modello acustico dello scenario di progetto.

Inoltre, con l'introduzione delle "zone 30" a partire dal 1° luglio 2023 (zone urbane con limite 30 km/h), il modello acustico di progetto è stato rielaborato in considerazione della riduzione di velocità presso le viabilità interessate.

Infine nelle seguenti tratte stradali l'elaborazione ha valutato la posa di asfalto fonoassorbente, quale mitigazione atta a contenere il puntuale peggioramento del clima acustico, derivante da un incremento del traffico veicolare, come evidenziato nell'allegato 10:

- Via di Corticella (nel tratto compreso tra la Via delle Fonti) per una lunghezza di circa m. 550;
- Via Byron (nel tratto compreso tra la Via Sant'Anna e Via Shakespeare) per una lunghezza di circa m. 550;
- Via Goethe tutta, per una lunghezza di circa m. 180.

Mentre per le seguenti tratte della linea tramviaria è stata considerata una velocità di tragitto inferiore di circa 10 Km/ora, ossia di circa 20 Km/ora, rispetto alla velocità media di tragitto come evidenziato nell'allegato 10:

- Via Sant'Anna (nel tratto compreso tra la Via Bentini e Via Byron);
- Via Byron (nel tratto compreso tra la Via Sant'Anna e Via Shakespeare).

Nelle seguenti tabelle sono riportati i risultati delle simulazioni effettuate ed il relativo contributo della sorgente Tramvia, relativamente al periodo di riferimento diurno e notturno. Inoltre, i livelli di pressione acustica, stimati in facciata ai recettori sono stati, confrontati con i limiti previsti dal DPR 124/04 per i recettori rientranti nella fascia di prospicienza della infrastruttura tramviaria e con i limiti previsti dalla zonizzazione comunale del Comune di Bologna se esterni alla suddetta fascia. Si riportano i ricettori ubicati nei pressi nell'area di interesse:

Nome	Piano	Scenario di progetto		Contributo Tramvia Linea Verde		Contributo Tramvia Linea Rossa	
		L(6-22)	L(22-6)	L (6-22)	L (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
11_Scuola Primaria MARSILI	piano terra	53.6	47	45.3	41.4	0.0	0.0
12_Scuola Materna Sacro Cuore	piano terra	41.5	39.3	28.4	24.5	0.0	0.0
100	piano terra	64.4	58.3	59.6	55.7	0.0	0.0
100	piano 1	64.6	58.4	59.1	55.3	0.0	0.0
100	piano 2	64.4	58	58.5	54.6	0.0	0.0
100	piano 3	64.0	57.6	57.8	53.9	0.0	0.0
101	piano terra	62.2	56	56.7	52.8	0.0	0.0
101	piano 1	63.1	56.6	56.5	52.6	0.0	0.0
101	piano 2	63.2	56.6	56.4	52.5	0.0	0.0
101	piano 3	63.1	56.5	56.1	52.3	0.0	0.0

Nome	Piano	Scenario di progetto		Contributo Tramvia Linea Verde		Contributo Tramvia Linea Rossa	
		L(6-22)	L(22-6)	L (6-22)	L (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
101	piano 4	62.9	56.3	55.9	52	0.0	0.0
101	piano 5	62.6	56.1	55.6	51.7	0.0	0.0
101	piano 6	62.3	55.8	55.3	51.4	0.0	0.0
101	piano 7	62	55.5	54.9	51.1	0.0	0.0
101	piano 8	61.7	55.2	54.5	50.0.6	0.0	0.0
102	piano terra	62.5	56.7	58.3	54.4	0.0	0.0
102	piano 1	63.1	57.0	58	54.1	0.0	0.0
102	piano 2	63.1	56.8	57.6	53.7	0.0	0.0
102	piano 3	62.8	56.5	57	53.1	0.0	0.0
103	piano terra	64.5	58.0	58	54.1	0.0	0.0
103	piano 1	64.6	58.0	57.8	53.9	0.0	0.0
104	piano terra	62.0	55.5	55.8	51.9	0.0	0.0
104	piano 1	62.8	56.1	55.5	51.6	0.0	0.0
104	piano 2	62.8	56	55.2	51.3	0.0	0.0
104	piano 3	62.7	55.8	54.8	50.0.9	0.0	0.0
105	piano terra	60.4	54.4	56.1	52.2	0.0	0.0
105	piano 1	61.0	54.6	55.7	51.9	0.0	0.0
105	piano 2	60.8	54.4	55.2	51.3	0.0	0.0
105	piano 3	60.6	54.1	54.5	50.0.6	0.0	0.0
105	piano 4	60.1	53.6	53.7	49.8	0.0	0.0
106	piano terra	58.4	52.9	55.9	52	0.0	0.0
106	piano 1	58.7	53.0	55.6	51.7	0.0	0.0
106	piano 2	58.7	52.8	55.2	51.3	0.0	0.0
107	piano terra	57.5	52.2	55.4	51.6	0.0	0.0
107	piano 1	57.4	52.0	55.1	51.2	0.0	0.0
108	piano terra	59.3	54.4	57.5	53.9	0.0	0.0
108	piano 1	58.6	53.6	56.6	53	0.0	0.0
109	piano terra	58.0	53.3	56.4	52.8	0.0	0.0
109	piano 1	57.7	52.9	55.8	52.2	0.0	0.0
109	piano 2	57.0	52.1	55	51.4	0.0	0.0
109	piano 3	56.3	51.4	54.1	50.0.5	0.0	0.0
109	piano 4	55.7	50.7	53.3	49.7	0.0	0.0
109	piano 5	55.1	50.1	52.6	48.9	0.0	0.0

Nome	Piano	Scenario di progetto		Contributo Tramvia Linea Verde		Contributo Tramvia Linea Rossa	
		L(6-22)	L(22-6)	L (6-22)	L (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
109	piano 6	54.7	49.6	51.9	48.3	0.0	0.0
110	piano terra	55.2	48.5	53.2	47.3	0.0	0.0
110	piano 1	55.8	48.9	52.9	47.1	0.0	0.0
110	piano 2	55.8	48.9	52.8	46.9	0.0	0.0
110	piano 3	55.7	48.6	52.6	46.7	0.0	0.0
110	piano 4	55.5	48.5	52.4	46.5	0.0	0.0
110	piano 5	55.5	48.4	52.1	46.6	0.0	0.0
110	piano 6	55.4	48.4	51.8	46.4	0.0	0.0
110	piano 7	55.4	48.3	51.5	46.1	0.0	0.0
110	piano 8	55.2	48.1	51.3	46.2	0.0	0.0
110	piano 9	54.7	48.1	51	46.0	0.0	0.0
111	piano terra	55.5	49.1	52.9	49.0	0.0	0.0
111	piano 1	55.9	49.5	52.7	48.8	0.0	0.0
111	piano 2	55.9	49.5	52.5	48.6	0.0	0.0
111	piano 3	55.8	49.4	52.3	48.4	0.0	0.0
111	piano 4	55.7	49.4	52	48.1	0.0	0.0
111	piano 5	55.7	49.2	51.7	47.8	0.0	0.0
111	piano 6	55.6	49.2	51.3	47.4	0.0	0.0
111	piano 7	55.6	49.0	51	47.1	0.0	0.0
112	piano terra	55.8	50.4	53.2	49.3	0.0	0.0
112	piano 1	56.2	50.7	52.9	49.1	0.0	0.0
112	piano 2	56.4	50.6	52.8	48.9	0.0	0.0
112	piano 3	56.6	50.5	52.6	48.7	0.0	0.0
112	piano 4	56.7	50.4	52.4	48.5	0.0	0.0
112	piano 5	56.8	50.4	52.1	48.2	0.0	0.0
112	piano 6	56.8	50.3	51.8	48	0.0	0.0
112	piano 7	56.8	50.1	51.6	47.7	0.0	0.0
112	piano 8	56.7	50.1	51.3	47.4	0.0	0.0
112	piano 9	56.7	50.0	51.1	47.2	0.0	0.0
113	piano terra	60.2	53.9	55.5	51.6	0.0	0.0
113	piano 1	61.4	54.6	55.3	51.4	0.0	0.0
113	piano 2	62.0	54.8	55.1	51.2	0.0	0.0
114	piano terra	60.2	54.0	55.5	51.7	0.0	0.0

Nome	Piano	Scenario di progetto		Contributo Tramvia Linea Verde		Contributo Tramvia Linea Rossa	
		L(6-22)	L(22-6)	L (6-22)	L (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
114	piano 1	61.4	54.6	55.3	51.5	0.0	0.0
114	piano 2	62.0	54.8	55.1	51.2	0.0	0.0
115	piano terra	60.9	54.7	56.2	52.4	0.0	0.0
115	piano 1	62.1	55.3	56	52.2	0.0	0.0
115	piano 2	62.5	55.5	55.8	52	0.0	0.0
116	piano terra	58	54.6	54.8	51.2	0.0	0.0
116	piano 1	58.3	54.3	54.5	50.0.9	0.0	0.0
116	piano 2	58.2	54.2	54	50.0.4	0.0	0.0
116	piano 3	58.1	54.0	53.4	49.8	0.0	0.0
116	piano 4	57.8	53.8	52.7	49.1	0.0	0.0
123	piano terra	57.9	50.2	31.8	27.9	0.0	0.0
124	piano terra	60.8	53.0	24.5	20.0.6	0.0	0.0
124	piano 1	62.3	54.6	25.7	21.9	0.0	0.0
Istituto Comprensivo 4 Bologna	piano terra	48.1	40.9	28.6	24.7	0.0	0.0
Istituto Tecnico Serpieri	piano terra	51.3	44.1	39.9	36.1	0.0	0.0
226	piano terra	73.9	66.2	0.0	0.0	0.0	0.0
132	piano terra	50.9	45.8	49.3	45.5	0.0	0.0
133	piano terra	55.5	50.5	54	50.0.2	0.0	0.0
133	piano 1	55.8	50.6	53.8	50.0	0.0	0.0
134	piano terra	49.2	44.2	47.6	43.9	0.0	0.0
134	piano 1	49.5	44.3	47.3	43.5	0.0	0.0
135	piano terra	51.0	45.8	49.3	45.5	0.0	0.0
135	piano 1	51.4	46.4	49.2	45.4	0.0	0.0
136	piano terra	46.5	41.6	43.7	40.0	0.0	0.0
136	piano 1	46.7	41.8	43	39.3	0.0	0.0
136	piano 2	47.2	42.4	43.4	39.7	0.0	0.0
136	piano 3	47.9	43	43.6	39.9	0.0	0.0
136	piano 4	48.8	43.9	43.9	40.0.1	0.0	0.0
137	piano terra	48.4	43.5	46.3	42.7	0.0	0.0
137	piano 1	49.1	44.3	46.3	42.7	0.0	0.0
137	piano 2	50.0	45	47	43.4	0.0	0.0
137	piano 3	50.1	45.3	47.1	43.5	0.0	0.0
137	piano 4	50.5	45.5	47.1	43.5	0.0	0.0

Nome	Piano	Scenario di progetto		Contributo Tramvia Linea Verde		Contributo Tramvia Linea Rossa	
		L(6-22)	L(22-6)	L (6-22)	L (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
138	piano terra	54.2	49.5	52.7	49.1	0.0	0.0
138	piano 1	54.6	49.5	52.5	48.9	0.0	0.0
138	piano 2	54.5	49.5	52.3	48.7	0.0	0.0
138	piano 3	54.3	49.3	52	48.4	0.0	0.0
139	piano terra	46.8	41.5	44.9	41.1	0.0	0.0
139	piano 1	47.5	42.5	45	41.2	0.0	0.0
139	piano 2	48.6	43.2	45.2	41.4	0.0	0.0
140	piano terra	49.8	45.0	48.4	44.7	0.0	0.0
140	piano 1	50.0	45.0	48	44.4	0.0	0.0
141	piano terra	50.4	45.7	49	45.4	0.0	0.0
141	piano 1	50.2	45.4	48.6	45	0.0	0.0
142	piano terra	52.5	47.6	50.0.6	46.9	0.0	0.0
142	piano 1	52.7	47.5	50.0.3	46.6	0.0	0.0
142	piano 2	53.1	48.0	50.0.4	46.8	0.0	0.0
142	piano 3	53.3	48.1	50.0.3	46.7	0.0	0.0
142	piano 4	53.4	48.1	50.0.2	46.5	0.0	0.0
142	piano 5	53.5	48.1	50.0	46.4	0.0	0.0
142	piano 6	53.5	48.1	49.8	46.2	0.0	0.0
142	piano 7	53.5	48.0	49.6	46	0.0	0.0
142	piano 8	53.4	47.9	49.4	45.8	0.0	0.0
149	piano terra	57.7	53.0	43	39.4	0.0	0.0
149	piano 1	58.9	53.8	42.7	39.1	0.0	0.0

Il valore di pressione acustica in facciata ai recettori attribuibile al solo passaggio della tramvia, risulta avere un contributo per la quasi totalità trascurabile rispetto al rumore ambientale/stradale. Lungo il tracciato tramviario si assiste ad un aumento dei recettori conformi ai limiti normativi sia nel periodo di riferimento diurno, sia nel periodo di riferimento notturno. Le mappe acustiche dello scenario di progetto diurno e notturno sono riportate in allegato 6 e 7.

A seguito dell'introduzione delle "zone 30", è stato riscontrato un decremento dei livelli di rumore relativi allo Scenario di Progetto Definitivo rispetto al precedente Progetto di Fattibilità Tecnico Economica per quanto riguarda i ricettori prossimi alle suddette viabilità.

#### 4.3.4.6 Confronto tra scenario attuale e scenario di progetto

Nella successiva tabella si sono confrontati i valori simulati per lo scenario attuale e i valori previsti per lo scenario di progetto. In rosso sono indicate le differenze positive (peggioramento acustico) tra i livelli stimati nello scenario di progetto e quello attuale, per i soli ricettori ubicati nei pressi dell'area di studio:

Nome	Piano	Scenario di attuale		Scenario di progetto		Differenza progetto/attuale	
		L(6-22)	L(22-6)	L (6-22)	L (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
11_Scuola Primaria MARSILI	piano terra	57.9	50.1	53.6	47	-4.3	-3.1
12_Scuola Materna Sacro Cuore	piano terra	42.2	39.3	41.5	39.3	-0.7	0.0
100	piano terra	66.9	58.7	64.4	58.3	-2.5	-0.4
100	piano 1	67.4	59.2	64.6	58.4	-2.8	-0.8
100	piano 2	67.3	59.1	64.4	58	-2.9	-1.1
100	piano 3	67.1	58.8	64.0	57.6	-3.1	-1.2
101	piano terra	65	56.8	62.2	56	-2.8	-0.8
101	piano 1	66.3	58.1	63.1	56.6	-3.2	-1.5
101	piano 2	66.5	58.3	63.2	56.6	-3.3	-1.7
101	piano 3	66.4	58.2	63.1	56.5	-3.3	-1.7
101	piano 4	66.1	57.9	62.9	56.3	-3.2	-1.6
101	piano 5	65.8	57.7	62.6	56.1	-3.2	-1.6
101	piano 6	65.6	57.4	62.3	55.8	-3.3	-1.6
101	piano 7	65.3	57.2	62	55.5	-3.3	-1.7
101	piano 8	64.9	56.8	61.7	55.2	-3.2	-1.6
102	piano terra	65	56.7	62.5	56.7	-2.5	0.0
102	piano 1	66.1	57.8	63.1	57.0	-3.0	-0.8
102	piano 2	66.2	57.9	63.1	56.8	-3.1	-1.1
102	piano 3	66	57.8	62.8	56.5	-3.2	-1.3
103	piano terra	68.1	59.8	64.5	58.0	-3.6	-1.8
103	piano 1	68.2	59.9	64.6	58.0	-3.6	-1.9
104	piano terra	65.3	57.0	62.0	55.5	-3.3	-1.5

Nome	Piano	Scenario di attuale		Scenario di progetto		Differenza progetto/attuale	
		L(6-22)	L(22-6)	L (6-22)	L (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
104	piano 1	66.3	58.1	62.8	56.1	-3.5	-2.0
104	piano 2	66.4	58.1	62.8	56	-3.6	-2.1
104	piano 3	66.2	58.0	62.7	55.8	-3.5	-2.2
105	piano terra	64.1	55.7	60.4	54.4	-3.7	-1.3
105	piano 1	64.8	56.5	61.0	54.6	-3.8	-1.9
105	piano 2	64.8	56.4	60.8	54.4	-4.0	-2.0
105	piano 3	64.5	56.2	60.6	54.1	-3.9	-2.1
105	piano 4	64.1	55.9	60.1	53.6	-4.0	-2.3
106	piano terra	63.0	54.3	58.4	52.9	-4.6	-1.4
106	piano 1	63.5	54.9	58.7	53.0	-4.8	-1.9
106	piano 2	63.4	54.9	58.7	52.8	-4.7	-2.1
107	piano terra	62.3	53.5	57.5	52.2	-4.8	-1.3
107	piano 1	62.3	53.6	57.4	52.0	-4.9	-1.6
108	piano terra	63.9	55.1	59.3	54.4	-4.6	-0.7
108	piano 1	63.5	54.8	58.6	53.6	-4.9	-1.2
109	piano terra	62.2	53.7	58.0	53.3	-4.2	-0.4
109	piano 1	62.3	53.7	57.7	52.9	-4.6	-0.8
109	piano 2	61.8	53.3	57.0	52.1	-4.8	-1.2
109	piano 3	61.2	52.7	56.3	51.4	-4.9	-1.3
109	piano 4	60.5	52.1	55.7	50.7	-4.8	-1.4
109	piano 5	59.8	51.6	55.1	50.1	-4.7	-1.5
109	piano 6	59.3	51.1	54.7	49.6	-4.6	-1.5
110	piano terra	54.7	47.7	55.2	48.5	0.5	0.8
110	piano 1	55.6	48.5	55.8	48.9	0.2	0.4
110	piano 2	56.1	48.9	55.8	48.9	-0.3	0
110	piano 3	56.4	49.2	55.7	48.6	-0.7	-0.6
110	piano 4	56.8	49.5	55.5	48.5	-1.3	-1
110	piano 5	57	49.9	55.5	48.4	-1.5	-1.5
110	piano 6	57.2	50.1	55.4	48.4	-1.8	-1.7
110	piano 7	57.3	50.4	55.4	48.3	-1.9	-2.1
110	piano 8	57.4	50.5	55.2	48.1	-2.2	-2.4
110	piano 9	57.6	50.7	54.7	48.1	-2.9	-2.6
111	piano terra	55.5	48.3	55.5	49.1	0	0.8

Nome	Piano	Scenario di attuale		Scenario di progetto		Differenza progetto/attuale	
		L(6-22)	L(22-6)	L (6-22)	L (22-6)	Lim (6-22)	Lim (22-6)
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
111	piano 1	56.3	49.1	55.9	49.5	-0.4	0.4
111	piano 2	56.6	49.4	55.9	49.5	-0.7	0.1
111	piano 3	56.9	49.7	55.8	49.4	-1.1	-0.3
111	piano 4	57.1	49.9	55.7	49.4	-1.4	-0.5
111	piano 5	57.4	50.2	55.7	49.2	-1.7	-1.0
111	piano 6	57.7	50.4	55.6	49.2	-2.1	-1.2
111	piano 7	58	50.8	55.6	49.0	-2.4	-1.8
112	piano terra	56.7	49.6	55.8	50.4	-0.9	0.8
112	piano 1	57.6	50.4	56.2	50.7	-1.4	0.3
112	piano 2	58.2	50.9	56.4	50.6	-1.8	-0.3
112	piano 3	58.8	51.5	56.6	50.5	-2.2	-1.0
112	piano 4	59.2	51.9	56.7	50.4	-2.5	-1.5
112	piano 5	59.4	52.1	56.8	50.4	-2.6	-1.7
112	piano 6	59.5	52.2	56.8	50.3	-2.7	-1.9
112	piano 7	59.6	52.3	56.8	50.1	-2.8	-2.2
112	piano 8	59.6	52.3	56.7	50.1	-2.9	-2.2
112	piano 9	59.6	52.4	56.7	50.0	-2.9	-2.4
113	piano terra	64.7	57.1	60.2	53.9	-4.5	-3.2
113	piano 1	66.0	58.3	61.4	54.6	-4.6	-3.7
113	piano 2	66.0	58.4	62.0	54.8	-4	-3.6
114	piano terra	64.5	57.0	60.2	54.0	-4.3	-3.0
114	piano 1	65.9	58.3	61.4	54.6	-4.5	-3.7
114	piano 2	65.9	58.3	62.0	54.8	-3.9	-3.5
115	piano terra	65.4	57.9	60.9	54.7	-4.5	-3.2
115	piano 1	66.4	58.9	62.1	55.3	-4.3	-3.6
115	piano 2	66.4	58.8	62.5	55.5	-3.9	-3.3
116	piano terra	62.1	55.2	58	54.6	-4.1	-0.6
116	piano 1	63.8	56.5	58.3	54.3	-5.5	-2.2
116	piano 2	64.1	56.8	58.2	54.2	-5.9	-2.6
116	piano 3	64.0	56.8	58.1	54.0	-5.9	-2.8
116	piano 4	63.8	56.8	57.8	53.8	-6.0	-3.0
123	piano terra	62.5	54.9	57.9	50.2	-4.6	-4.7
124	piano terra	65.5	57.8	60.8	53.0	-4.7	-4.8

Nome	Piano	Scenario di attuale		Scenario di progetto		Differenza progetto/attuale	
		L(6-22)	L(22-6)	L(6-22)	L(22-6)	Lim(6-22)	Lim(22-6)
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
124	piano 1	67.1	59.4	62.3	54.6	-4.8	-4.8
Istituto Comprensivo 4 Bologna	piano terra	52.6	45.1	48.1	40.9	-4.5	-4.2
Scuola Materna Statale Villa Salina	piano terra	53.9	47.0	54	46.7	0.1	-0.3
Istituto Tecnico Serpieri	piano terra	53.6	46.4	51.3	44.1	-2.3	-2.3
226	piano terra	73.8	66.1	73.9	66.2	0.1	0.1
132	piano terra	54	45.3	50.9	45.8	-3.1	0.5
133	piano terra	58.9	50	55.5	50.5	-3.4	0.5
133	piano 1	60	51.3	55.8	50.6	-4.2	-0.7
134	piano terra	50.8	42.4	49.2	44.2	-1.6	1.8
134	piano 1	52	43.6	49.5	44.3	-2.5	0.7
135	piano terra	53.4	44.9	51.0	45.8	-2.4	0.9
135	piano 1	55	46.6	51.4	46.4	-3.6	-0.2
136	piano terra	48.4	40.9	46.5	41.6	-1.9	0.7
136	piano 1	49.4	41.9	46.7	41.8	-2.7	-0.1
136	piano 2	50.2	42.7	47.2	42.4	-3.0	-0.3
136	piano 3	51.1	43.6	47.9	43	-3.2	-0.6
136	piano 4	52.0	44.6	48.8	43.9	-3.2	-0.7
137	piano terra	50.6	42.6	48.4	43.5	-2.2	0.9
137	piano 1	52.5	44.4	49.1	44.3	-3.4	-0.1
137	piano 2	53.9	45.7	50.0	45	-3.9	-0.7
137	piano 3	54.1	46	50.1	45.3	-4.0	-0.7
137	piano 4	54.3	46.3	50.5	45.5	-3.8	-0.8
138	piano terra	57.3	48.7	54.2	49.5	-3.1	0.8
138	piano 1	59.0	50.4	54.6	49.5	-4.4	-0.9
138	piano 2	59.1	50.5	54.5	49.5	-4.6	-1.0
138	piano 3	58.9	50.3	54.3	49.3	-4.6	-1.0
139	piano terra	48.8	40.5	46.8	41.5	-2.0	1.0
139	piano 1	50.2	41.9	47.5	42.5	-2.7	0.6
139	piano 2	51.7	43.5	48.6	43.2	-3.1	-0.3
140	piano terra	52.2	43.7	49.8	45.0	-2.4	1.3
140	piano 1	53.2	44.7	50.0	45.0	-3.2	0.3
141	piano terra	52.7	44.3	50.4	45.7	-2.3	1.4
141	piano 1	53.6	45.2	50.2	45.4	-3.4	0.2

Nome	Piano	Scenario di attuale		Scenario di progetto		Differenza progetto/attuale	
		L(6-22)	L(22-6)	L(6-22)	L(22-6)	Lim(6-22)	Lim(22-6)
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
142	piano terra	54.9	46.7	52.5	47.6	-2.4	0.9
142	piano 1	56.4	48.1	52.7	47.5	-3.7	-0.6
142	piano 2	57.3	49.0	53.1	48.0	-4.2	-1.0
142	piano 3	57.6	49.3	53.3	48.1	-4.3	-1.2
142	piano 4	57.8	49.4	53.4	48.1	-4.4	-1.3
142	piano 5	57.8	49.5	53.5	48.1	-4.3	-1.4
142	piano 6	57.7	49.5	53.5	48.1	-4.2	-1.4
142	piano 7	57.7	49.4	53.5	48.0	-4.2	-1.4
142	piano 8	57.5	49.3	53.4	47.9	-4.1	-1.4
149	piano terra	60.5	53.0	57.7	53.0	-2.8	0.0
149	piano 1	61.7	53.8	58.9	53.8	-2.8	0.0

*n verde sono evidenziati i recettori in classe I*

Dalle simulazioni sviluppate riassunte nei risultati delle tabelle sopra esposti evince che nello scenario di progetto, ossia con il passaggio della linea tranviaria si assiste ad un miglioramento dei valori di pressione acustica, al netto della tolleranza modellistica (+/-0,5 dB), su quasi tutti i recettori individuati lungo il tracciato dell'infrastruttura e non si ha nessun nuovo superamento del limite normativo per alcun recettore.

Gli unici recettori per i quali si stima una variazione positiva del livello di pressione sonora sono ubicati in prossimità di viabilità lungo le quali è previsto un incremento del traffico stradale, ossia Via di Corticella (nel tratto compreso tra la Via delle Fonti); Via Byron (nel tratto compreso tra la Via Sant'Anna e Via Shakespeare).

Dove sono stati stimati peggioramenti dello scenario di progetto rispetto all'attuale, gli incrementi di pressione sonora si attestano sostanzialmente al di sotto di 1 dB(A) sia nel periodo diurno (6-22) che notturno (22-6) ad esclusione dei recettori ubicati in prossimità delle vie interessate da un incremento del traffico veicolare, ma non impattate dall'infrastruttura in progetto.

Le mappe acustiche dello scenario comparativo attuale-progetto, diurno e notturno sono riportate in allegato 8 e 9.

Nel corso della procedura di screening è stata eseguita una micro simulazione della zona di Via sant'Anna, considerando la realizzazione di un manto stradale fono assorbente lungo Via Sant'Anna, Via Byron e Via Goethe, unitamente ad una diminuzione della velocità di transito della tramvia di circa 10 Km/h. Gli effetti delle suddette mitigazioni sono già stati considerati nell'elaborazione dello scenario di progetto e relativi valori puntuali sui singoli recettori.

Nelle mappe acustiche che seguono si riporta il confronto tra lo scenario attuale e lo scenario di progetto con mitigazioni, nel periodo di riferimento diurno e notturno, dalle quali si osserva un generale miglioramento del clima acustico a seguito delle mitigazioni modellate e risultano rispettati i valori limite assoluti di immissione del rumore prodotto dall'infrastruttura tramvia e dal traffico stradale pubblico e privato all'interno della fascia di prospicienza.



Figura 4-29 – Microsimulazione - Mappa di confronto scenario attuale e scenario di progetto con mitigazioni (periodo di riferimento diurno)



Figura 4-30 – Microsimulazione - Mappa di confronto scenario attuale e scenario di progetto con mitigazioni (periodo di riferimento notturno)

#### 4.3.4.7 Mitigazioni acustiche

Al fine di contenere l’impatto acustico relativo all’incremento del traffico veicolare privato e pubblico, sono state simulate le mitigazioni acustiche consistenti nella posa di asfalto fonoassorbente lungo le seguenti tratte stradali:

- Via di Corticella (nel tratto compreso tra la Via delle Fonti) per una lunghezza di circa m. 550;
- Via Byron (nel tratto compreso tra la Via Sant’Anna e Via Shakespeare) per una lunghezza di circa m. 550;
- Via Goethe tutta, per una lunghezza di circa m. 180.

Mentre per ridurre la variazione positiva relativa all’infrastruttura in progetto è stata ridotta la velocità di tragitto della tramvia di circa 10 km/ora lungo le seguenti tratte:

- Via Sant’Anna (nel tratto compreso tra la Via Bentini e Via Byron);

- Via Byron (nel tratto compreso tra la Via Sant'Anna e Via Shakespeare).

Altri interventi strutturali che possono ridurre significativamente la rumorosità nelle aree urbane possono essere:

- la realizzazione di restringimento della carreggiata o di chicane;
- la realizzazione di rotatorie;
- l'installazione di dossi rallentatori;
- l'installazione di autovelox;
- l'installazione di semafori dissuasori.

Tali soluzioni comportano la riduzione della velocità di transito dei mezzi con conseguente diminuzione delle emissioni acustiche.

Pertanto l'applicazione puntuale di una o più di queste molteplici soluzioni all'interno dell'area urbana si configura come una scelta dell'amministrazione.

Per le aree nelle quali la variazione positiva acustica si presuppone legata anche al passaggio della tramvia, ossia lungo Via Byron (nel tratto compreso tra la Via Sant'Anna e Via Shakespeare), si potranno valutare opportuni accorgimenti quali:

- lubrificazione del sistema rotaia/ruota mediante l'utilizzo di grasso biodegradabile per ridurre lo stridio;
- utilizzo di sistema di "armamento massivo" con utilizzo di materassino antivibrante da posare sotto la soletta di cemento su cui sono appoggiate le rotaie;
- utilizzo di una gomma per il rivestimento dei binari, efficace anche contro le vibrazioni;
- modifica del profilo delle ruote;
- riduzione della velocità della tramvia.

Infine nei casi in cui gli sforzi effettuati per contenere i livelli sonori non risultino sufficienti, si può ipotizzare il ricorso ad interventi puntuali di mitigazione del rumore, quali ad esempio il raddoppio

degli infissi e/o l'installazione di finestre fonoisolanti/silenti, atti a non conseguire la variazione acustica positiva evidenziata.

Inoltre, qualora la Stazione Appaltante decidesse di propendere per l'impiego di vetture ad assi sterzanti, gli effetti riportati nello studio acustico non potranno che migliorare: l'entità di tale miglioramento non potrà essere valutato fino alla effettiva determinazione delle caratteristiche tecniche delle nuove vetture.

## 4.4 VIBRAZIONI

### 4.4.1 PREMESSA

Negli ultimi anni, il continuo aumento della domanda di trasporto su gomma e su rotaia, legato al processo di sviluppo economico e sociale del nostro Paese, ha portato ad una maggiore attenzione al fenomeno legato alla propagazione delle vibrazioni ambientali, indotte dai mezzi di trasporto, da parte della popolazione residente in prossimità delle infrastrutture di trasporto.

A tal proposito, si evidenzia come negli ultimi anni, il rumore e le vibrazioni indotte dal traffico veicolare lungo le infrastrutture di trasporto su terra e rotaia sono diventate le principali cause di impatto ambientale di cui occorre tenere opportuna considerazione sia nelle attività di gestione delle stesse strutture di trasporto ma ancor di più in sede di progettazione preliminare di nuove strutture.

La principale componente delle vibrazioni si trasmette attraverso il suolo mentre i rumori aerei che si propagano attraverso l'aria dipendono dal materiale rotabile e dalla finitura della superficie della sede.

La fonte delle vibrazioni è il risultato dell'interazione delle ruote con la rotaia e la loro trasmissione dipende da molti fattori quali, ad esempio:

- il tipo di fissaggio della rotaia alla sua sede;
- la piastra di appoggio della rotaia;
- i materassini antivibranti sotto il getto di calcestruzzo;

- eventuali cavità o i differenti gradi di compattazione del terreno di sedime;
- eventuali accorgimenti per lo smorzamento delle vibrazioni nelle opere civili;
- edifici con disposizioni antivibranti.

Al momento non esiste nessuno standard a livello europeo che definisca esattamente i parametri di attenuazione delle vibrazioni dovute alla circolazione dei veicoli tranviari, ma si fa usualmente riferimento per quanto possibile alle Norme UNI 9614 – Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo, UNI 9916 – Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, UNI 10570 - Prodotti per l'isolamento delle vibrazioni. Determinazione delle caratteristiche meccaniche dei materassini e piastre, UNI 10985 – Vibrazioni su ponti e viadotti – Linee guida per l'esecuzione di prove e rilievi dinamici.

In generale danni strutturali all'edificio nel suo insieme attribuibili a fenomeni vibratorii sono estremamente rari e quasi sempre derivano dal concorso di altre cause. Perché le vibrazioni possano arrecare danni strutturali è necessario che esse raggiungano livelli tali da causare, prima, fastidio e disturbo agli occupanti.

#### 4.4.2 SINTESI DELLO STUDIO DI IMPATTO EFFETTUATO

Lo studio ha preso in esame il “fenomeno delle vibrazioni” indotte dal passaggio del un convoglio tranviario ed il possibile disturbo della popolazione residente sia ai danni delle strutture. Si intendono con tale termine i moti delle strutture (nel caso specifico di manufatti edili) a frequenze comprese fra 1 e 80 Hz.

Normalmente la caratterizzazione viene effettuata in termini di valore medio efficace (RMS) della velocità (in mm/s) oppure della accelerazione (in mm/s<sup>2</sup>): si usa solitamente la velocità per valutare gli effetti delle vibrazioni sugli edifici, e l'accelerazione per valutare la percezione umana. Tuttavia, si può convertire i valori di accelerazione a nei corrispondenti valori di velocità  $v$ , nota la frequenza “ $f$ ”, tramite la relazione:

$$v = \frac{a}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

Convenzionalmente, in analogia con le analisi del rumore, sia i valori di velocità che quelli di accelerazione vengono valutati sulla scala dei dB, tramite le relazioni:

$$L_{acc} = 20 \cdot \lg \left[ \frac{a}{a_0} \right] \qquad L_{vel} = 20 \cdot \lg \left[ \frac{v}{v_0} \right]$$

nelle quali compaiono i valori di riferimento  $a_0 = 0.001 \text{ mm/s}^2$  e  $v_0 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ mm/s}$ .

### Origine delle vibrazioni

Il passaggio di un convoglio tranviario su un binario dotato di armamento tradizionale (rotaie continue saldate, traversine in CLS, ballast) è fonte di emissione di vibrazioni nel terreno circostante, che si propagano a loro volta sulle strutture situate entro determinate distanze in funzione della natura del terreno e dei livelli di vibrazione indotti dal sistema ferroviario.

Le origini del fenomeno sono le stesse che causano le emissioni di rumore potenzialmente disturbanti, ed in particolare il contatto “ruota-rotaia”, dove piccole imperfezioni superficiali causano improvvise variazioni delle forze di contatto, che a loro volta causano il moto vibratorio della rotaia stessa.

L’eccitazione è principalmente in senso verticale, ma nel corso della propagazione nel terreno e dell’interazione con gli edifici possono svilupparsi non trascurabili componenti di movimento anche in senso orizzontale.

Lo spettro delle forze di eccitazione, costituito come visto da micro-impulsi, è tipicamente a banda larga.

### Propagazione delle vibrazioni

Dato un prefissato livello di vibrazione, esso si propaga nel terreno circostante, subendo una attenuazione che dipende da:

- natura del terreno,
- frequenza del segnale
- distanza fra il punto di eccitazione e quello di valutazione dell’effetto.

A tal proposito, si possono distinguere tre tipi principali di onde che trasportano energia vibrazionale:

- Onde di compressione (onda P);
- Onde di taglio (onda S);
- Onde di superficie (orizzontali: onde R, e verticali: onde L).

I primi due tipi sono onde di volume (“body-waves”), mentre il terzo rappresenta le onde di superficie, le quali si propagano sull’interfaccia fra due strati con diverse proprietà meccaniche, principalmente quindi sulla superficie di separazione fra terreno ed aria. La seguente figura mostra schematicamente i diversi tipi di onde:

Nella pratica invece, allorché l’armamento poggia sul piano di campagna, si può ritenere che vi sia predominio delle onde di superficie ed in particolare di tipo “R” che corrono sulla interfaccia suolo-aria.

Va inoltre osservato che la velocità di propagazione dei diversi tipi di onde sull’interfaccia suolo-aria non è la stessa:

- le onde di compressione (onde P) sono le più veloci;
- le onde di taglio e di superficie viaggiano con velocità più basse, in dipendenza del valore del modulo di Poisson del terreno.

Il modello di propagazione utilizzato nel proseguo del presente studio è valido per tutti tre i tipi di onde considerati (P, S, R) e di basa sulla seguente formulazione (Dong-Soo Kim, Jin-Sun Lee – “Propagation and attenuation characteristics of various ground vibrations” -Soil Dynamics and Earthquake Engineering 19 (2000) 115–126):

$$a(d, f) = a(d_0, f) \cdot \left( \frac{d_0}{d} \right)^n \cdot e^{-2\pi f \eta / c (d - d_0)}$$

in cui:

- $\eta$  è il fattore di perdita del terreno, c;
- la velocità di propagazione in m/s;
- $f$  la frequenza in Hz;

- d la distanza in m;
- $d_0$  la distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione (nel proseguo assunta pari a 5m).

Ipotizzando il raggiungimento dei livelli massimi, si deve sempre prendere in considerazione una sorgente concentrata, si ha che l'esponente "n" vale:

- 0.5 per le onde di superficie (predominanti in caso di sorgente posta in superficie);
- 1.0 per le onde di volume (predominanti in caso di sorgente profonda, come nel caso di fondazione su pali).

Il termine "esponenziale" rappresenta invece i fenomeni di dissipazione di energia meccanica in calore, che come si vede va crescendo proporzionalmente alla frequenza.

$$-2 \cdot \pi \cdot f \cdot \eta / c \cdot (d - d_0)$$

Per tale motivo la relazione sopra utilizzata dissipa "velocemente" le alte frequenze mentre le basse percorreranno percorsi maggiori.

Il rapporto  $\eta/c$  dipende dal particolare tipo di terreno considerato, ed assume valori elevati nel caso di terreno coltivato soffice, mentre assume valori molto modesti nel caso di pavimentazioni rigide ad esempio CLS.

Con riferimento alla propagazione di onde superficiali non si considera il caso di terreni stratificati, o della presenza di disomogeneità di vario genere che possono ostacolare o favorire la propagazione delle vibrazioni.

### **Attenuazioni/amplificazioni dovute alla presenza di manufatti edili**

Il modello di calcolo semplificato di propagazione dei livelli di accelerazione illustrato nei paragrafi precedenti si riferisce ai soli fenomeni che avvengono nel terreno, ipotizzando lo stesso omogeneo.

Nella realtà, in presenza di edifici collegati al terreno mediante sistemi di fondazione di vario tipo, può accadere che i livelli stessi di accelerazione riscontrabili all'interno degli edifici possono presentare sia attenuazioni, sia amplificazioni rispetto ai livelli sul terreno.

In particolare, diversi sistemi di fondazione producono una attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante.

Tale aspetto è legato al fatto che l'interfaccia "terreno-struttura" non è perfettamente solidale, e pertanto genera fenomeni dissipativi, condizionati dalla tipologia delle fondazioni (es. a platea, su plinti isolati, su travi rovesce, su pali, etc.).

Altresì, va inoltre preso in esame il fenomeno della risonanza strutturale di elementi dei fabbricati, ed in particolare dei solai, che nel caso in cui la frequenza di eccitazione coincide con la frequenza naturale di oscillazione libera della struttura, la stessa manifesta un rilevante aumento dei livelli di vibrazione rispetto a quelli presenti alla base della stessa.

### **Normativa discomfort abitativo (UNI 9614)**

Le vibrazioni associate alla sorgente oggetto di valutazione è ritenuta fonte di possibile disturbo ai danni degli occupanti degli immobili che insistono sulla linea tramviaria. Le grandezze prese in considerazione devono essere quantificate mediante:

- la "accelerazione ponderata massima statistica della sorgente" ( $V_{sor}$ ), che deve essere calcolata a partire dalla "accelerazione ponderata massima statistica" delle vibrazioni immesse ( $V_{imm}$ );
- la "accelerazione ponderata massima statistica" delle vibrazioni residue ( $V_{res}$ )

### **Normativa tecnica sugli effetti degli edifici (UNI 9916)**

Tale normativa non fornisce limiti ben definiti, ma fornisce una guida relativa ai metodi di misura, di trattamento dei dati, di valutazione dei fenomeni vibratorii allo scopo di permettere la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica.

La norma classifica le definizioni di danno in funzione degli effetti che le vibrazioni provocano agli edifici secondo la seguente terminologia:

- danno architettonico (o di soglia): Effetto residuo delle vibrazioni che determina alterazione estetica o funzionale dell'edificio senza comprometterne la stabilità strutturale o la sicurezza degli occupanti. Il danno architettonico si presenta in molti casi con la formazione o l'accrescimento di fessure filiformi sulle superfici dei muri a secco o sulle superfici intonacate o nei giunti di malta delle costruzioni in mattoni;
- danno maggiore: Effetto che si presenta con formazione di fessure più marcate, distacco e caduta di gesso o pezzi di intonaco fino al danneggiamento di elementi strutturali (per esempio fessure nei pilastri e nelle travature, apertura di giunti).

Essa prosegue definendo le caratteristiche delle sorgenti di vibrazioni e della risposta dell'edificio, e pertanto mette in stretta relazione il regime vibrazionale a manifestazioni oggettive degli effetti di quest'ultimo sugli edifici.

La stessa norma fissa anche i valori di riferimento per la velocità di vibrazione per valutare l'azione delle vibrazioni di breve durata sulle costruzioni, riportati nella seguente tabella:

Ancora, fissa i valori di riferimento per le componenti orizzontali della velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni durature sulle costruzioni, riportati nella tabella seguente:

### **Valutazione delle vibrazioni nello stato di fatto**

Nell'area urbana di Bologna che sarà interessata dalla realizzazione della linea tranviaria "tratto nord della linea verde" non esistono attualmente fonti di vibrazioni specifiche di livello potenzialmente confrontabile con l'emissione propria dei convogli.

Tuttavia, su più strade si ha un sostenuto traffico veicolare stradale, con transito di mezzi pesanti, e pavimentazione dotata di discontinuità.

Pertanto, la situazione ambientale, dal punto di vista vibrazionale, è caratterizzata dai tipici livelli di accelerazione che è possibile riscontrare in qualunque realtà urbana, in presenza di pavimentazione non perfettamente livellata.

Al fine di valutare "a campione" i valori dei livelli delle vibrazioni presenti nella situazione "ante-operam", è stata condotta in data 22 novembre 2018 una campagna di rilevamento (i risultati

sono stati già allegati alla documentazione della procedura di Screening), in un singolo punto, facendo impiego di idonea strumentazione, ovvero: PM01, Via Giacomo Matteotti, di fronte al Teatro Testoni Ragazzi - la Baracca (30 min.), da cui è emerso che l'attuale livello di traffico, con la tipologia di passaggio di veicoli leggeri, pesanti e autobus produce un livello di emissione e di onde meccaniche che non è in grado di generare danni o disturbo alle costruzioni ordinarie e/o monumentali.



*Figura 4-31 – Ubicazione punto di realizzazione della campagna di rilevamento delle vibrazioni.*

La norma UNI 9916 ripropone la DIN 4150-3 nelle tabelle 1, 2 e 3 definisce i limiti da garantire oltre i quali occorre predisporre degli interventi di mitigazione.

Nell'applicazione delle normative del settore è necessario tenere ben presente che i limiti di normativa sono estremamente cautelativi e definiti per "evitare con buona approssimazione danni" e non rappresentano assolutamente la massima sollecitazione sostenibile dal recettore.

La definizione dei quest'ultima può, infatti essere calcolata solamente per via sperimentale adottando sorgenti di prova e misurazioni monoassiali e triassiali in posizioni significative per l'analisi strutturale del recettore.

Questo tipo di indagine atta a definire il carico dinamico limite sopportabile dal recettore in aggiunta al carico statico viene intrapresa solamente in casi particolari.

**Valori limite di velocità di vibrazione da rispettare per le costruzioni per la non insorgenza di danni di soglia secondo le DIN 4150-3, Tab. 1**

Velocità di oscillazione di riferimento		Valori di riferimento per velocità di oscillazione $v_{MAX}$ in mm/s			
Riga	Tipi di edificio	misura sulle fondazioni Frequenze			Misura sull'ultimo solaio orizzontale tutte le frequenze
		Da 1 a 10 Hz	da 10 a 50 Hz	da 50 a 100 Hz )	
1	Costruzioni per attività commerciale, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari	20	da 20 a 40	da 40 a 50	40
2	Edifici abitativi o edifici simili per costruzione o utilizzo	5	da 5 a 15	da 15 a 20	15
3	Edifici che per la loro particolare sensibilità alle vibrazioni non rientrano nelle precedenti classificazioni e che sono da tutelare in modo particolare (monumenti sotto protezione belle arti)	3	da 3 a 8	da 8 a 10	8

(\*) Per frequenze superiori ai 100 Hz possono essere adottati come minimo i valori per 100 Hz

Un altro aspetto molto importante da tenere presente è che non esiste correlazione tra il carico d'onda e gli eventuali danni e la nozione di disturbo:

**Valori limite di velocità di vibrazione da rispettare per la non insorgenza di danni di soglia nelle condutture interrate secondo le DIN 4150-3, Tab. 2**

Velocità di oscillazione di riferimento		Valori di riferimento per velocità di oscillazione $v_i$ in mm/s sulle tubazioni	
Riga	Materiali componenti le tubazioni		
1	Acciaio, saldato	100	
2	Gres, calcestruzzo, calcestruzzo armato, metallo con o senza flangia	80	
3	Muratura plastica	50	

Le vibrazioni di natura meccanica generano un'azione di tipo sismico, che in ragione dell'entità del fenomeno e della sua ripetitività può indurre carichi non sopportabili dalle strutture prossime ai cantieri.

Il tema centrale è quello di definire il comportamento del recettore in relazione a prefissati criteri di accettabilità indicati dalla normativa ossia dalla definizione di classe strutturale del recettore.

La vibrazione meccanica o onda sismica durante la diffusione tra la sorgente e il recettore subisce delle modificazioni di frequenze, velocità ed energia in ragione della natura dei terreni e della distanza sorgente-recettore.

Il termine “vibrazione” designa, genericamente, il movimento di una porzione di materia caratterizzato dal ripetuto periodico attraversamento di una posizione di riposo ossia quella che le compete prima dell’inizio del moto.

Le attività legate alle macchine operatrici di cantiere generano vibrazioni nel terreno e onde di sovrappressione nell’aria circostante, rumori; tra i due fenomeni sussistono delle correlazioni ma bisogna sempre tenere ben presente che un’operazione può essere poco rumorosa e causare forti vibrazioni, o molto rumorosa ma poco disturbante per ciò che attiene alle vibrazioni.

Per poter analizzare le emissioni di onde elastiche o sismiche in rapporto all’ambiente circostante occorre conoscere, misurare e definire alcune grandezze caratteristiche:

- Vibrazione emessa dalla/e sorgente/1 [mm/s]
- La durata dell’emissione [t]
- Le frequenze naturali e gli smorzamenti [km/s]
- Le caratteristiche del terreno [Mpa, E, grado di fatturazione]
- La distanza sorgente-recettore [m]
- L’iterazione suolo-recettore [Mpa]
- Tipo e stato del recettore [mm/s]

Ogni macchinario genera delle vibrazioni “caratteristiche” che vengono trasmesse al terreno il quale è un mezzo solitamente anisotropo ossia trasmette l’onda meccanica in maniera non simmetrica rispetto alla sorgente.

Rappresentando la velocità di propagazione rispetto agli assi x, y, z l’affermazione precedente corrisponde a dire che  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$  sono differenti tra loro. Il moto della vibrazione è assimilabile al modello sinusoidale smorzato trattato analiticamente utilizzando la serie di Fourier. La durata dell’emissione è proporzionale al carico d’onda poiché incrementandola si prolunga l’azione delle onde elastiche sul recettore aumentando la sollecitazione a “fatica” e il pericolo di innescare dei

fenomeni di risonanza ossia il raggiungimento di frequenze prossime alla frequenza caratteristica del recettore.

Ogni tipologia di terreno “intatto” è associabile ad una velocità di trasmissione caratteristica, ad esempio le sabbie 0,5 km/s, mentre il basalto 6,0 km/s.

Il significato “fisco” dell’affermazione può essere esemplificato utilizzando il rapporto tra le due velocità caratteristiche, 12, in ragione del quale le variabili d’onda assumono gli stessi valori a distanza 12 volte superiore nel basalto rispetto alla sabbia.

Questi valori caratteristici, provenienti da prove di laboratorio, possono essere però modificati radicalmente ad esempio in caso di fatturazioni, stratificazioni o presenza di lenti di altro materiale.

L’influenza della distanza tra sorgente e recettore per un moto sinusoidale smorzato è, invece, facilmente percepibile.

L’iterazione suolo-recettore dipende, inoltre, da fattori costruttivi conseguenti alla tipologia di fondazioni poste in opera, dai moduli elastici del terreno e delle fondazioni stesse.

Il recettore viene sollecitato dal carico d’onda e quindi, esattamente come per i carichi ordinari è necessario stabilire con buona approssimazione se è in grado di sopportare questo incremento senza subire danni, ossia non superare il limite tensionale:

$$S_{lim} = S_{statico} + S_{sismico}.$$

La definizione della categoria strutturale di appartenenza del recettore al fine della resistenza all’impatto vibrazionale può essere condotta o in senso sperimentale andando a calcolare l’ampiezza caratteristica dei singoli elementi e del manufatto o attenendosi alle classificazioni riportate nelle normative di riferimento.

Le strutture civili e industriali, gli impianti, o qualsiasi altro tipo di recettore solitamente non è stato dimensionato per resistere ad un carico dinamico e di conseguenza definire la sua “resistenza” dinamica induce ad approssimazioni cautelative.

L’entità della pulsazione, della frequenza e della velocità possono indurre in una struttura nata per essere “statica” sollecitazioni ripetitive talmente elevate da provocarne il collasso (si veda il classico esempi di Tacoma bridge).

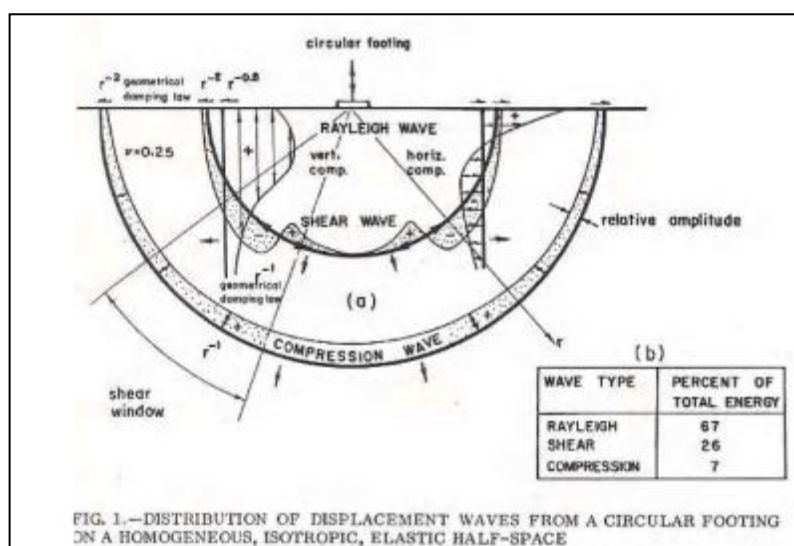
Mentre tutte le altre grandezze che concorrono al carico d'onda sono in qualche modo ricostruibili con tabellazioni, esperienza o misurazioni in situ risulta assai meno immediato determinare i valori limite di frequenza, Hz, e velocità, mm/s, da associare ad un recettore e quante ripetizioni giornaliere siano sostenibili.

Nella pratica professionale corrente la questione viene superata dall'applicazione delle normative le quali definiscono dei limiti da rispettare almeno per le costruzioni ordinarie.

I limiti di normativa sono estremamente cautelativi e definiti per "evitare con buona approssimazione danni".

Sulla base delle ipotesi di isotropia, le onde elastiche possono essere distinte in (vedi figura che segue):

- onda di compressione (onde P): si propaga radialmente nel semispazio sferico posto al di sotto della sorgente (idealmente puntiforme);
- onda di taglio (onde S): si propaga radialmente nel semispazio sferico posto al di sotto della sorgente;
- onda di superficie (onde Rayleigh): si propaga in direzione radiale lungo la superficie.



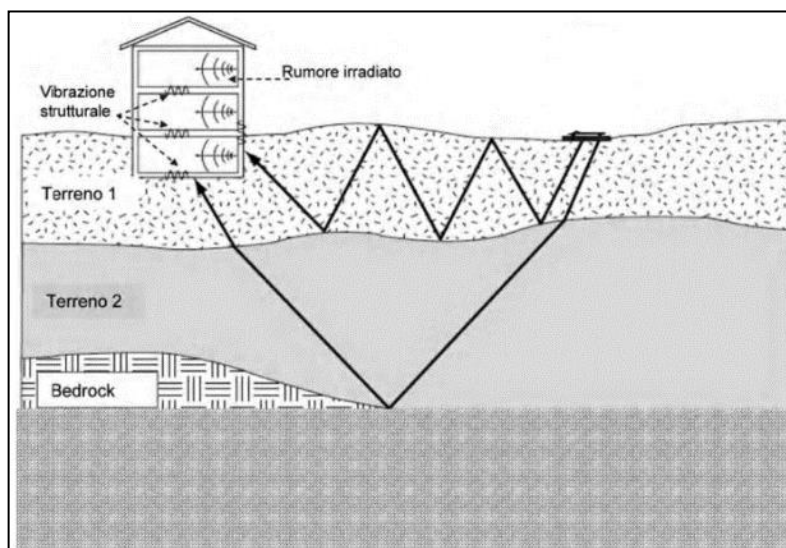
La maggior parte dell'energia viene trasmessa dall'onda R, anche perché questa si muove in un semispazio a contatto con l'aria, e subisce, quindi, effetti smorzanti inferiori.

Le percentuali di energia associate ai diversi tipi di onde sono riportate nella precedente figura.

La riduzione dell'ampiezza di spostamento, ad una distanza  $r$  dalla sorgente, è proporzionale a:

$1/r$  per le onde P — S       $1/r^{0,5}$  per le onde R

Lo schema di propagazione delle onde è rappresentato nella figura seguente dove sono presenti diversi tipi di terreni.



Lo smorzamento delle onde meccaniche è in relazione al modulo elastico e alla coesione dei terreni, pertanto in un terreno compatto si possono generare più facilmente danni da carico d'onda mentre nei terreni non coesivi, sabbia, si presenta il fenomeno dell'addensamento da vibrazioni, le cui conseguenze sono delle deformazioni di abbassamento nei terreni e l'insorgenza nei recettori di danni tipici da cedimento in fondazione.

In caso di terreni non coesivi il limite per i cedimenti da addensamento sono riportati nella tabella qui sotto riportata.

Terreno	Velocità di vibrazione limite	
	$v_1$ (mm/s)	$v_2$ (mm/s)
sabbioso grossolano	50	45
sabbioso medio	90	80
sabbioso fine	125	90
sabbioso argilloso	220	155
argilloso	280 ÷ 450	195 ÷ 315

$v_1$  = in terreno asciutto  
 $v_2$  = in presenza d'acqua

Tutte le rilevazioni sono state eseguite posizionando il sensore al limite del piano viabile e la misurazione rappresenta un'entità che subirà ulteriori smorzamenti.



Figura 4-32 – Posizionamento attrezzatura per esecuzione misura vibrazioni

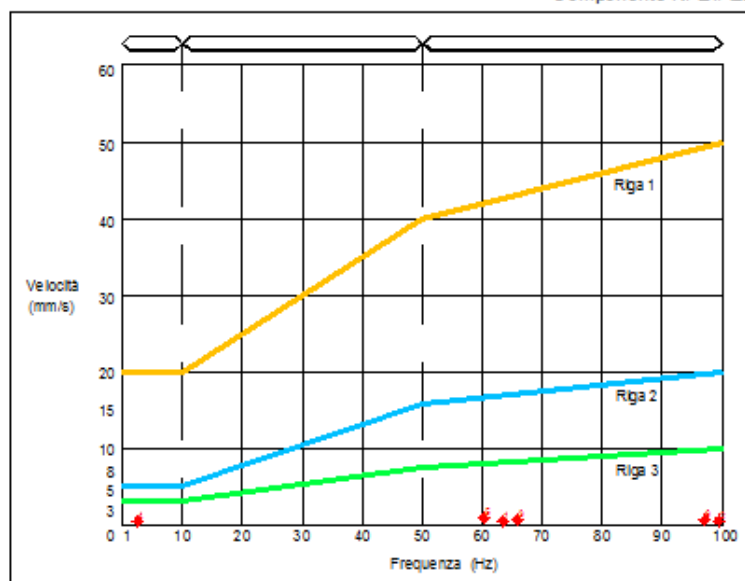
Le misure sono state eseguite utilizzando sismografi di marca NOMIS, modello miniSupergraph, identificati dal finale del numero di serie: 56 e 19. I sensori tridirezionali sono rispettivamente del tipo 2G e 4G. La frequenza di campionamento è stata mantenuta a 1024/sec per una migliore lettura dei “tono bassi” che generano maggiori sollecitazioni. Il valore di trigger è stato impostato a 0,3 e a 1,2 mm/sec.

Nella città di Bologna, le pavimentazioni siano esse in pietra o asfalto, sono dotate di un cassonetto in materiale granulare compattato caratterizzato da ottime capacità di smorzamento delle vibrazioni.

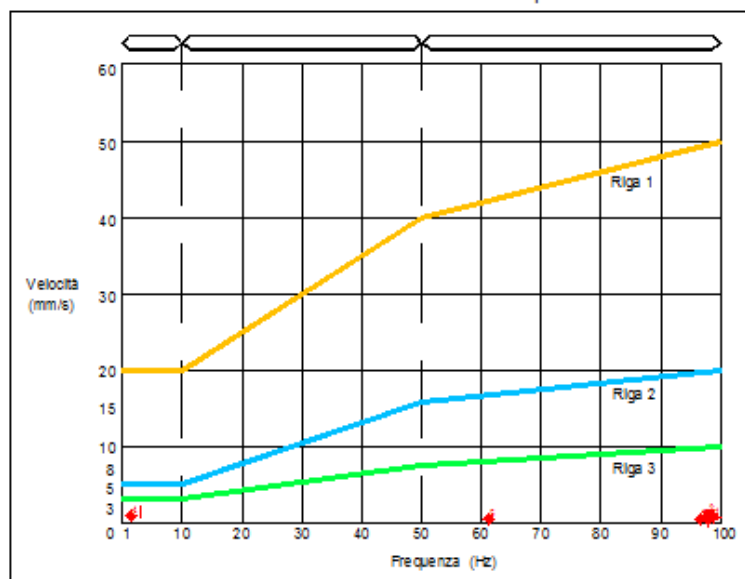
Se si escludono i “colpi di prova” e qualche colpo di verifica in prossimità del sensore, non sono mai state raggiunte le soglie di normativa, anzi sono stati registrati esclusivamente eventi con velocità inferiori a 1 mm/sec.

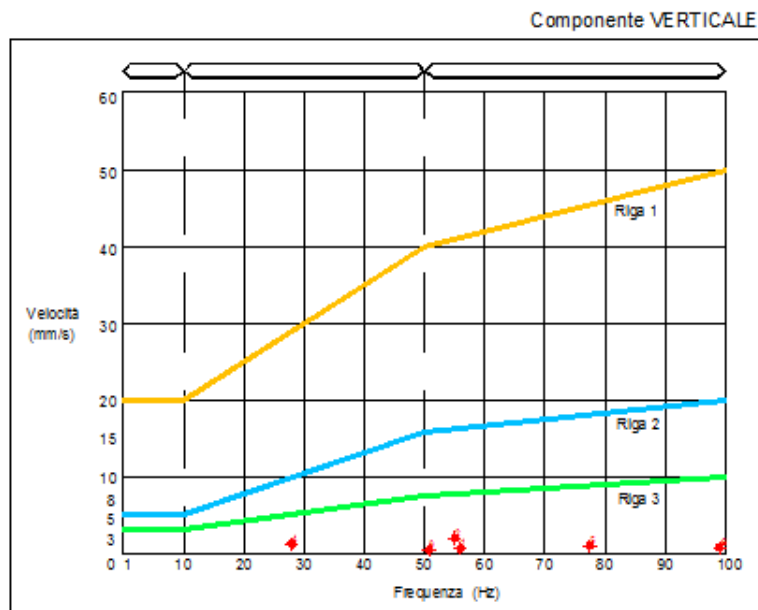
Di seguito vengono indicate in senso qualitativo le posizioni delle registrazioni delle vibrazioni del terreno in senso radiale, trasversale e verticale.

Componente RADIALE



Componente TRASVERSALE





### Valutazione delle vibrazioni prodotte in fase di esercizio

Va detto che la produzione di vibrazioni non è funzione primaria del materiale rotabile, ma dipende in maniera predominante dal sistema di armamento adottato e che il valore istantaneo massimo di eccitazione e la lunghezza del convoglio (e quindi il numero di carrozze o comunque più in generale dalla sua composizione) non hanno alcuna influenza sul valore rilevato, così come il numero dei tram che transitano nel periodo diurno e notturno.

Conseguentemente, l'analisi delle emissioni di vibrazioni va fatta con riferimento al sistema di trasporto nel suo assieme, con ciò intendendo sia il materiale rotabile, sia l'armamento, sia la sottostruttura dello stesso.

L'origine fisica del fenomeno è la stessa che causa l'emissione primaria di rumore, ed in particolare il sistema "ruota-rotaia", ovvero piccole imperfezioni superficiali che causano improvvise variazioni delle forze di contatto, che a loro volta causano il moto vibratorio della rotaia stessa.

L'eccitazione avviene principalmente in senso verticale, ma nel corso della propagazione nel terreno e dell'interazione con gli edifici possono svilupparsi componenti di movimento anche in senso orizzontale.

Tuttavia, data la bassa velocità, i tram tipicamente non danno luogo ad importanti emissioni di vibrazioni a frequenze inferiori ai 20 Hz, ovvero alle frequenze dove la sensibilità umana è maggiore e questo spiega il fatto per cui le linee tranviarie insistono sovente a brevissima distanza da edifici.

A titolo esemplificativo, una rappresentazione teorica delle accelerazioni indotte dal transito di un rotabile su un sistema di armamento a rotaie con attacchi puntiformi equi distanziati (con o senza traversine) è possibile facendo impiego del modello matematico di Krylov.

Il progetto prevede l'utilizzo di una tipologia di armamento L3 in corrispondenza di tutte le aree su cui insistono edifici o monumenti sottoposti a vincolo di tutela.

Al fine di valutare in via previsionale i livelli delle vibrazioni su punti scelti a campione sul tracciato della tranvia a farsi di Bologna (Linea Verde tratto nord), si è fatto impiego della formulazione analitica descritta sopra descritta.

Viene quindi calcolato, applicando la curva di ponderazione in frequenza ( $W_m$ ) di cui alla ISO 2631, il valore massimo di accelerazione previsto alla UNI 9614 nell'intervallo delle frequenze compreso tra 1 e 80 Hz.

## Conclusioni

Lo studio dell'impatto vibrazionale si è basato su una tecnica di quantificazione delle vibrazioni e della loro percezione da parte dell'uomo che deriva dall'applicazione delle norme tecniche italiane UNI 9614 (Valutazione del disturbo alle persone), nonché degli effetti delle vibrazioni su manufatti edili che deriva dall'applicazione della UNI 9916 (Valutazione del danno alle strutture edilizie).

Le norme identificano quattro soglie per la valutazione del discomfort in ambienti di vita e due per i danni di soglia ai manufatti edili nel caso di specie:

- 66 dB (limite di accettabilità per il disturbo in ospedali e affini);
- 71 dB (limite di accettabilità per il disturbo in asili e case di cura);
- 71 dB (limite di accettabilità per il disturbo in edifici residenziali, periodo notturno);
- 75 dB (limite di accettabilità per il disturbo in edifici residenziali, periodo diurno festivo);

- 75 dB (limite di accettabilità per il disturbo in scuole di ogni ordine e grado);
- 77 dB (limite di accettabilità per il disturbo in edifici residenziali, periodo diurno);
- 105 dB (valore corrispondente ad una velocità di vibrazione pari a 5 mm/s, valore minimo per l'instaurarsi di danni architettonici in edifici residenziali e costruzioni simili);
- 99 dB (valore corrispondente ad una velocità di vibrazione pari a 2,5 mm/s, valore minimo per l'instaurarsi di danni architettonici in strutture degne di essere tutelate).

La valutazione dello stato di fatto è stata effettuata mediante un rilievo con velocimetro, in una postazione posizionata lungo il tracciato della linea, da cui non sono stati rilevati livelli di vibrazioni significativi, grazie sia alla sostanziale assenza di significative sorgenti di vibrazioni ed alla natura poco propagativa delle pavimentazioni siano esse in pietra o asfalto, dotate di un cassonetto in materiale granulare compattato caratterizzato da ottime capacità di smorzamento delle vibrazioni.

Si è poi proceduto ad analizzare i livelli di vibrazione previsionali con l'ausilio di dati di letteratura tecnica ovvero campagne di rilievo sperimentale da cui è stato possibile definire uno spettro tipico di emissione dei convogli tranviari, che dà luogo, su armamento non antivibrante, ad un livello di emissione del singolo binario pari a 73,5 dB a 5m di distanza dall'asse.

Si è valutato che tale livello di emissione potesse essere causa di problemi in caso di recettori posti a breve distanza dalla linea, per cui è stata valutata, mediante modellazione matematica semplificata (vedi formula di Dong-Soo Kim, Jin-Sun Lee – "Propagation and attenuation characteristics of various ground vibrations" -Soil Dynamics and Earthquake Engineering 19 (2000) 115–126), partendo dallo spettro di riferimento, l'attenuazione ottenibile mediante il sistema di armamento antivibrante, previsto in punti sensibili della linea aggiungendo l'attenuazione dovuta alla distanza dal binario, quindi dalla dissipazione dovuta al terreno percorso.

Tali informazioni sono state riportate in grafici, che riportano la differenza dei due spettri, quello di riferimento e quello al recettore e dai quali si evince il rispetto dei valori limite proposti dalla normativa tecnica volontaria e nello specifico UNI 9916:2014 "Criteri di misura e valutazione degli

effetti delle vibrazioni sugli edifici” e la UNI 9614:2017 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”.

Per maggiore dettaglio si faccia riferimento alla documentazione prodotta per la procedura di Screening.

#### 4.4.3 APPROCCIO PROGETTUALE PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

Normalmente si utilizzano differenti livelli di approfondimento in relazione al livello di progettazione, per cui prima dell'esecuzione (Progetto Esecutivo) si potranno effettuare misurazioni in loco per verificare le scelte del Progetto Definitivo, definendo puntualmente i parametri di attenuazione in ogni sezione del tracciato.

Le scelte delle tipologie di smorzamento sono state effettuate in questa fase di Progetto Definitivo, per determinare i requisiti dei livelli di attenuazione sui binari, in riferimento alla distanza tra edifici e binari, alla funzione dell'edificio ed alla sua sensibilità.

L'analisi delle aree potenzialmente più critiche, in termini di vibrazioni, è infatti il fondamento dello studio delle tipologie di armamento da prevedere nelle diverse tratte interessate dall'intervento tramviario.

Qualsiasi edificio le cui fondamenta si trovino ad una distanza inferiore ai 12 metri dall'asse centrale del binario, richiederà delle speciali misure di attenuazione.

Poniamo che  $d_1$  sia definita come la distanza tra l'edificio di destra e l'asse del binario di destra e  $d_2$  sia definita come la distanza tra l'edificio di sinistra e l'asse del binario di sinistra;  $d_{min}$  risulterà essere la distanza inferiore tra  $d_1$  e  $d_2$ . Secondo tale criterio, il tipo di smorzamento acustico del binario sarà stabilito tenendo anche in considerazione l'ambiente e la posizione dell'area.

L'attenuazione del binario verrà predisposta seguendo le seguenti regole:

- $d_{min} > 12m$ : livello 0;
- $d_{min} > 12m$  ma in area sensibile: livello 2;
- $7 < d_{min} < 12m$ : livello 2;

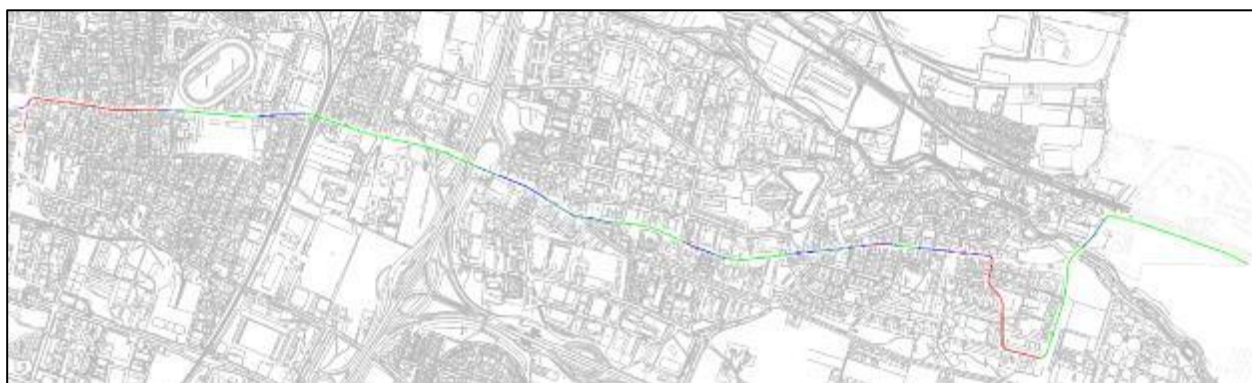
- $7 < d_{\min} < 12\text{m}$  ma in area sensibile: livello 3;
- $d_{\min} < 7\text{m}$ : livello 3;
- Centro storico: livello 3.

Con questi livelli sono state definite le relative sezioni dell'armamento.

Il progetto prevede, in riferimento proprio alla variabilità delle situazioni incontrate lungo il tracciato, l'utilizzo di tre tipologie di armamento:

-  Armamento tipo - L0
-  Armamento tipo - L2
-  Armamento tipo - L3

come si evince dal tracciato sottostante:



aventi caratteristiche di isolamento vibrazionale differenziate mediante l'inserimento di materassini elastomerici di spessore adeguato, come da schemi sottostanti:

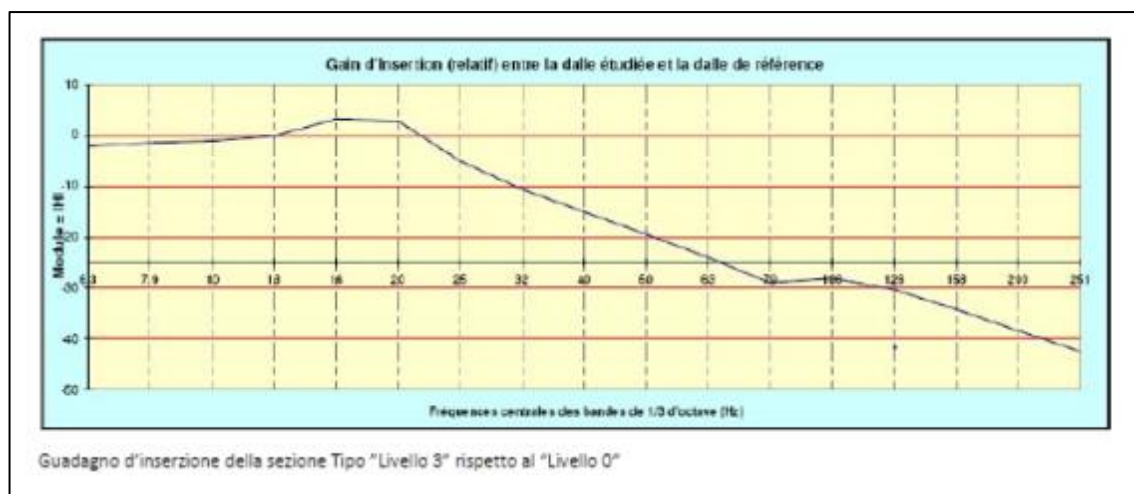
Armamento tipo – L0:



Armamento tipo – L2:



Armamento tipo – L3:



In generale, il progetto prevede l'utilizzo di una tipologia di armamento L3 in corrispondenza di tutte le aree su cui insistono edifici o monumenti sottoposti a vincolo di tutela.

Per un maggiore dettaglio si può fare riferimento agli elaborati progettuali specifici del "Progetto ferrotramviario".

## 4.5 ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

### 4.5.1 ACQUE SUPERFICIALI

L'area di studio rientra tra i 47 bacini idrografici individuabili sul territorio regionale, tributari del Fiume Po o del mare Adriatico, drenanti areali imbriferi di almeno 10 km<sup>2</sup>.

Di essi, 22 si immettono nel fiume Po e interessano essenzialmente le province di Piacenza, Parma, Reggio Emilia e Modena, mentre i restanti 25, riferibili sostanzialmente alle province di Bologna, Ferrara e alle province della Romagna, sfociano direttamente in Adriatico.

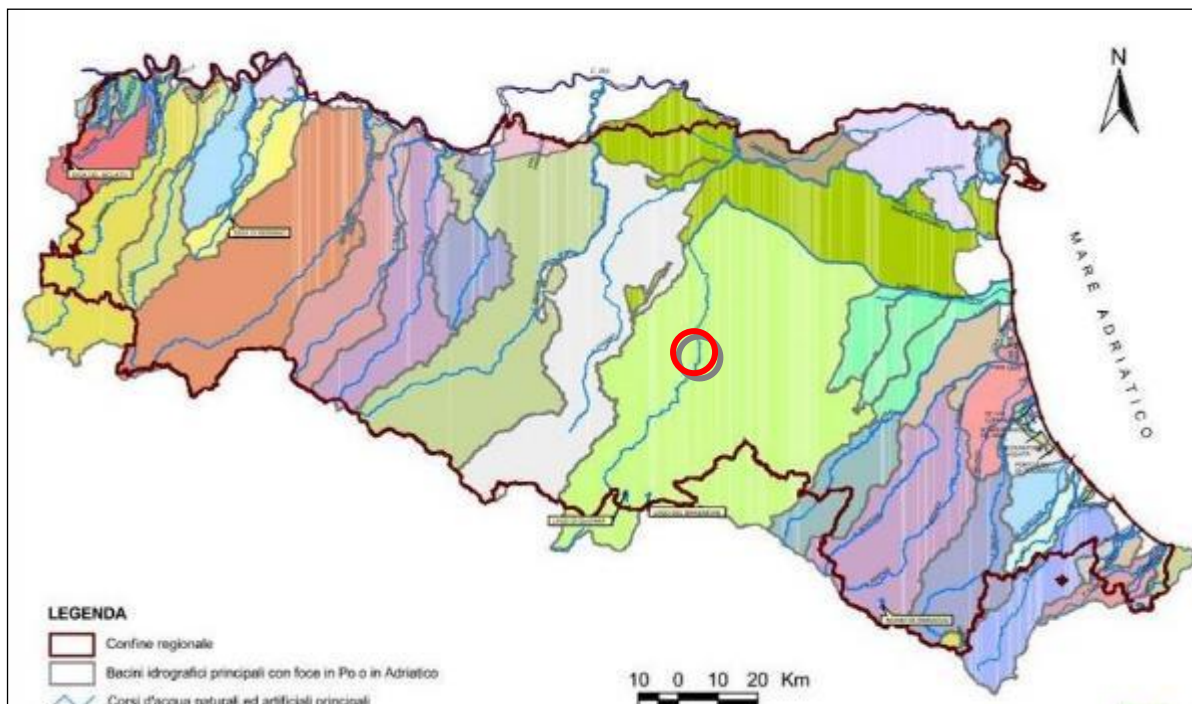


Figura 4-33 – PTA – Relazione Generale “Mappa dei Bacini idrografici dell’Emilia-Romagna”

#### 4.5.1.1 Inquadramento delle acque superficiali

La Direttiva Quadro per le Acque 2000/60/CE, recepita in Italia dal Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 recante “Norme in materia ambientali” ha come obiettivi la tutela e il miglioramento della qualità ambientale attraverso la progressione verso condizioni più soddisfacenti, la protezione degli ecosistemi acquatici e l’utilizzo accorto e razionale della risorsa idrica promuovendone un utilizzo sostenibile, prevenendone l’ulteriore deterioramento, proteggendo migliorando lo stato degli ecosistemi acquatici e delle zone umide associate.

Il Decreto Monitoraggio DM 260/10 individua due tipologie di monitoraggio con obiettivi differenti, Sorveglianza e Operativo, che prevedono attività e frequenze diverse, sessennale il primo e triennale il secondo.

La Direttiva Quadro 2000/60/CE è stata recepita in Italia con l'emanazione del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante "Norme in materia ambientale". Al D. Lgs. 152/2006 sono seguiti i relativi decreti attuativi, che per le acque superficiali fanno riferimento a:

Decreto Tipizzazione D.M. 131/2008 - Regolamento recante "i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione corpi idrici, analisi delle pressioni)";

Decreto Monitoraggio D.M. 56/2009 - Regolamento recante "i criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo";

Decreto Classificazione D.M. 260/2010 - Regolamento recante "i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo".

La normativa suddivide le acque superficiali nelle seguenti categorie: fluviali, lacustri, di transizione (acque interne) e marino costiere. L'unità base di valutazione dello stato della risorsa idrica, secondo quanto previsto dalla Direttiva, è il "corpo idrico", cioè un elemento di acqua superficiale appartenente ad una sola tipologia con caratteristiche omogenee relativamente allo stato e sottoposto alle medesime pressioni.

A partire da tale quadro di riferimento sono stati effettuati gli accorpamenti di corpi idrici e scelti i siti rappresentativi a definire la qualità dei corpi idrici.

L'obiettivo del monitoraggio è quello di stabilire un quadro generale coerente ed esauriente dello stato ecologico e dello stato chimico delle acque.

Lo "stato ecologico" è espressione della qualità della struttura e del funzionamento degli ecosistemi acquatici associati alle acque superficiali.

Alla sua definizione concorrono:

- elementi biologici (macrobenthos, fitobenthos, macrofite e fauna ittica);
- elementi idromorfologici, a sostegno degli elementi biologici;
- elementi fisico-chimici e chimici, a sostegno degli elementi biologici.

Per la definizione dello “stato chimico” è stata predisposta a livello comunitario una lista di 33 (+8) sostanze pericolose inquinanti indicate come prioritarie con i relativi Standard di Qualità Ambientale (SQA).

Il nuovo sistema di monitoraggio pianificato ai sensi della direttiva è stato approvato con Delibera di Giunta Regione Emilia-Romagna n. 350/2010 e costituisce parte integrante del Piano di Gestione 2010-2015. La metodologia applicata per le acque superficiali fluviali ha condotto all’individuazione, sul territorio regionale, di 18 tipi di aste naturali e di 4 tipi di aste artificiali.

Il monitoraggio, in funzione delle sue diverse finalità, si distingue in:

- **monitoraggio di sorveglianza** con frequenza minima sessennale e su tutti gli elementi di qualità, per quei corpi idrici “probabilmente a rischio” o “non a rischio” di raggiungere gli obiettivi ambientali previsti dalla normativa al 2015;
- **monitoraggio operativo** con frequenza minima triennale e sugli elementi di qualità più sensibili alle pressioni individuate, per quei corpi idrici “a rischio di non raggiungimento degli obiettivi ambientali”.

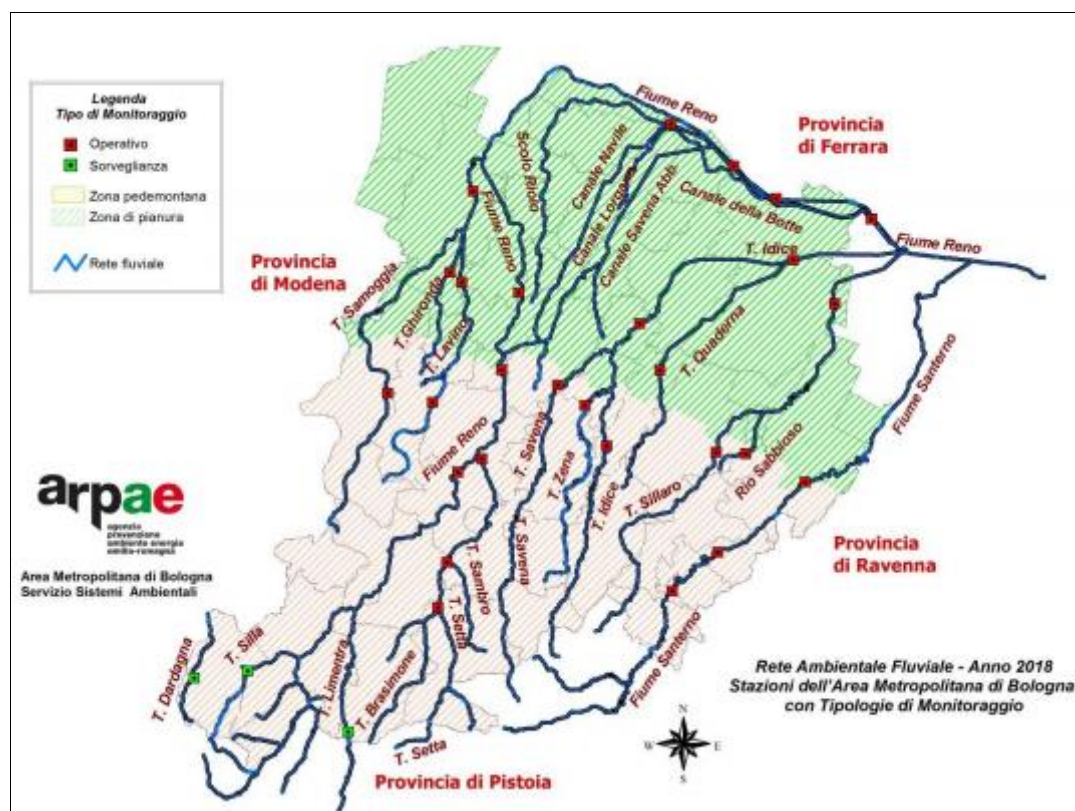
Nell’ambito dell’attuazione della Direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE è proseguito il monitoraggio sulle acque superficiali fluviali ricadenti nel territorio regionale dell’Emilia-Romagna, dopo la prima fase effettuata nel quadriennio 2010-2013.

I risultati del quadriennio 2010-2013 sono stati pubblicati sul DGR n. 1781/2015 e inseriti nel piano di gestione di Distretto idrografico 2015-2021. I risultati hanno permesso di stabilire un quadro conoscitivo dello stato dei corpi idrici della Regione Emilia-Romagna e a seguito di ciò la rete di monitoraggio è stata modificata e aggiornata in corrispondenza dell’avvio del nuovo ciclo di monitoraggio sessennale 2014-2019, che costituirà il quadro conoscitivo ufficiale del prossimo Piano di gestione 2021-2027.

In Emilia-Romagna il monitoraggio sessennale è suddiviso in due cicli triennali e per il sessennio 2014-2019 i due cicli sono: 2014-2016 e 2017-2019.

I risultati di tali monitoraggi sono attualmente esplicitati in tre report, uno contenente i risultati del biennio 2014-2016 (*“Acque superficiali fluviali – Area Metropolitana di Bologna - Report 2014-*

In particolare, all'interno di tali documenti vengono descritti i corpi idrici fluviali tramite la definizione dei relativi stati chimici ed ecologici, con approfondimento sui nutrienti, sugli indicatori di inquinamento antropico e sui fitofarmaci rilevati durante l'anno di monitoraggio.



*Figura 4-34 – Relazione monitoraggio acque superficiali fluviali 2018 “Rete ambientale fluviale – Anno 2018 Stazioni dell’Area Metropolitana di Bologna con tipologie di monitoraggio”*

La seguente analisi offre, rispetto alla relazione sul monitoraggio delle acque superficiali fluviali, un approfondimento circa la qualità delle medesime, da parte della Città Metropolitana di Bologna.

Nell'Area Metropolitana di Bologna nel 2018 sono state monitorate n. 31 stazioni di prelievo, tutte ricadenti nel Bacino Reno ad eccezione della stazione sul Torrente Dardagna che invece si colloca nel Bacino Panaro.

Bologna è la provincia dell'Emilia-Romagna che gestisce un bacino idrografico ampio costituito dall'asta principale Reno, con affluenti di primo, secondo e terzo ordine, che non confluisce in Po.

Le stazioni sottoposte a monitoraggio di Sorveglianza sono 3, tutte le altre 28 invece sono state sottoposte a monitoraggio Operativo.

Per tutte le stazioni è previsto un profilo analitico di base che è stato implementato e integrato di volta in volta a seconda della tipologia di pressioni e impatti presenti sul corpo idrico.

I profili analitici di base e addizionali sono stati indicati nell'allegato 4 della Delibera Giunta Regione Emilia-Romagna n. 350/2010 e implementati o modificati negli anni di monitoraggio.

Di seguito si riporta l'elenco delle stazioni dell'Area Metropolitana di Bologna e i profili analitici chimici alle quali sono state sottoposte durante l'anno 2018.

Non risultano stazioni di monitoraggio direttamente interferenti con il tracciato in oggetto, pertanto nella tabella che segue sono evidenziati in grassetto i punti di rilievo prossimali.

Caratteri	COD RER	Asta	Toponimo	Tipo di monito raggio	Anno di Monitoraggio	Prof. analitico	Prot. Fitof.	Monit. Bio	Freq. Chimismo
10 SS 2 N-*	01220 400	T. Dardagna	In uscita dal parco del Corno alle Scale	S.	2014	1		si	4
10 SS 2 N-*	06000 150	F. Reno	Ponte della Venturina <sup>1</sup>	S.	2014	1		si	4
10 SS 2 N-*	06006 00	T. Silla	Mulino di Gaggio (località Panigale)	S.	2014	1		si	4

Caratteri	COD RER	Asta	Toponimo	Tipo di monito raggio	Anno di Monitoraggio	Prof. analitico	Prot. Fitof.	Monit. Bio	Freq. Chimismo
10 SS 2 N-*	06000 700	T. Limentra di Treppio	A monte Bacino Suviana (Molino dei Sassi)	S.	2015	1		si	4
10 SS 3 N-*	06001 100	F. Reno	Vergato (America - Europa)	S.	2014	1		si	4
10 SS 3 N-R-fm	06001 200	F. Reno	Lama di Reno	O.	2014-16	1+2	x	si	4
10 SS 1 N-*	06001 300	T. Setta	Ponte Cipolli	S.	2014	1		si	4
10 SS 2 N-*	06001 700	T. Brasimone	Chiusura bacino Brasimone1	O.	2015-16	1		si	4
10 SS 3 N-*	06001 800	T.Setta	Molino Cattani – Rioveggio1	O.	2015-16	1		si	4
10 SS 3 N-*	06002 000	T.Setta	Sasso Marconi - Ponte Giordani	S.	2014	1+2	x	si	8
6 SS 4 D-10-P-fm	06002 100	F. Reno	Casalecchio chiusura bacino montano	O.	2014-16	1+2	x	si	8
6 SS 4 D-10-R	06002 150	F. Reno	Vicinanze Via Bagno 7 - Golena San Vitale1	O.	2014-16	1+2	x	Sub DIA	8
10 IN 8 N-*	06002 200	T. Samoggia	A monte di Savigno	S.	2016	1		si	4
6 IN 8 F-10-P	06002 300	T. Samoggia	A monte Torrente Ghiaia (Località Stiore)	O.	2014-16	1		si	4

Caratteri	COD RER	Asta	Toponimo	Tipo di monito raggio	Anno di Monitoraggio	Prof. analitico	Prot. Fitof.	Monit. Bio	Freq. Chimismo
10 IN 7 N-*	06002 400	T. Lavino	A valle di Monte Pastore	S.	2016	1		si	4
10 IN 7 N-P	06002 430	T. Lavino	Gorizia di Calderino1	O.	2015-16	1+2	x	si	8
6 IN 7 F-10-P-fm	06002 460	T. Lavino	Sacerno	O.	2014-16	1+2	x		8
6 IN 7 N-R-fm	06002 480	T. Ghironda	Ponte Via Alvisi a valle di Anzola1	O.	2015-16	1+2	x		8
6 IN 7 D-10-R-fm	06002 500	T. Samoggia	Ponte Loreto via Carline	O.	2014-16	1+2+3	x		8
6IA1-R	06002 700	Canale Navile	Malalbergo chiusura bacino	O.	2014-16	1+2+3	x		8
6IA2-R	06002 800	C. le Savena Abbandonato	Gandazzolo chiusura bacino	O.	2014-16	1+2	x		8
6 SS 4 D-10-R-fm	06002 900	F. Reno	Ponte località Traghetto	O.	2014-16	1+2	x	Sub DIA	8
6IA3-R	06003 000	Scolo Riolo - Canal Botte	Chiavica Beccara Nuova	O.	2014-16	1+2	x		8
6IA3-R	06003 100	C.le Lorgana	Argenta centrale di Saiarino	O.	2014-16	1+2	x		8
6 SS 3 F-10-R	06003 200	T. Idice	Mercatale	O.	2014-16	1+2	x	si	8
6 IN 7 F-10-R	06003 250	T. Zena	Farneto - Val di Zena	O.	2014-16	1+2	x	Sub DIA	8
10 SS 3 N-P	06003 450	T. Savena	Via Bosi - Torrente Savena	O.	2014-16	1+2	x	si	8
6 SS 4 F-10-R	06003 530	T. Idice	Fiesso – Castenaso	O.	2014-16	1+2	x		8

Caratteri	COD RER	Asta	Toponimo	Tipo di monito raggio	Anno di Monitoraggio	Prof. analitico	Prot. Fitof.	Monit. Bio	Freq. Chimismo
6 IN 7 D-10-R	06003 560	T. Quaderna	Ponte Via Stradelli Guelfi	O.	2014-16	1+2	x		8
6 SS 4 F-10-R-fm	06003 600	T. Idice	Sant'Antoni o chiusura bacino	O.	2014-16	1+2+3	x		8
10 SS 2 N-*	06003 900	T. Sillaro	San Clemente	S.	2016	1		si	4
6 IN 7 D-10-P	06003 930	T. Sillaro	Castel San Pietro	O.	2014-16	1+2	x	si	8
6 IN 7 N-R	06003 960	R. Sabbioso	Ponte Via Poggiaccio 1	O.	2015-16	1+2	x	si	8
6 IN 7 D-10-R-fm	06004 000	T. Sillaro	Porto Novo chiusura bacino	O.	2014-16	1+2+3	x		8
10 SS 3 N-P	06004 230	F. Santerno	Carseggio – Casalfiumanese 1	O.	2014-16	1		si	4
10 SS 3 N-R	06004 450	F. Santerno	Parco lungo fiume Borgo Tossignano 1	O.	2015-16	1+2	x	si	4
6 SS 3 F-10-R-fm	06004 550	F. Santerno	Imola Autodromo 1	O.	2015-16	1+2	x	Sub DIA	8

Tabella 4-19 – Stazioni Rete Monitoraggio Ambientale Regionale dell'Area Metropolitana di Bologna con profili analitici – Anno 2018.

Il profilo analitico di base prevede, oltre ai parametri chimico-fisici quali nutrienti, alcalinità salinità e temperatura anche i metalli pesanti. I profili analitici addizionali contengono Fitofarmaci, sostanze Organoalogenate, IPA, Diossine e Furani, Composti Organici Aromatici, Nitrobenzeni, Cloro Benzeni e PCB. Di seguito l'elenco delle sostanze monitorate per profilo analitico.

Parametro	u.m.	Parametro	u.m.
Temperatura Aria	°C	Azoto Nitrico (N)	mg/l

Parametro	u.m.	Parametro	u.m.
Temperatura Acqua	°C	Azoto Totale	N mg/l
pH	unità di pH	Ortofosfato	P mg/l
Conducibilità	µS/cm a 20° C	Fosforo Totale	P mg/l
Alcalinità	Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> mg/l	Cloruri	Cl mg/l
Solidi sospesi	mg/l	Solfati	SO <sub>4</sub> mg/l
Ossigeno Disciolto	O <sub>2</sub> mg/l	Calcio	mg/l
Ossigeno Alla Saturazione	%	Magnesio	mg/l
BOD <sub>5</sub>	O <sub>2</sub> mg/l	Sodio	mg/l
COD	O <sub>2</sub> mg/l	Potassio	mg/l
Azoto ammoniacale (N)	mg/l	Escherichia coli	UFC/100 ml

Tabella 4-20 – Acque superficiali - Profilo 1 Base

Parametro	u.m.	Parametro	u.m.
Durezza	CaCO <sub>3</sub> mg/l	1,3 Diclorobenzene	µg/l
Arsenico	As µg/l	1,4 Diclorobenzene	µg/l
Boro	µg/l	1,2,3 Triclorobenzene	µg/l
Cadmio	Cd µg/l	1,2,4 Triclorobenzene	µg/l
Cromo totale	Cr µg/l	1,3,5 Triclorobenzene	µg/l
Mercurio	Hg µg/l	Toluene	µg/l
Nichel	Ni µg/l	2-Clorotoluene	µg/l
Piombo	Pb µg/l	3-Clorotoluene	µg/l
Rame	Cu µg/l	4-CloroToluene	µg/l
Zinco	Zn µg/l	O-Xilene	µg/l
Diclorometano	µg/l	M,P-Xileni	µg/l
Triclorometano	µg/l	Ftalato di bis(2-etilesile) (DEHP)	µg/l
Tetracloruro di carbonio (tetraclorometano)	µg/l	Antracene	µg/l
1,1,2 tricloroetilene	µg/l	Benzo a pirene	µg/l
1,1,2,2 Tetracloroetilene (percloroetilene)	µg/l	Benzo b fluorantene	µg/l
1,2 Dicloroetano	µg/l	Benzo k fluorantene	µg/l
1,1,1 Tricloroetano	µg/l	Benzo ghi perilene	µg/l
Esaclorobutadiene	µg/l	Fluorantene	µg/l
Benzene	µg/l	Indeno 123 cd pirene	µg/l
1,2 Diclorobenzene	µg/l		

Tabella 4-21 – Acque superficiali - Profilo 2 Metalli, organoalogenati, IPA

Parametro	u.m.	Parametro	u.m.
2,4 D (Acido 2,4 diclor)	µg/l	Linuron	µg/l
2,4 DP Diclorprop	µg/l	Mandipropamid	µg/l

Parametro	u.m.	Parametro	u.m.
Acetamiprid	µg/l	MCPA (Acido 2,4 MetilCl	µg/l
Acetoclor	µg/l	MCP	µg/l
Aclonifen	µg/l	Mepanipirim	µg/l
Atrazina	µg/l	Metalaxil	µg/l
Desetil Atrazina	µg/l	Metamitron	µg/l
Atrazina Desisopropil	µg/l	Metazaclor	µg/l
AZOXISTROBIN	µg/l	Metidation	µg/l
Bensulfuronmetile	µg/l	Metobromuron	µg/l
Bentazone	µg/l	Metolaclor	µg/l
Bifenazate	µg/l	Metossifenozone	µg/l
Boscalid	µg/l	Metribuzin	µg/l
Bupirimate	µg/l	Molinate	µg/l
Buprofezin	µg/l	Oxadiazon	µg/l
Carbofuran	µg/l	Paration etile	µg/l
Chlorpiryphos Etile	µg/l	Penconazolo	µg/l
Chlorpiryphos Metile	µg/l	Pendimetalin	µg/l
Cimoxanil	µg/l	Petoxamide	µg/l
Ciprodinil	µg/l	Piraclostrobin	µg/l
Cloranttrilipolo (DPX	µg/l	Pirazole (cloridazon-is	µg/l
Clorfeninfos	µg/l	Primetanol	µg/l
Clortoluron	µg/l	Pirimicarb	µg/l
Diazinone	µg/l	Procloraz	µg/l
Diclorvos	µg/l	Propaclor	µg/l
Difenoconazolo	µg/l	Propazina	µg/l
Dimetenamid-P	µg/l	Propiconazolo	µg/l
Dimetoato	µg/l	Propizamide	µg/l
Diuron	µg/l	Simazina	µg/l
Epoconazolo	µg/l	Spirotetrammato	µg/l
Etofosmate	µg/l	Spiroxamina	µg/l
Fenamidone	µg/l	Tebufozone	µg/l
Fenbuconazolo	µg/l	Terbutilazina	µg/l
Fenexamide	µg/l	Desetil terbutilazina	µg/l
Flufenacet	µg/l	Tetraconazolo	µg/l
Fosalone	µg/l	Tiacloprid	µg/l
Imidacloprid	µg/l	Tiametoxam	µg/l
Indoxacarb	µg/l	Tiobencarb	µg/l
Iprovalicarb	µg/l	Trifloxistrobin	µg/l
Isoproturon	µg/l	Triticonazolo	µg/l
Isoxafloato	µg/l	Zoxamide	µg/l
Kresoxim-metile	µg/l	Prodotti Fitosanitari E Biocidi Totale	µg/l
Lenacil	µg/l		

Tabella 4-22 – Acque superficiali - Profilo 2 Fitofarmaci

Parametro	u.m.	Parametro	u.m.
Cloroalcani C10-C13	µg/l	Difeniletere bromato Sommatoria congeneri	µg/l
T3BDE-28	µg/l	4-Nonilfenolo	µg/l
T4BDE-47	µg/l	Ottilfenolo	µg/l
P5BDE-99	µg/l	2,4-Diclorofenolo	µg/l
P5BDE-100	µg/l	2,4,5-Triclorofenolo	µg/l
H6BDE-153	µg/l	2,4,6-Triclorofenolo	µg/l
H6BDE-154	µg/l	Pentaclorofenolo	µg/l

Tabella 4-23 – Acque superficiali - Profilo 3 Microinquinanti

Di seguito si riporta la sintesi dei risultati ottenuti dal monitoraggio eseguito (anno 2018).

La valutazione dello stato trofico dei corsi d'acqua della provincia è stata effettuata con le regole contenute nel Decreto Ministeriale 8 novembre 2010, n. 260.

Il Decreto, al punto A.4.1.2, individua i criteri tecnici per la classificazione sulla base degli elementi di qualità fisico – chimica utilizzando i parametri: Ammoniacale, Nitrati, Fosforo totale (Nutrienti); Ossigeno disciolto (% di saturazione).

Sulla base delle concentrazioni di Azoto Ammoniacale, Azoto Nitrico, Fosforo Totale e Ossigeno Disciolto (100 - % di saturazione O<sub>2</sub>) viene derivato, dalla media tra i punteggi attribuiti ai singoli parametri secondo le soglie di concentrazione contenute nella Tab. 4.1.2/a del DM 260/10, un singolo descrittore che prende il nome di LIMeco (Livello di Inquinamento dai Macrodescrittori per lo Stato Ecologico, vedi figura che segue). Tale valore deriva dalla media dei singoli LIMeco dei vari campionamenti effettuati durante l'anno. Per il monitoraggio operativo il valore di LIMeco è dato dalla media dei valori ottenuti per ciascun anno di campionamento, mentre per il monitoraggio di sorveglianza si fa riferimento al valore di LIMeco ottenuto nell'anno di controllo.

		Livello 1	livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
	Punteggio*	1	0,5	0,25	0,125	0
Parametro						
100-O <sub>2</sub> % sat.	Soglie	10	20	40	80	>   80
N-NH <sub>4</sub> (MH/L)		<0,03	0,06	0,12	0,24	>0,24
N-NO <sub>3</sub> (MG/L)		<0,6	1,2	2,4	4,8	>4,8
Fosforo Totale (µg/l)		<50	100	200	400	>400

\* Punteggio da attribuire al singolo parametro

Figura 4-35 – DM 260/10 - Tab. 4.1.2/a - Soglie per l'assegnazione dei punteggi ai singoli parametri per ottenere il punteggio LIMeco

La classificazione prevede cinque livelli di valutazione, che dal migliore al peggiore sono: Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo, come indicato nella figura che segue.

Stato	LIM <sub>eco</sub>
Elevato	0,66
Buono	0,50
Sufficiente	0,33
Scarso	0,17
Cattivo	<0,17

Figura 4-36 – Classificazione di qualità secondo i valori di LIMeco

Il valore di LIMeco medio viene utilizzato per attribuire la classe di qualità del sito e assieme ai valori degli indici degli indicatori biologici contribuisce alla definizione dello Stato Ecologico.

Nei casi in cui il valore di LIMeco si collocasse nelle classi scarso o cattivo, lo Stato Ecologico del corpo idrico risultante dagli elementi di qualità biologica non viene declassato oltre la classe sufficiente.

Dall'esame dei singoli nutrienti che concorrono al valore dell'indice LIMeco, è possibile evidenziare come i parametri Azoto Ammoniacale, Nitrico, Fosforo Totale e Ossigeno alla Saturazione contribuiscono alla qualità dei corsi d'acqua oggetto di monitoraggio.

Nelle figure che seguono è riportata la distribuzione percentuale dei livelli di qualità per i 4 parametri che concorrono al calcolo del LIMeco per l'anno 2018.

## Andamento 2018

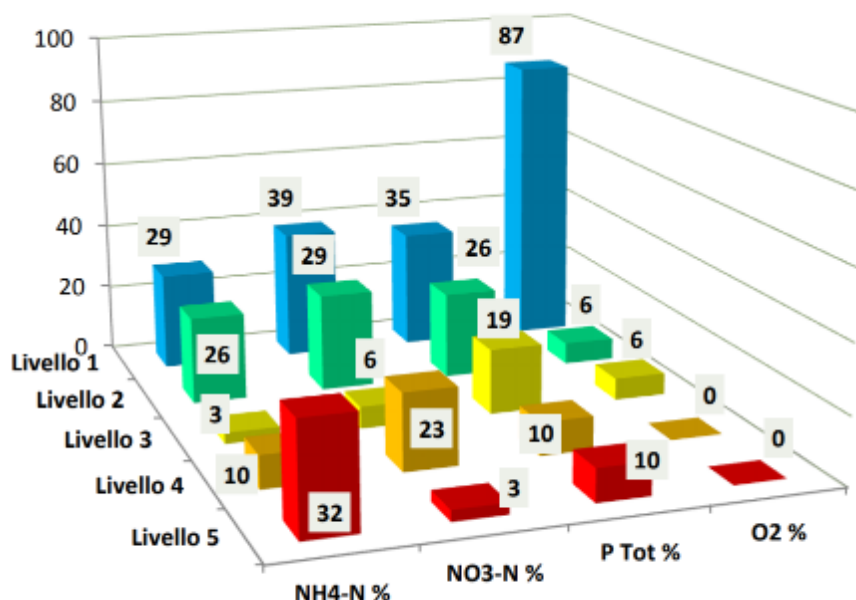


Figura 4-3738 – % stazioni Livelli di qualità Azoto Ammoniacale, Nitrico, Fosforo Totale e Ossigeno per LIMeco Anno 2018

La maggior parte delle stazioni monitorate nell'anno 2018 presenta dei valori dei 4 parametri in livello 1 e 2. Per Azoto ammoniacale e Fosforo totale le percentuali rilevanti di campioni in Livello 5 indicano inquinamento di origine antropica da attività agricole, zootecniche o da scarichi di origine civile.

La distribuzione dei livelli è legata al posizionamento geografico dei corpi idrici nella provincia. I livelli migliori 1 e 2 sono relativi ai corpi idrici montani e pedemontani, mentre i livelli più alti sono specifici dei corpi idrici di pianura. In merito ai parametri analizzati si rileva quanto segue:

per il parametro Azoto Ammoniacale, la media dell'anno 2018 mostra varie criticità nelle zone di pianura maggiormente antropizzate della Città Metropolitana di Bologna e una sostanziale differenza di qualità tra i corpi idrici del tratto pedemontano rispetto a quelli della zona di pianura, confermando il quadro che si era già delineato nel quadriennio 2010-2013 e nel triennio 2014-2016. Le soglie elevato e buono sono rispettate da tutti i corpi idrici nel tratto pedemontano, con

percentuali rispettivamente di 29 e 26 %. I corpi idrici situati in pianura, a valle della città di Bologna, registrano i valori peggiori in termini di azoto ammoniacale (Livello 4 e 5, somma percentuale 42%);

l'analisi dell'Azoto Nitrico, forma ossidata rispetto all'Ammoniacale, evidenzia una situazione nettamente migliore di quella che emerge dal parametro ammoniacale. Nell'anno 2018 solo in 1 stazione monitorata il parametro si attesta al livello di cattivo e la percentuale complessiva di qualità elevata e buona aumenta raggiungendo il 68 %. Si rileva come quasi tutti i corpi idrici delle zone montane e pedemontane rientrano nelle soglie del livello 1, il migliore, o del livello 2;

per il parametro Fosforo Totale, nel 2018 la situazione rispecchia quella già vista per gli altri parametri analizzati, i livelli migliori 1 e 2 vengono attribuiti alle stazioni in zone montane e pedemontane e dell'imolese (61%) Mentre i più bassi dal 3 al 5 sono caratteristici dei Corpi Idrici di pianura con percentuali del 19, 10 e 10 % rispettivamente per i livelli 3, 4 e 5. Nel caso del fiume Reno il passaggio dallo stato buono allo stato scarso avviene dalla stazione di Vicinanze Via Bagno 7 - Golenia San Vitale (Cod. RER 06002150) alla stazione di Ponte località Traghetto (Cod. RER 06002900).

Al fine di valutare lo Stato Chimico e dello Stato Ecologico dei corpi idrici sono state inoltre ricercate rispettivamente le sostanze dell'elenco delle priorità elencate nella Tabella 1/A – “Standard di qualità nella colonna d'acqua per le sostanze dell'elenco di priorità” dell'Allegato 1 del D.M. 260/10 e gli inquinanti specifici presenti nella Tabella 1/B dell'Allegato 1 del D.M. 260/10 allo Stato Ecologico. Per tutte le sostanze elencate in Tabella 1/A sono indicati lo Standard di Qualità Ambientale come Valore medio Annuo (SQA-MA) e come Concentrazione Massima Ammissibile (SQA-CMA), mentre per le sostanze elencate in Tabella 1/B sono indicati esclusivamente gli Standard di Qualità Ambientale come Valore medio Annuo (SQA-MA).

Nella maggior parte dei corpi idrici monitorati, sia di montagna che di pianura, le sostanze elencate nella Tabella 1/B dei Decreti non hanno evidenziato nel corso del 2018 dati anomali. Per la maggior parte delle stazioni i valori si sono attestati al di sotto dei limiti di quantificazione (LOQ) del metodo di analisi, i casi di superamento del limite di quantificazione sono stati comunque

riscontrati sempre nei corsi d'acqua di pianura e hanno riguardato i Fitofarmaci. Tutte le altre sostanze sono rimaste al di sotto degli LOQ e sporadicamente il parametro Arsenico ha superato di poco il LOQ. Per la maggior parte ai corpi idrici monitorati per gli elementi chimici a sostegno sono stati attribuiti gli stati Elevato o Buono e in sei stazioni quello Sufficiente a causa del superamento dell'SQA-MA per AMPA, Glifosate e Prodotti fitosanitari totali e in un caso Metalaclor. Per tutti i singoli pesticidi (inclusi i metaboliti) non presenti nella tabella 1/B viene imposto un valore di SQA-MA di 0,1 µg/l. Oltre agli standard di qualità stabiliti per i singoli pesticidi è fissato come Pesticidi Totali anche lo standard di qualità della somma dei pesticidi rilevati, inclusi metaboliti e prodotti di degradazione. L'SQA-MA per i pesticidi totali è pari a 1 µg/l e si abbassa a 0.5 µg/l se la risorsa idrica è destinata ad uso potabile.

Il monitoraggio prevede inoltre un approfondimento in merito alla verifica di diffusione dei fitofarmaci nelle acque superficiali dell'Area Metropolitana di Bologna, prendendo in esame le concentrazioni medie annue delle singole sostanze rilevate e/o la loro somma totale.

Nell'anno 2018, le sostanze attive analizzate sono in tutto 93, con limiti di quantificazione - LOQ - pari a 0,01 µg/l, 0,02 µg/l e 0,05 µg/l in funzione della sostanza esaminata.<sup>8</sup> Il protocollo fitofarmaci è stato applicato su 171 campioni effettuati, con un riscontro positivo in 94 campioni pari al 54% (2017 - 57 %, triennio 2014-16 - 52%). Sono state monitorate in tutto 24 stazioni e solamente in 7 punti di campionamento i pesticidi sono risultati negativi (< LOQ). Delle 93 sostanze ricercate ne sono state individuate in totale 38. Le stazioni a cui è stato applicato il monitoraggio sono collocate per la maggior parte nella zona di pianura dell'Area metropolitana, il protocollo viene applicato anche a tutte le chiusure di bacino presenti. Nei campioni risultati positivi si è evidenziata la presenza di singole sostanze o di miscele (co-presenza di 2 o più sostanze nello stesso campione). Un totale di 21 (25 nel 2017) campioni ha evidenziato la presenza di sostanza singola maggiore del limite di quantificazione (LOQ), mentre i restanti 73 su 171 sono risultati positivi a miscele con un minimo di 2 sostanze presenti in contemporanea ed un massimo di 19 sostanze con concentrazione maggiore del LOQ.

I livelli variano da concentrazioni inferiori all'0.1 µg/l a concentrazioni maggiori di 1 µg/l (SQA-MA Fitofarmaci totali). La maggior parte delle stazioni si attesta su valori al di sotto degli 0.1 µg/l e solo in 1 caso c'è stato il superamento della concentrazione media annua per i Fitofarmaci Totali pari a 1 µg/l.

Le sostanze più rinvenute nei campioni del 2018, sia come singolo parametro, che come componente di una miscela di sostanze sono gli Erbicidici: Metalaclor, Terbutilazina, Terbutilazinadesetil e Pirazone, anche se l'Insetticida Imidacloprid risulta essere la sostanza presente in più dell'85 % dei campioni risultati positivi. Nella classifica di rilevamento sono presenti anche fungicidi.

La sintesi dello stato ecologico provvisorio dei corpi idrici fluviali dell'Area metropolitana di Bologna relativo all'anno 2018, utile ai fini della classificazione per il triennio 2017-2019, è elencata nella tabella di seguito. I risultati, come pure gli stati, sono provvisori e passibili di modifiche nell'ambito della valutazione finale triennale.

Codice	Asta	Toponimo	Programma	Elementi chimici supporto 2018		Elementi Biologici EQR Medio 2018						STATO ECOLOGICO PROVVISORIO PARZIALE 2018
				LIMeco	GIUDIZIO TAB. 1 B	n° liste MB	Macrobenthos STAR_ICMI	n° liste DB	Diatomee ICMI	n° liste MF	Macrofite IBMR	
01220400	T. DARDAGNA	In uscita dal parco del Corno alle Scale	Sorveglianza	1.00		6	0.897	2	1.041	2	1.02	BUONO
06000600	T. SILLA	Mulino di Gaggio (Località Panigale)	Sorveglianza	1.00		4	0.974	2	0.840	2	1.02	ELEVATO*
06000700	T. LIMENTRA DI TREPPIO	A monte Bacino Suviana (Molino dei Sassi)	Sorveglianza	1.00		2	0.967	1	0.955	2	0.93	BUONO
06001200	F. RENO	Lama di Reno	Operativo	0.79	ELEVATO	2	0.585	1	0.818			SUFFICIENTE
06001700	T. BRASIMONE	Chiusura bacino Brasimone	Operativo	0.88								
06001800	T. SETTA	Molino Cattani - Rioveggio	Operativo	1.00								
06002000	T. SETTA	Sasso Marconi - Ponte Giordani	Operativo	1.00	ELEVATO							
06002100	F. RENO	Casalecchio chiusura bacino montano	Operativo	0.76	BUONO	2	0.479	1	1.309			SUFFICIENTE
06002150	F. RENO	Vicinanze Via Bagno 7 - Golena San Vitale	Operativo	0.80	ELEVATO							ELEVATO*
06002300	T. SAMOGGIA	A monte Torrente Ghiala (Località Stiore)	Operativo	0.61								
06002430	T. LAVINO	Gorizia di Calderino	Operativo	0.79	ELEVATO							
06002460	T. LAVINO	Sacerno	Operativo	0.53	BUONO			2	0.353			SCARSO
06002480	T. GHIRONDA	Ponte Via Alvisi a valle di Anzola	Operativo	0.35	BUONO							SUFFICIENTE
06002500	T. SAMOGGIA	Ponte Loreto via Carline	Operativo	0.26	SUFFICIENTE							SCARSO
06002700	CAN. NAVILE	Malalbergo chiusura bacino	Operativo	0.24	SUFFICIENTE							SCARSO
06002800	CAN. SAVENA ABBANDONATO	Gandazzolo chiusura bacino	Operativo	0.22	BUONO							SCARSO
06002900	F. RENO	Ponte località Tragheto	Operativo	0.37	ELEVATO			2	0.863			SUFFICIENTE
06003000	SC. RIOLO - CAN. BOTTE	Chiavica Beccara Nuova	Operativo	0.39	SUFFICIENTE							SUFFICIENTE
06003100	CAN. LORGANA	Argenta centrale di Saarino	Operativo	0.34	SUFFICIENTE							SUFFICIENTE
06003200	T. IDICE	Mercatale	Operativo	0.72	ELEVATO	2	0.449	1	0.909	2	1.05	SCARSO
06003250	T. ZENA	Farneto - Val di Zena	Operativo	0.78	ELEVATO							ELEVATO*
06003450	T. SAVENA	Via Bosi - Torrente Savena	Operativo	0.70	ELEVATO							ELEVATO*
06003530	T. IDICE	Fiesse - Castenaso	Operativo	0.51	BUONO							BUONO*
06003560	T. QUADERNA	Ponte Via Stradelli Guelfi	Operativo	0.58	BUONO							BUONO*
06003600	T. IDICE	Sant'Antonio chiusura bacino	Operativo	0.39	SUFFICIENTE			4	0.874			SUFFICIENTE
06003930	T. SILLARO	Castel San Pietro	Operativo	0.86	ELEVATO							
06003960	R. SABBIOSO	Ponte Via Poggiaccio	Operativo	0.67	ELEVATO							ELEVATO*
06004000	T. SILLARO	Porto Novo chiusura bacino	Operativo	0.36	SUFFICIENTE							SUFFICIENTE
06004230	F. SANTERNO	Carseggio - Casalfiumanese	Operativo	1.00		4	0.539	2	0.927	2	0.84	SUFFICIENTE
06004450	F. SANTERNO	Parco lungo fiume Borgo Tossignano	Operativo	0.94	ELEVATO	4	0.596	2	0.995	2	0.82	SUFFICIENTE
06004550	F. SANTERNO	Imola Autodromo	Operativo	0.84	ELEVATO			3	0.649			SUFFICIENTE

Tabella 4-24 – Stato Ecologico Provvisorio Anno 2018.

Per quanto riguarda lo stato chimico provvisorio sono da segnalare presenze di Nichel al di sopra del LOQ soprattutto nei corpi idrici di pianura. In due casi il valore del Nichel biodisponibile ha superato l'SQA-MA stabilito in Tab 1/A D. Lgs. 172/15. Negli stessi corpi idrici sono presenti, al di sopra dell'LOQ, il Difeniletere bromurato espresso come sommatoria dei congeneri 28, 47, 99, 100, 153 e 154) e il 4-Nonilfenolo. Per questi ultimi parametri sopracitati tutte le medie annuali e le concentrazioni massime per campione sono risultate al di sotto dei rispettivi SQA.

Codice	Asta	Toponimo	Programma	Profilo analitico	GIUDIZIO	Parametri > SQA-MA	Parametri Superamento Media Annuale-LOQ
06001200	F. RENO	Lama di Reno	Operativo	1+2	BUONO		
06002000	T. SETTA	Sasso Marconi - Ponte Giordani	Operativo	1+2	BUONO		
06002100	F. RENO	Casalecchio chiusura bacino montano	Operativo	1+2	BUONO		Nichel
06002150	F. RENO	Vicinanze Via Bagno 7 - Golea San Vitale	Operativo	1+2	BUONO		Nichel
06002430	T. LAVINO	Gorizia di Calderino	Operativo	1+2	BUONO		Nichel
06002460	T. LAVINO	Sacerno	Operativo	1+2	BUONO		Nichel
06002480	T. GHIRONDA	Ponte Via Alvisi a valle di Anzola	Operativo	1+2	BUONO		Nichel
06002500	T. SAMOGGIA	Ponte Loreto via Carline	Operativo	1+2+3	NON BUONO	Nichel biotidis	4-Nonilfenolo, Difenileteri bromurati Sommatoria congeneri, Nichel
06002700	CAN. NAVILE	Malalbergo chiusura bacino	Operativo	1+2+3	(NON BUONO)*		4-Nonilfenolo, Difenileteri bromurati Sommatoria congeneri, Nichel, Ottilfenolo
06002800	CAN. SAVENA ABBRANDONATO	Gandazzolo chiusura bacino	Operativo	1+2	NON BUONO	Nichel biotidis	Nichel
06002900	F. RENO	Ponte località Traghetto	Operativo	1+2	BUONO		Nichel
06003000	SC. RIOLO – CAN. BOTTE	Chiavica Beccara Nuova	Operativo	1+2	BUONO		Diclorometano, Nichel
06003100	CAN. LORGANA	Argenta centrale di Salarino	Operativo	1+2	BUONO		Nichel
06003200	T. IDICE	Mercatale	Operativo	1+2	BUONO		Nichel
06003250	T. ZENA	Farneto - Val di Zena	Operativo	1+2	BUONO		Nichel
06003450	T. SAVENA	Via Bosi - Torrente Savena	Operativo	1+2	BUONO		Nichel
06003530	T. IDICE	Flesso - Castenaso	Operativo	1+2	BUONO		Nichel
							Sommatoria congeneri, nichel
06003930	T. SILLARO	Castel San Pietro	Operativo	1+2	BUONO		Nichel
06003960	R. SABBIOSE	Ponte Via Poggiaccio	Operativo	1+2	BUONO		
06004000	T. SILLARO	Porto Novo chiusura bacino	Operativo	1+2+3	BUONO		Nichel
06004450	F. SANTERNO	Parco lungo fiume Borgo Tossignano	Operativo	1+2	BUONO		
06004550	F. SANTERNO	Imola Autodromo	Operativo	1+2	BUONO		Nichel

Tabella 4-25 – Stato Chimico Provvisorio Anno 2018.

## 4.5.2 ACQUE SOTTERRANEE

### 4.5.2.1 Inquadramento delle acque sotterranee

Il D. Lgs. 152/2006 dà la seguente definizione di corpi idrici significativi: “Sono significativi gli accumuli d’acqua contenuti nel sottosuolo permeanti la matrice rocciosa, posti al di sotto del livello di saturazione permanente. Fra essi ricadono le falde freatiche e quelle profonde (in pressione o no) contenute in formazioni permeabili, e, in via subordinata, i corpi d’acqua intrappolati entro formazioni permeabili con bassa o nulla velocità di flusso. Le manifestazioni sorgentizie, concentrate o diffuse (anche subacquee) si considerano appartenenti a tale gruppo di

*acque in quanto affioramenti della circolazione idrica sotterranea. Non sono significativi gli orizzonti saturi di modesta estensione e continuità all'interno o sulla superficie di una litozona poco permeabile e di scarsa importanza idrogeologica e irrilevante significato ecologico".*

É sulla base delle caratteristiche geologiche, idrochimiche ed idrodinamiche che descrivono i complessi idrogeologici che è possibile attribuire ad alcuni di questi una valenza prioritaria e ad altri una valenza secondaria. Si parlerà quindi di "corpi idrici significativi prioritari" e "corpi idrici significativi di interesse".

I corpi idrici significativi prioritari ai fini del monitoraggio ambientale sono costituiti dai seguenti elementi:

- conoidi alluvionali appenniniche, suddivisibili in conoidi maggiori, intermedie e minori, nonché le conoidi pedemontane

I corpi idrici sotterranei significativi di interesse sono rappresentati da:

- depositi di piana alluvionale padana, riferibili al fiume Po;
- depositi di piana alluvionale appenninica.

Nel contesto ambientale dell'Emilia-Romagna tutta la pianura contiene corpi idrici sotterranei significativi e come tale è da monitorare, ma ai corpi stessi si riconosce diversa importanza gerarchica.

Gli approfondimenti relativi al modello concettuale dell'acquifero regionale hanno portato alla definizione dei corpi idrici significativi (complessi idrogeologici) il cui elenco è riportato nella Tabella che segue e la cui distribuzione in pianta è riportata nella figura che segue.

L'area oggetto di intervento si inserisce all'interno del complesso idrogeologico delle conoidi alluvionali appenniniche, tra le conoidi maggiori e intermedie.

CONOIDI ALLUVIONALI APPENNINICHE			
CONOIDI MAGGIORI	CONOIDI INTERMEDIE	CONOIDI MINORI	CONOIDI PEDEMONTANE
Trebbia	Tidone-Luretta	Chiavenna	Cartografate ma non distinte singolarmente
Nure	Arda	Stirone	
Taro	Samoggia	Crostolo-Trsinaro	
Parma Baganza	Savena Zena Idice	Tiepido	
Enza	Sillaro	Ghironda-Aposa	

CONOIDI ALLUVIONALI APPENNINICHE			
CONOIDI MAGGIORI	CONOIDI INTERMEDIE	CONOIDI MINORI	CONOIDI PEDEMONTANE
Secchia	Santerno	Quaderna	
Panaro	Senio	Sellustra	
Reno-Lavino	Lamone	Pisciatello	
Marecchia	Ronco Montone	Rubicone	
	Savio	Uso	
	Conca		
PANURA ALLUVIONALE APPENNINICA			
PIANURA ALLUVIONALE PADANA			

Tabella 4-26 – PTA Elenco dei corpi idrici sotterranei significativi

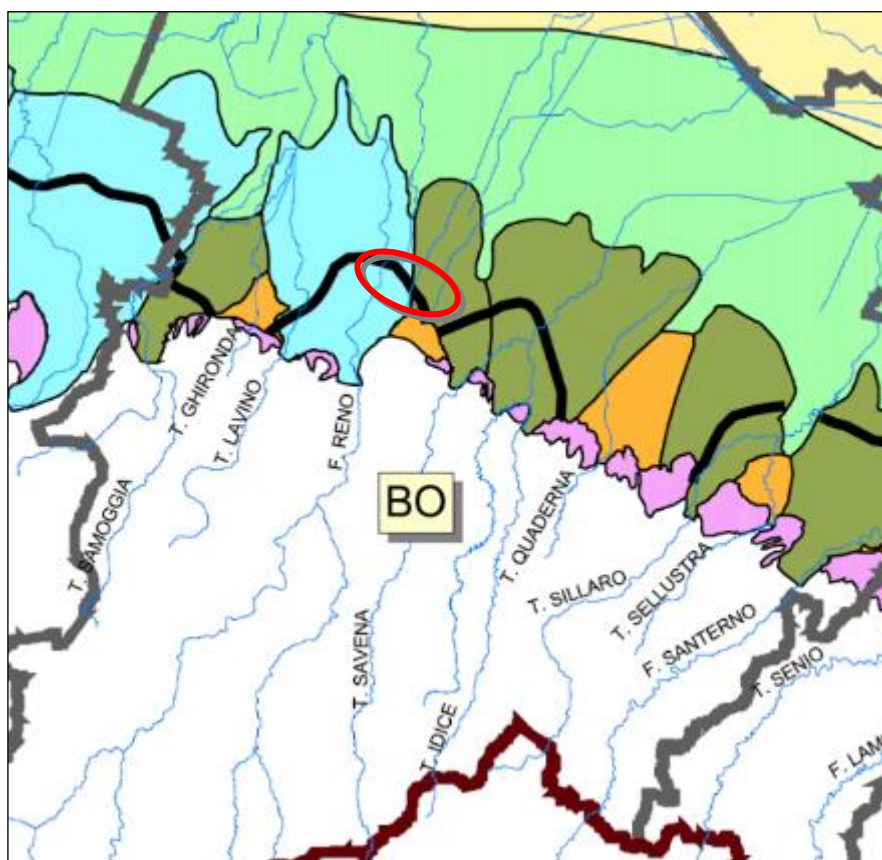
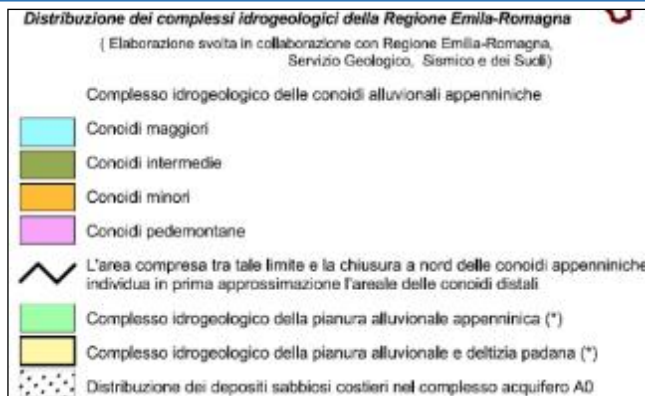


Figura 4-39 – PTA “Corpi idrici sotterranei significativi”



Il piano di tutela delle acque fornisce una classificazione delle zone di protezione, dividendole in 4 tipologie:

- **Settori di ricarica di tipo A:** aree caratterizzate da ricarica diretta della falda, generalmente a ridosso della pedecollina, idrogeologicamente identificabili come sistema monostrato, contenente una falda freatica in continuità con la superficie da cui riceve alimentazione per infiltrazione;
- **Settori di ricarica di tipo B:** Aree caratterizzate da ricarica indiretta della falda, generalmente comprese tra la zona A e la media pianura, idrogeologicamente identificabile come sistema debolmente compartimentato in cui alla falda freatica superficiale segue una falda semiconfinata in collegamento per drenanza verticale;
- **Settori di ricarica di tipo C:** bacini imbriferi di primaria alimentazione dei settori di tipo A e B;
- **Settori di ricarica di tipo D:** fasce adiacenti agli alvei fluviali con prevalente alimentazione laterale subalvea.

Nelle aree di ricarica sono previste dal PTA una serie di limitazioni alle attività antropiche finalizzate alla tutela qualitativa e quantitativa delle risorse idriche sotterranee, nelle zone di pianura, in riferimento all'utilizzo idropotabile e, nel caso dei fontanili, in riferimento al loro valore ecologico-ambientale. Queste limitazioni riguardano nello specifico le attività agrozootecniche (spandimento sui suoli agricoli di effluenti zootecnici, fertilizzanti, fanghi e fitofarmaci), le attività

estrattive, attività di smaltimento rifiuti, attività industriali, estensione e tipologia di opere di urbanizzazione e di infrastrutturazione tecnologica e viaria.

Le aree interessate dal tracciato in oggetto si collocano parzialmente all'interno del Settore B di ricarica della falda e marginalmente nel Settore A.

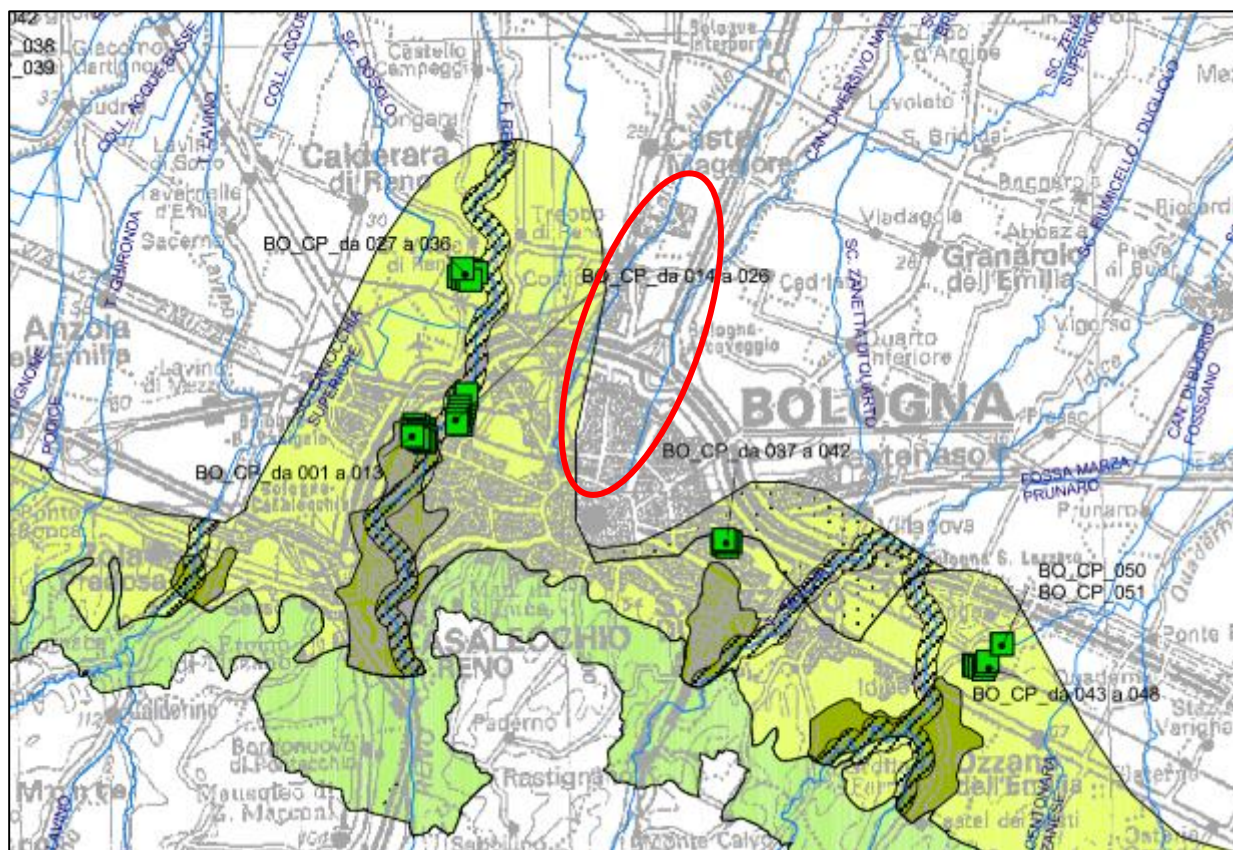
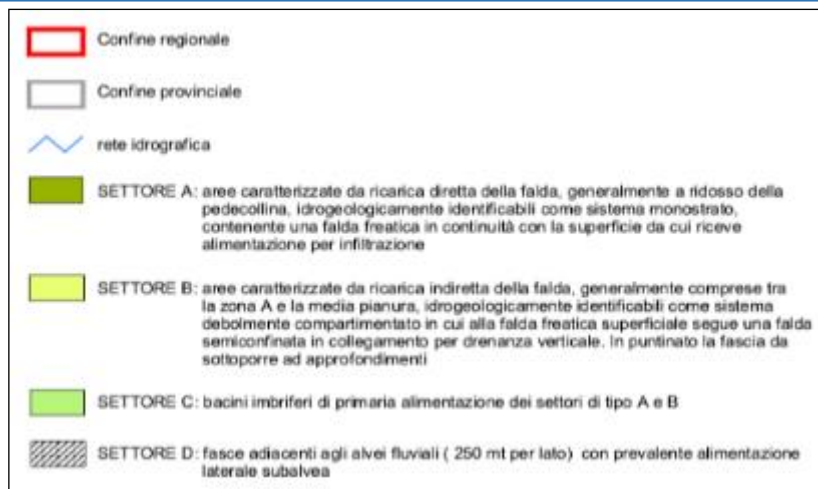


Figura 4-40– Stralcio TAV.1 PTA “Zone di Protezione delle Acque Sotterranee: Aree di Ricarica”



Sulla base dei criteri dettati dal D. Lgs. 30/2009 e delle informazioni disponibili nel quadro conoscitivo del Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Emilia-Romagna (2005), è stato possibile individuare e delimitare i nuovi corpi idrici sotterranei ai sensi delle Direttive 2000/60/CE e 2006/118/CE. In particolare sono stati individuati e caratterizzati i nuovi corpi idrici sotterranei partendo dai complessi idrogeologici per arrivare agli acquiferi, tenendo conto dell'omogeneità dello stato chimico e quantitativo oltre che degli impatti determinati dalle pressioni antropiche. In Emilia-Romagna sono presenti i seguenti complessi idrogeologici:

- alluvioni delle depressioni quaternarie (DQ);
- formazioni detritiche degli altipiani plio-quaternarie (DET);
- alluvioni vallive (AV);
- acquiferi locali (LOC).

I corpi idrici sotterranei individuati sono stati cartografati e di seguito si riportano alcune figure semplificate nelle quali sono illustrati i corpi idrici sotterranei raggruppati per tipologia di acquifero nel seguente modo:

- acquifero freatico di pianura;
- conoidi alluvionali appenniniche-acquifero libero, acquiferi confinati superiori, acquiferi montani;

- acquiferi confinati inferiori (sono rappresentate anche le porzioni libere più profonde della porzione di conoide con acquifero libero).

Gli acquiferi della pianura emiliano – romagnola sono costituiti principalmente dai depositi di origine alluvionale presenti nella porzione più superficiale della pianura, per uno spessore di circa 400-500 m e, in minima parte, da depositi marino marginali.

Si distinguono quindi:

- acquifero freatico di pianura, un sottile livello di sedimenti prevalentemente fini che prosegue verso nord su tutta la pianura. Si tratta dei depositi di canale fluviale, argine e pianura inondabile in diretto contatto con i corsi d'acqua superficiali e con gli ecosistemi che da esse dipendono, oltre che con tutte le attività antropiche. Data la litologia prevalentemente fine e lo spessore modesto (nell'ordine dei 10 m), l'acquifero freatico di pianura riveste un ruolo molto marginale per quanto concerne la gestione della risorsa a scala regionale. E' invece molto sfruttato nei contesti rurali, dove numerosi pozzi a camicia lo sfruttano per scopi prevalentemente domestici;
- acquifero freatico costiero, costituito da sabbie generalmente affioranti, fatto salvo il settore ravennate e ferrarese dove, nella parte più lontana dalla costa, sono sepolte da depositi alluvionali più recenti. Dove le sabbie sono affioranti l'acquifero costiero è freatico, diversamente esso è confinato. I punti di monitoraggio riguardano quasi esclusivamente la porzione in cui l'acquifero costiero è freatico. Lo spessore di questo acquifero aumenta andando da sud verso nord, da poco più di 5 metri sino a oltre 20 metri; allo stesso tempo esso si allarga passando da meno di un chilometro sino a oltre 20 chilometri. L'acquifero costiero è caratterizzato dalla presenza di fenomeni di intrusione del cuneo salino.

Nella figura sotto riportata sono rappresentati i 2 corpi idrici freatici di pianura:

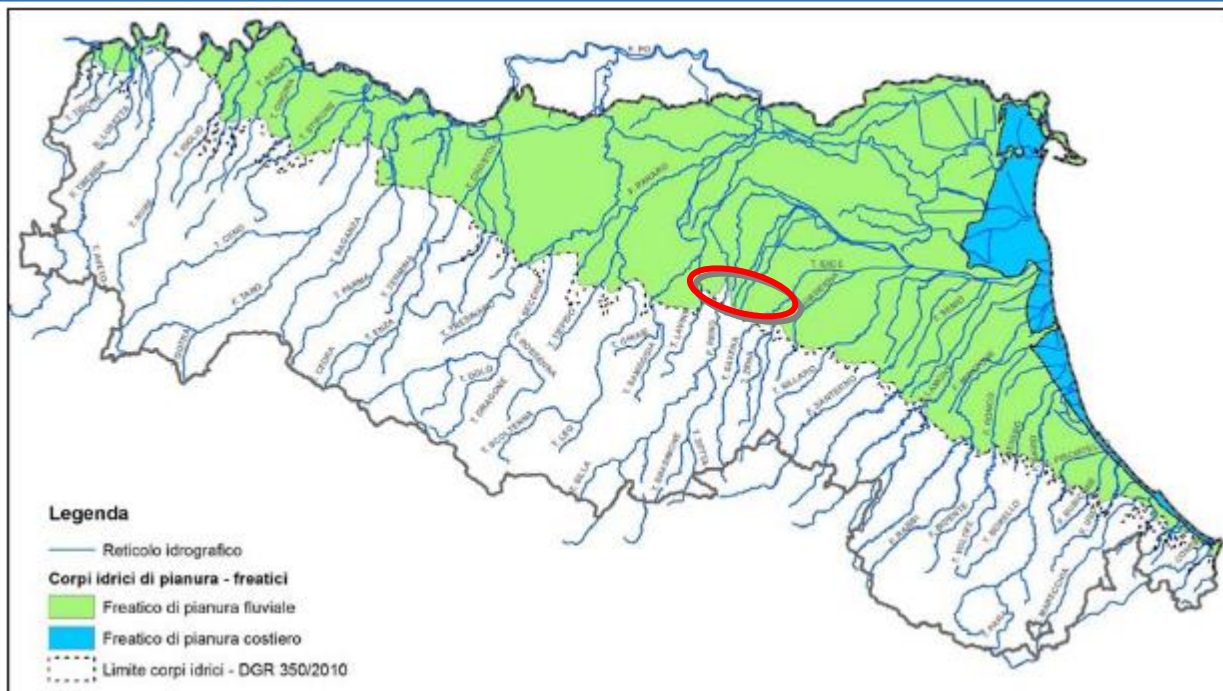


Figura 4-41– Relazione monitoraggio acque sotterranee 2014-2016 “Corpi idrici sotterranei freatici di pianura”

Nella figura che segue sono schematizzati i corpi idrici profondi di pianura, coincidenti con le porzioni libere delle conoidi alluvionali, le porzioni confinate superiori delle conoidi alluvionali e dei corpi idrici di pianura alluvionale.

Sono riportati anche i corpi idrici montani e le alluvioni vallive, oltre alle conoidi montane e le sabbie gialle, che insieme costituiscono 2 corpi idrici di cui il primo è costituito dalle unità cartografate nella porzione occidentale (da Piacenza a Modena) e il secondo nella porzione orientale (da Bologna a Rimini).

Le porzioni superiori dei corpi idrici confinati si riferiscono ai complessi acquiferi schematizzati nel modello concettuale con A1 e A2.

In questo caso sono quindi cartografate le porzioni confinate delle conoidi, la pianura alluvionale appenninica, la pianura alluvionale padana, la transizione tra le due pianure e il confinato costiero.

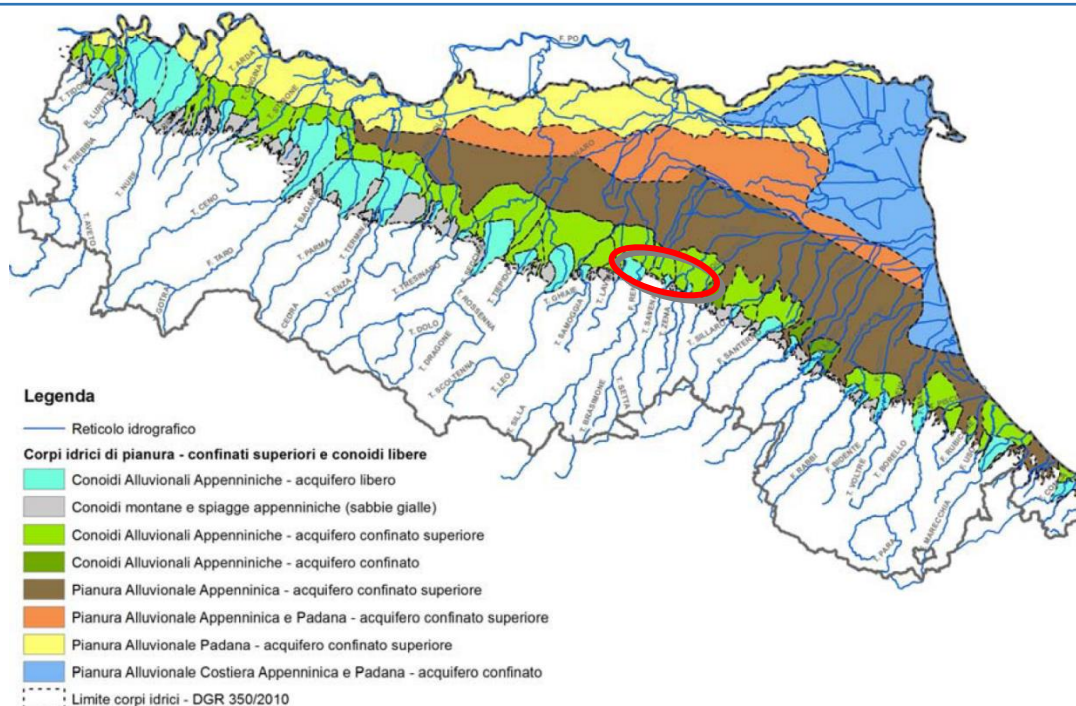


Figura 4-42– Relazione monitoraggio acque sotterranee 2014-2016 “Corpi idrici sotterranei di pianura, liberi e confinati superiori (acquiferi A1 e A2)”

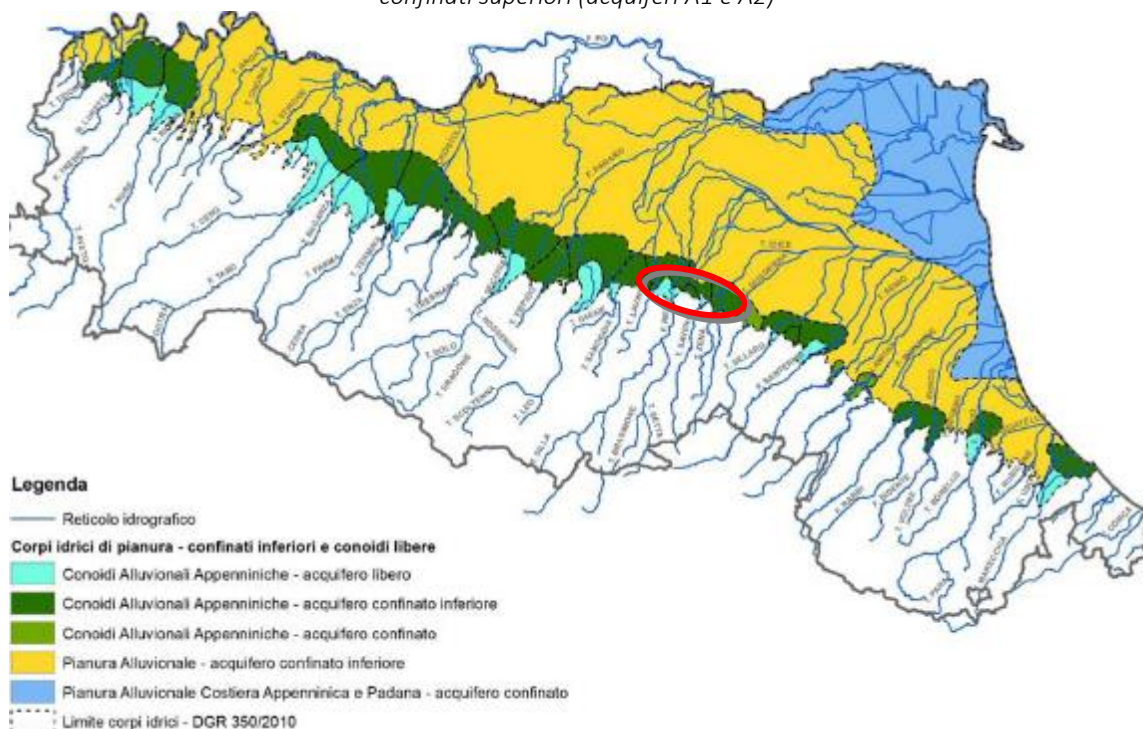


Figura 4-43 – Relazione monitoraggio acque sotterranee 2014-2016 “Corpi idrici sotterranei di pianura confinati inferiori (acquiferi A3, A4, B e C)”

Nella figura sopra riportata sono invece schematizzati i corpi idrici della pianura, coincidenti con le porzioni confinate inferiori delle conoidi alluvionali e del corpo idrico di pianura alluvionale. Sono inoltre riportati i limiti cartografici, alla profondità della base del complesso acquifero A2, delle porzioni libere delle conoidi alluvionali e il confinato costiero. Si ricorda che questi corpi idrici non sono suddivisi con la profondità. Le porzioni inferiori dei corpi idrici confinati si riferiscono ai complessi acquiferi, schematizzati nel modello concettuale, con A3, A4, B e C. I corpi idrici così raggruppati appartengono tutti al sistema profondo (inferiore) dei corpi idrici sotterranei.

#### 4.5.2.2 *Monitoraggio delle acque sotterranee*

La direttiva europea 2000/60/CE prevede il monitoraggio dei corpi idrici per la definizione sia dello stato quantitativo sia di quello chimico, attraverso due apposite reti di monitoraggio:

- rete per la definizione dello stato quantitativo;
- rete per la definizione dello stato chimico.

In diversi casi le stazioni di monitoraggio appartengono ad entrambe le reti.

Sulla base dei criteri definiti nel decreto sono stati rivisti e adeguati alla Direttiva 2000/60/CE i corpi idrici sotterranei individuati nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna (2005), considerando oltre le conoidi alluvionali appenniniche e le piane alluvionali appenniniche e padane anche l'acquifero freatico di pianura e i corpi idrici montani.

Nel corso dell'anno 2015 la Regione Emilia-Romagna ha aggiornato il quadro conoscitivo ambientale, ha valutato le misure di risanamento necessarie e ha revisionato i corpi idrici sotterranei, passando da 145 corpi idrici a 135 a seguito delle evidenze del monitoraggio effettuato nel periodo 2010-2013. Sono state inoltre aggiornate le reti di monitoraggio al fine di contribuire, in stretto coordinamento con le Autorità di Distretto Idrografico competenti, alla redazione del secondo PdG che ha validità 2015-2021. Nel secondo PdG del Distretto Padano, in accordo con le Regioni del Distretto idrografico, è stato anticipato di due anni il periodo di monitoraggio rispetto ai cicli di gestione dei PdG. Ciò al fine di permettere l'elaborazione del terzo PdG con un sessennio completo di monitoraggio individuato nel periodo 2014-2019, a seguito

del quale si potrà avere la classificazione necessaria per la pianificazione 2021-2027. Pertanto il periodo 2014-2016 costituisce il primo triennio del sessennio di classificazione.

I risultati derivanti dalle attività del nuovo sistema di monitoraggio e la conseguente classificazione dei corpi idrici presentano tempistiche diverse rispetto a quanto veniva effettuato in applicazione del D. Lgs 152/99. Il ciclo di monitoraggio non è più considerato annuale, ma triennale-sessennale integrato all'interno dei piani di Gestione dei distretti idrografici; pertanto in ottemperanza alla DQ è prevista una classificazione dello stato ambientale dei corpi idrici sotterranei su base triennale e/o sessennale.

Nella relazione disponibile per il triennio 2010-2012 sono illustrati i risultati conclusivi del primo ciclo di monitoraggio e le proposte di prima classificazione dello stato chimico e quantitativo per le acque sotterranee.

Il monitoraggio dei corpi idrici sotterranei è proseguito anche negli anni successivi. Tra il 2014 e il 2015 si è proceduto ad una revisione dei corpi idrici e della rete, funzionale a meglio descrivere lo stato ambientale dei corpi idrici sotterranei della regione; gli esiti del monitoraggio 2014-2016 integrati successivamente dalla sorveglianza già in corso per il triennio 2017-2019, contribuiranno ad avere un quadro dello stato ambientale delle acque sotterranee e concludendosi il ciclo sessennale compreso all'interno del ciclo di pianificazione di distretto 2015-2021, forniranno indicazioni per la revisione del PdG stesso, con individuazione delle misure necessarie atte al mantenimento o miglioramento della qualità dei corpi idrici.

#### Monitoraggio quantitativo

Il monitoraggio per la definizione dello stato quantitativo viene effettuato per fornire una stima affidabile delle risorse idriche disponibili e valutarne la tendenza nel tempo, al fine di verificare se la variabilità della ricarica e il regime dei prelievi risultano sostenibili sul lungo periodo.

Il numero delle stazioni di monitoraggio quantitativo è pari complessivamente a 626, delle quali 479 sono utilizzate anche per il monitoraggio chimico.

Il monitoraggio quantitativo è funzionale a ricostruire i trend della piezometria o delle portate per definire lo stato del corpo idrico e calcolare il relativo bilancio idrico: sulla base delle conoscenze pregresse e della variabilità dei livelli dei corpi idrici di pianura, anche in quelli

profondi e meno impattati dai prelievi, si è ritenuto di prevedere per tutte le stazioni di monitoraggio la frequenza semestrale. Sono comunque disponibili 40 centraline di monitoraggio automatico già installate in pozzi e funzionanti, in grado di fornire con frequenza oraria informazioni dettagliate sui livelli di soggiacenza in zone sensibili.

Il livello delle acque sotterranee rappresenta la sommatoria degli effetti antropici e naturali sul sistema idrico sotterraneo in termini quantitativi, ovvero la combinazione delle perdite che subisce l'acquifero (emungimento) rispetto alla ricarica del medesimo.

Il livello nelle falde misurato durante le attività di monitoraggio può essere poi restituito rispetto al livello medio del mare (quota assoluta tramite piano quotato) e definito "piezometria", oppure può essere riferito alla quota del piano campagna locale (quota relativa): in tal caso si parla di "soggiacenza", parametro che presenta valori positivi crescenti dal piano campagna al pelo libero dell'acqua.

La piezometria viene utilizzata per calcolare le linee di deflusso delle acque sotterranee e i relativi gradienti idraulici, essendo a tutti gli effetti una superficie equipotenziale reale nel caso di acquiferi liberi, mentre per gli acquiferi confinati rappresenta una superficie ideale di uguale pressione dell'acqua.

La soggiacenza è spesso utilizzata per le applicazioni di campo, essendo riferita al piano locale, e come per la piezometria rappresenta un dato reale nel caso di acquiferi liberi, mentre per gli acquiferi confinati diventa reale solo quando viene perforato l'acquitrando presente al tetto.

Dai valori di livello delle acque sotterranee, si possono poi calcolare le tendenze nel tempo (trend) con le quali è possibile valutare le variazioni medie annue dei livelli delle falde, a supporto della definizione dello stato quantitativo delle acque sotterranee: la misura dei livelli permette di evidenziare le zone del territorio sulle quali insiste una criticità ambientale di tipo quantitativo, e quindi di indirizzare le azioni di risanamento da adottare attraverso gli strumenti di pianificazione. La variazione del livello delle falde nel tempo è utile anche per orientare e ottimizzare nel tempo i programmi di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei.

Il monitoraggio quantitativo manuale, effettuato con frequenza semestrale, viene integrato da un monitoraggio ad alta frequenza (orario) tramite strumentazione automatica installata su 40

stazioni (rete automatica della piezometria), al fine di avere informazioni di dettaglio sulle oscillazioni di livello delle falde e ottenere informazioni in tempo reale anche nei periodi dell'anno critici per la siccità, in genere quello estivo e tardo autunnale.

Lo stato quantitativo dei corpi idrici di pianura è stato attribuito utilizzando tutte le misure di piezometria dal 2002 (revisione precedente della rete di monitoraggio) al 2016.

Le elaborazioni dei dati di piezometria e di soggiacenza hanno permesso di restituire delle cartografie dell'intero territorio di pianura: le cartografie realizzate per ciascun anno sui due livelli di profondità - confinati superiori e confinati inferiori - aventi in comune la parte apicale delle conoidi alluvionali con acquifero libero, permettono di rappresentare meglio gli effetti dei prelievi e/o regime di ricarica naturale alle diverse profondità della pianura.

La figura che segue mostra un inquadramento della distribuzione spaziale sul territorio regionale delle stazioni di misura suddivise per tipologia di misura: monitoraggio chimico, monitoraggio quantitativo, rete automatica di rilevamento dei parametri soggiacenza, temperatura, conducibilità.

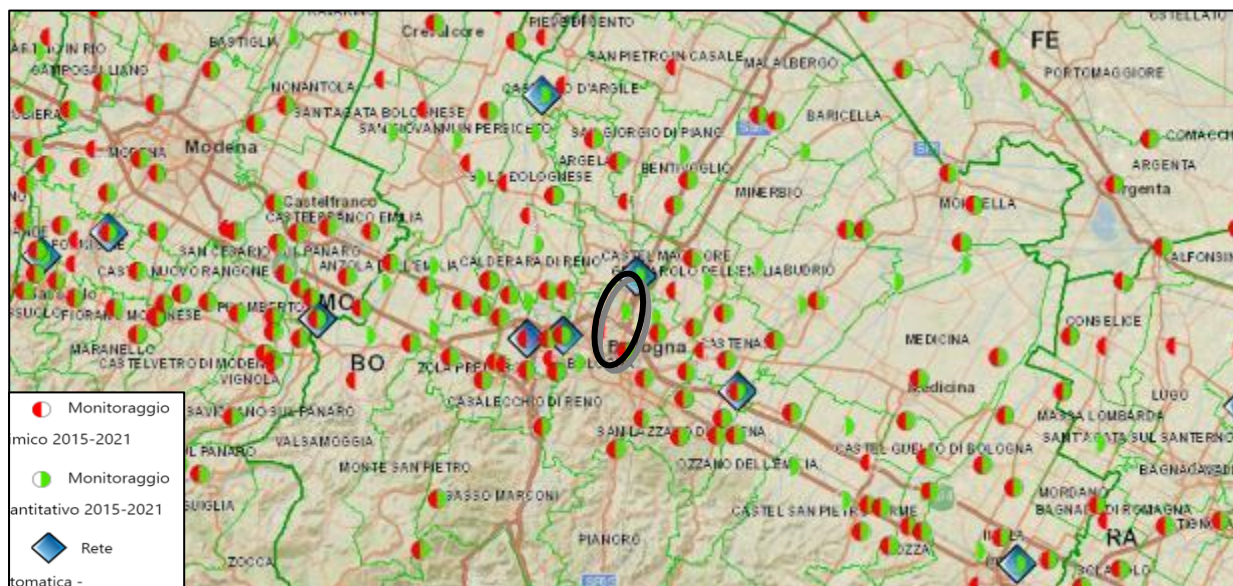


Figura 4-44 - Rete regionale di monitoraggio delle acque sotterranee – ARPAE

La distribuzione media di soggiacenza nel triennio 2010-2012 dei corpi idrici freatici di pianura, elaborata per singola stazione di monitoraggio, ha evidenziato che ca. il 90,4% delle 52 stazioni

di monitoraggio ha un valore inferiore ai 4 metri e solo il restante (ca. 10% di stazioni) ha un valore di soggiacenza media da 4 a 8 metri: queste ultime stazioni risultano ubicate nelle province di Piacenza, Modena, Bologna e Ravenna.

Le modellazioni eseguite al 2016 mostrano poi come la distribuzione media annua della soggiacenza rilevata nella falda più superficiale della pianura si attesti su valori inferiori ai 4 m per il 92,7% delle 55 stazioni di monitoraggio oggetto d'indagine.

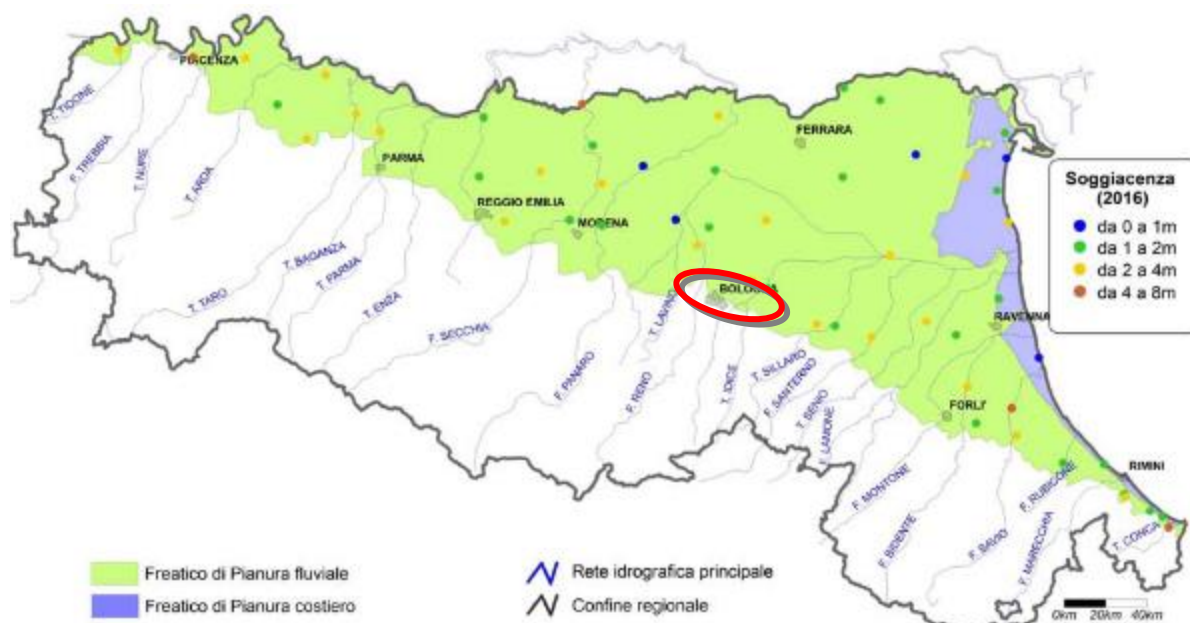


Figura 4-45 - Soggiacenza media annua nei corpi idrici freatici di pianura, anno 2016

Di seguito si riportano gli elaborati cartografici realizzati per la distribuzione spaziale in regione di piezometria e soggiacenza dei corpi idrici per l'annata 2016. I risultati vengono distinti per le seguenti tipologie di corpi idrici:

- corpi idrici di conoide libera, confinata superiore e pianure alluvionali confinate superiori;
- corpi idrici di conoide libera, confinate inferiori e le pianure alluvionali confinate inferiori.

La distribuzione della piezometria evidenzia il caratteristico andamento del livello delle acque sotterranee che si attenuano poi passando dalle conoidi libere alle zone di pianura alluvionale, fino ad arrivare a quote negative (entro i -5 m) nella zona costiera. Questo andamento generale, con gradienti piezometrici differenti, più elevati nelle zone delle conoidi emiliane rispetto a quelle

romagnole, è interrotto dalla conoide Reno-Lavino, che presenta in prossimità del margine appenninico valori di piezometria negativi, anche nella porzione libera di conoide, raggiungendo valori fino a -10 m. Questa depressione piezometrica si amplia arealmente con la profondità, ovvero negli acquiferi liberi e confinati inferiori. Ciò costituisce l'impatto, ancora oggi molto evidente, prodotto dai consistenti prelievi effettuati negli anni 50-60 del secolo scorso nella conoide medesima. In questo caso, la soggiacenza raggiunge valori di circa 60-65 m dal piano campagna, evidenziando uno spessore di acquifero insaturo rilevante sottostante l'alveo del fiume Reno.

La distribuzione della soggiacenza evidenzia situazioni molto meno accentuate rispetto a quella del Reno anche in altre conoidi, come ad esempio nel Trebbia, Taro, Secchia, Panaro, e in alcune conoidi romagnole, frutto di prelievi per i diversi usi della risorsa.

È stato tuttavia riscontrato nel corso del più recente monitoraggio come la situazione di criticità emersa per la conoide del Reno risulti negli ultimi 4 anni progressivamente migliorata, sia come recupero di altezza della falda che in termini di riduzione dell'areale depresso, determinando un netto miglioramento rispetto al periodo 2010-2012. Questo andamento medio complessivo in miglioramento dei livelli piezometrici risulta evidente a scala regionale in tutte le tipologie di corpi idrici sotterranei, in particolare nelle diverse porzioni delle conoidi alluvionali (libere, confinate superiori e confinate inferiori): tale aumento della soggiacenza è da associare alla maggiore ricarica degli acquiferi prevalentemente per effetto del clima. L'entità del miglioramento è variabile nelle diverse realtà territoriali e il 2016 evidenzia in diversi contesti di conoide una inversione di tendenza del miglioramento in particolare nel periodo autunnale.

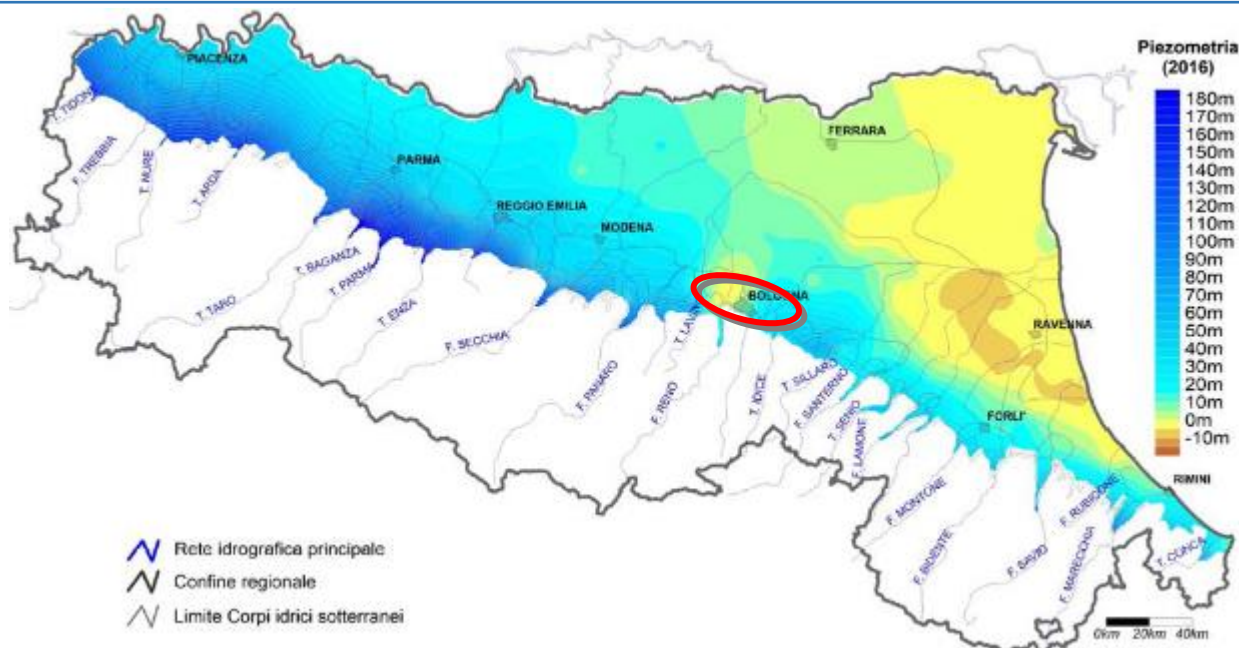


Figura 4-46 - Piezometria media nei corpi idrici liberi e confinati inferiori (2016)

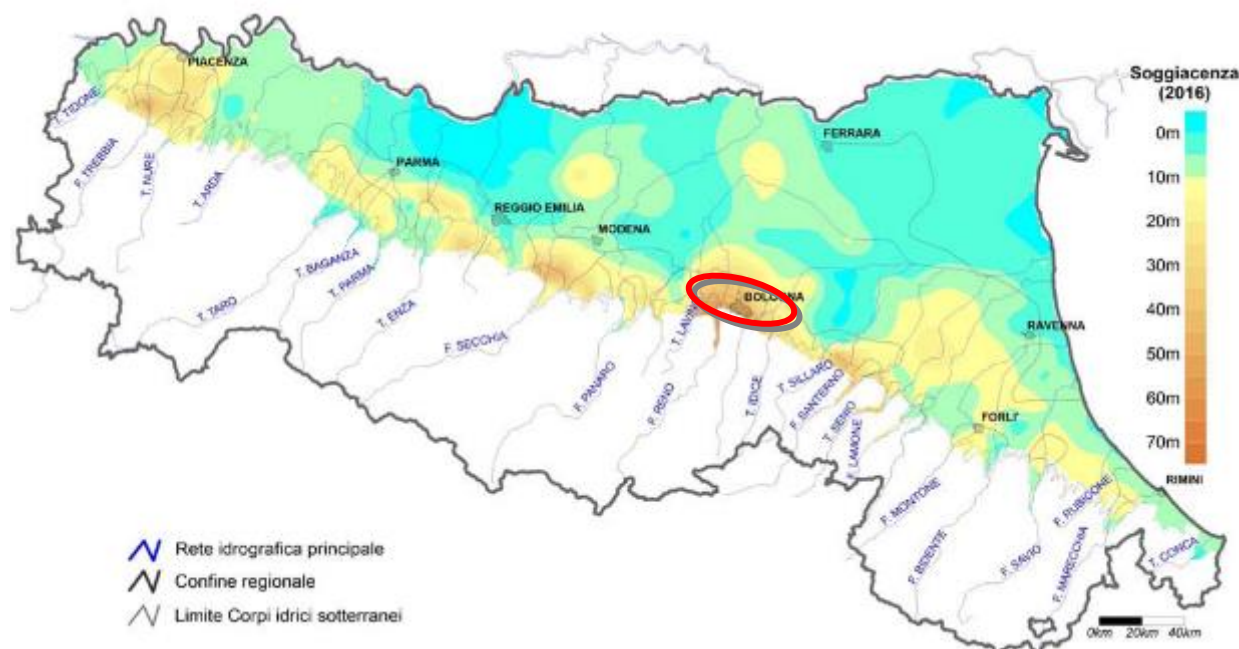


Figura 4-47 - Soggiacenza media nei corpi idrici liberi e confinati inferiori (2016)

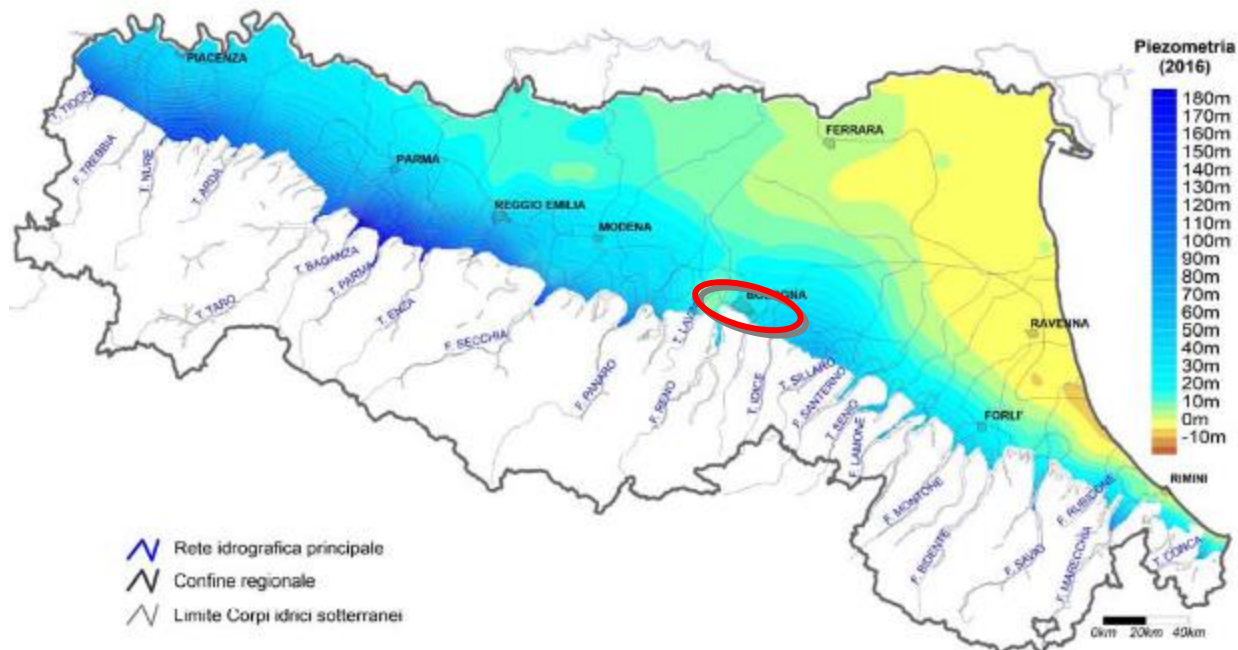


Figura 4-48 - Piezometria media nei corpi idrici liberi e confinati superiori (2016)

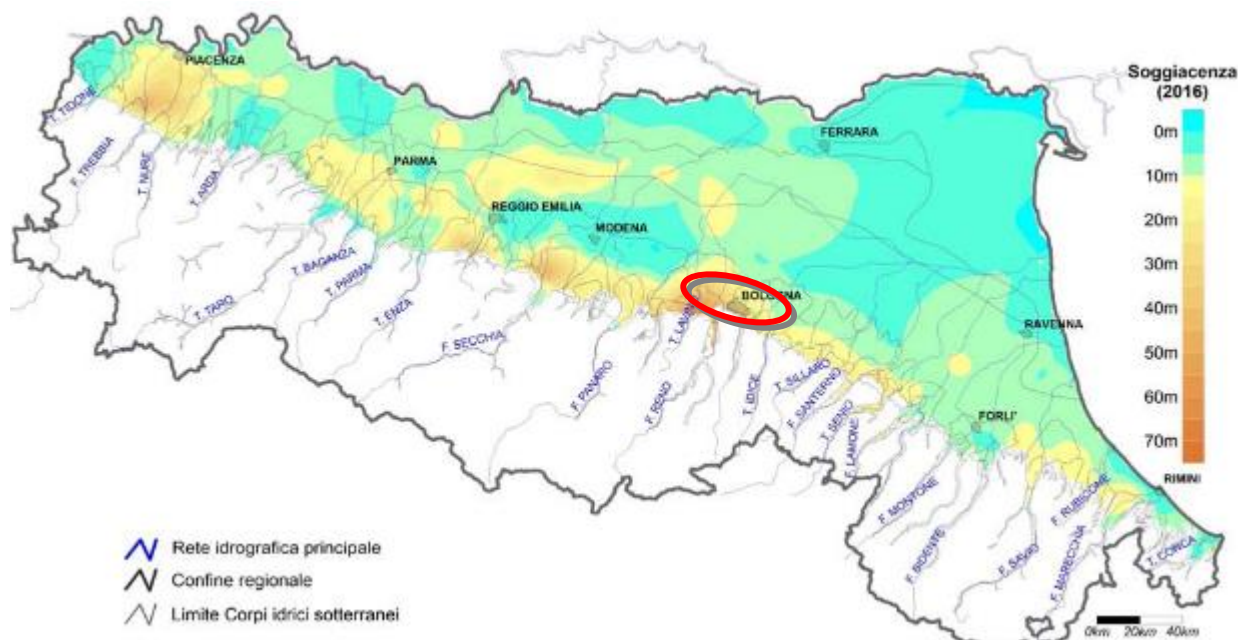


Figura 4-49 - Soggiacenza media nei corpi idrici liberi e confinati superiori (2016)

Dal monitoraggio quantitativo effettuato per il triennio 2014-2016 è emerso come dei 135 corpi idrici sotterranei dell'Emilia-Romagna 125 sono in stato quantitativo buono (circa il 92,6%): essi sono costituiti da tutti i corpi idrici montani, i freatici di pianura, le pianure alluvionali e la gran parte delle conoidi alluvionali appenniniche e dei depositi di fondovalle. I restanti 10 risultati in stato quantitativo scarso, pari al 7,4% del totale, sono rappresentati da alcuni corpi idrici di conoide alluvionale appenninica e depositi di fondovalle.

In generale lo stato quantitativo dei corpi idrici freatici di pianura è stato individuato in classe di "buono" per la pressoché assenza di pozzi ad uso industriale, irriguo e civile, e per il rapporto idrogeologico con i corpi idrici superficiali, sia naturali che artificiali, che ne regolano il livello per gran parte dell'anno.

Per il freatico costiero non sono stati al momento identificati effetti di ingressione del cuneo salino per effetto degli emungimenti, e le attuali fluttuazioni del cuneo salino sono state imputate a condizioni naturali, anche estreme, determinate dal clima.

Lo stato quantitativo dei corpi idrici montani è stato individuato in classe "buono" in quanto il prelievo dell'acqua da sorgenti risulta diffuso nei corpi idrici sotterranei e non localizzato, inoltre la captazione delle sorgenti avviene nella quasi totalità dei corpi idrici, in condizioni non forzate, ovvero non sono presenti, se non sporadicamente, pozzi o gallerie drenanti.

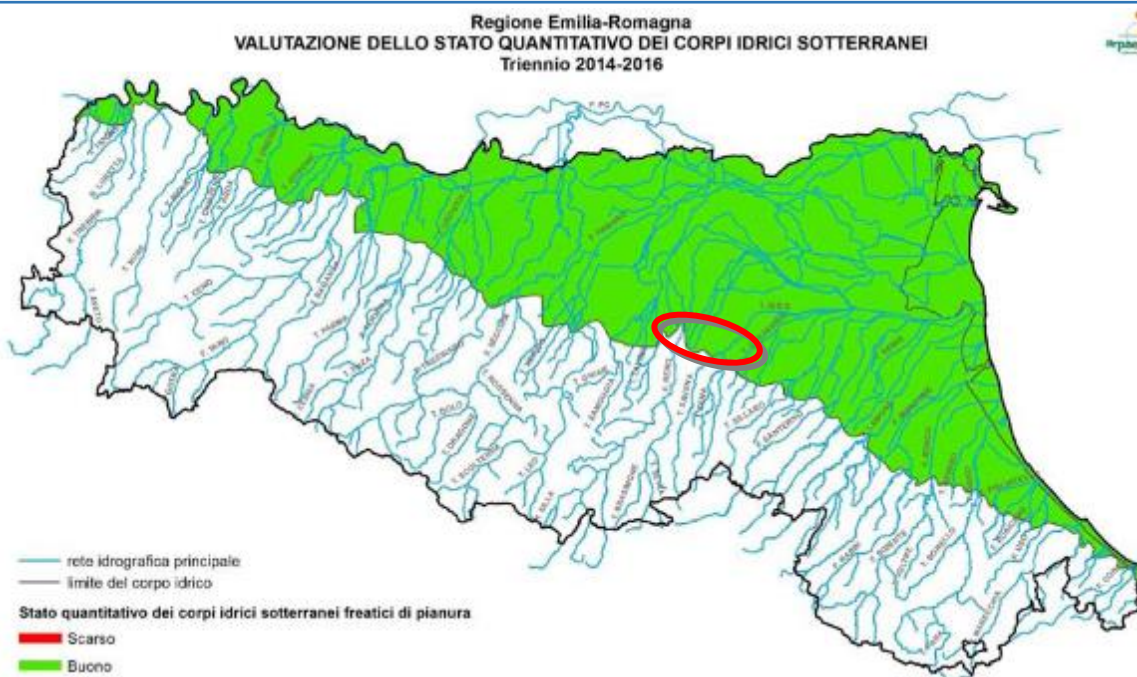


Figura 4-50 - Stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei freatici di pianura (2014-2016)

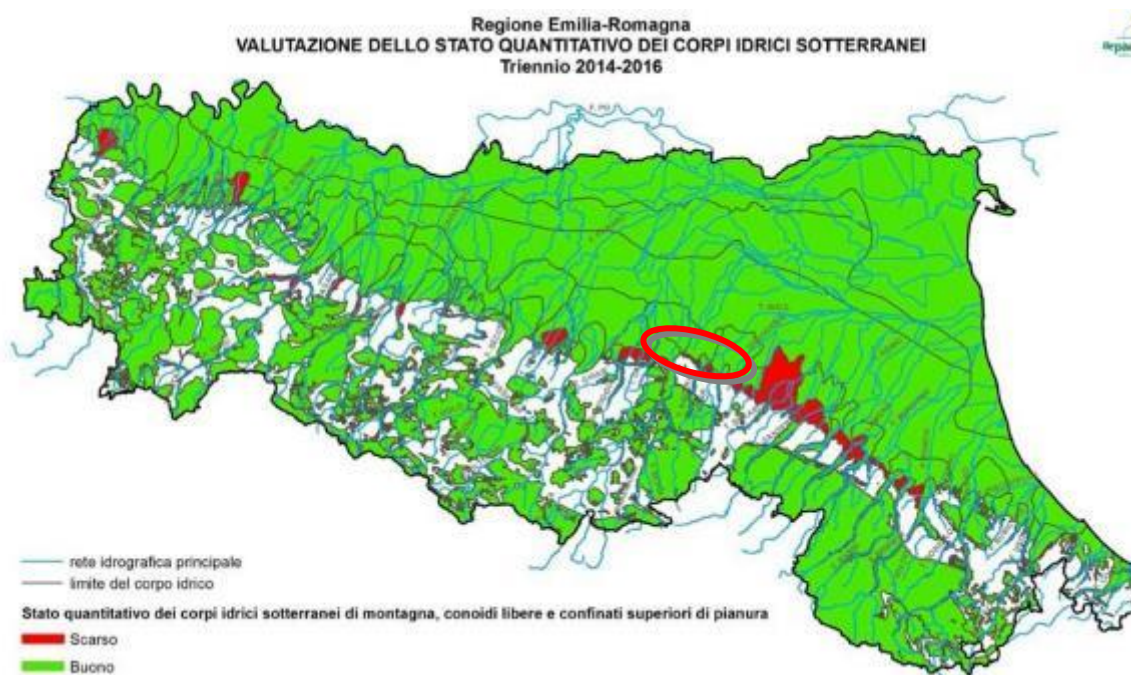


Figura 4-51 - Stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei montani, conoidi libere e confinati superiori di pianura (2014-2016)

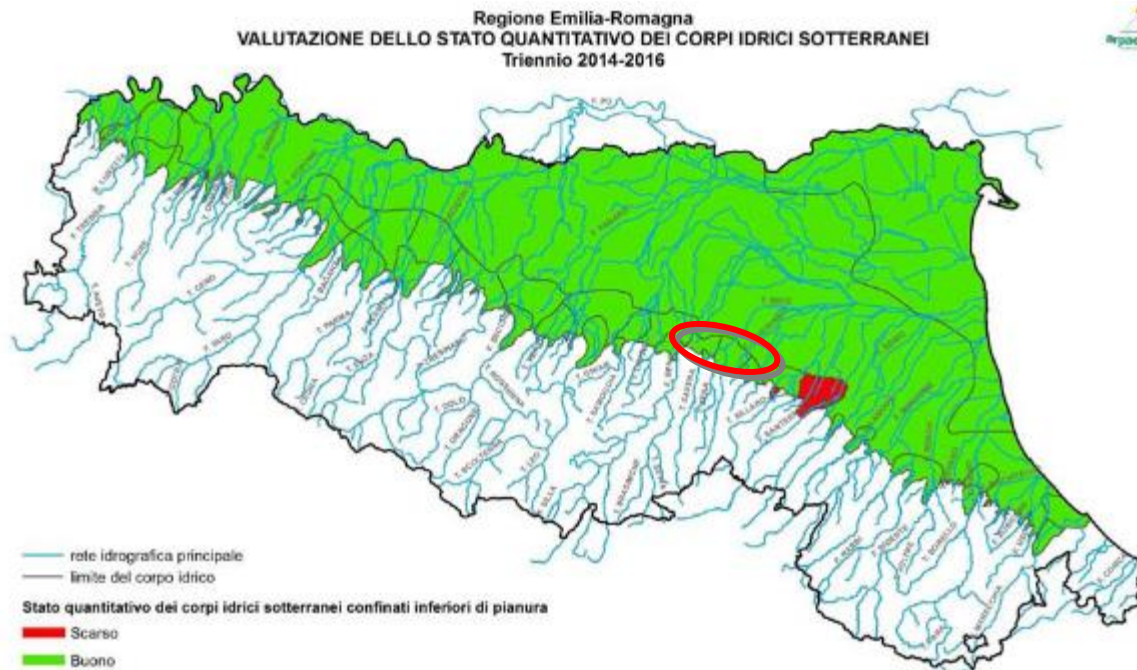


Figura 4-52 - Stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei confinati inferiori di pianura (2014-2016)

### Monitoraggio chimico

Il monitoraggio per la definizione dello stato chimico è articolato nei seguenti programmi:

- monitoraggio di sorveglianza;
- monitoraggio operativo.

Il monitoraggio di sorveglianza deve essere effettuato per tutti i corpi idrici sotterranei e in funzione della conoscenza pregressa dello stato chimico di ciascun corpo idrico, della vulnerabilità e della velocità di rinnovamento delle acque sotterranee, si distingue in:

- **sorveglianza con frequenza iniziale – parametri di base e addizionali** – deve essere effettuata nelle stazioni di monitoraggio dei corpi idrici dei quali le conoscenze sullo stato siano inadeguate e i dati chimici pregressi non disponibili, e comunque solo per il periodo iniziale del monitoraggio di sorveglianza. Il profilo analitico comprende le sostanze di base e tutte quelle della tabella 3 dell'Allegato 3 al D. Lgs 30/2009;

- **sorveglianza con frequenza a lungo termine – parametri di base** – deve essere effettuato nell’arco dei 6 anni nelle stazioni di monitoraggio dei corpi idrici dei quali le conoscenze sullo stato siano buone. Il profilo analitico prevede le sole sostanze di base;
- **sorveglianza con frequenza a lungo termine – parametri aggiuntivi** – deve essere effettuato nell’arco dei 6 anni nelle stazioni di monitoraggio dei corpi idrici dei quali le conoscenze sullo stato siano buone. Il profilo analitico prevede sostanze aggiuntive e la frequenza è più bassa del monitoraggio di sorveglianza a lungo termine – parametri di base.

Sulla base delle indicazioni fornite dal D. Lgs. 30/2009 e in particolare delle conoscenze pregresse dei corpi idrici sotterranei dell’Emilia-Romagna, sono state elaborate le frequenze di monitoraggio chimico sia operativo che di sorveglianza di base e/o aggiuntiva per i diversi acquiferi. Per i corpi idrici sotterranei a rischio di non raggiungere lo stato di buono al 2015 è stato programmato, oltre quello di sorveglianza, anche un monitoraggio operativo con una frequenza almeno annuale e comunque da effettuare tra due periodi di monitoraggio di sorveglianza. Il numero delle stazioni di monitoraggio chimico è pari complessivamente a 597 di cui 479 sono in condivisione con il monitoraggio quantitativo.

Nelle tabelle che seguono si riporta per provincia e per acquifero l’elenco delle stazioni suddivisa per tipologia di monitoraggio di sorveglianza e operativo, ribadendo che il monitoraggio di sorveglianza viene effettuato su tutte le stazioni dei corpi idrici sia a rischio che non a rischio.

Provincia	Monitoraggio di Sorveglianza	Monitoraggio Sorveglianza +Operativo
PC	45	42
PR	48	35
RE	51	20
MO	53	30
<b>BO</b>	<b>84</b>	<b>22</b>
FE	38	9
RA	39	10
FC	35	9

RN	7	23
<b>Totale</b>	<b>597</b>	<b>200</b>

Tabella 4-27 – Numero di stazioni di monitoraggio per provincia e per tipologia di monitoraggio chimico

Distretto idrografico	Tipologia corpo idrico	Sorveglianza	Sorveglianza+Operativo
PO	Conoidi alluvionali	64	107
PO	Freatici di pianura		30
PO	Montani	57	
PO	Pianure alluv	122	
<b>Totale PO</b>		<b>243</b>	<b>137</b>
AS	Conoidi alluvionali	63	38
AS	Freatici di pianura		23
AS	Montani	31	2
AS	Pianure alluv	63	
<b>Totale AS</b>		<b>157</b>	<b>63</b>
<b>Totale RER</b>		<b>400</b>	<b>200</b>

Tabella 4-28 – Numero di stazioni di monitoraggio per acquifero e per tipologia di monitoraggio chimico

Considerata la complessità nella gestione dei profili analitici del monitoraggio chimico, è stato individuato un profilo analitico di base, che può essere completato e integrato con gli altri profili analitici permettendo di avere in questo modo uno screening analitico modulare che si adatta di volta in volta al monitoraggio chimico da effettuare.

Oltre al profilo analitico di base, per le acque sotterranee sono stati individuati altri 6 profili analitici.

Con l’emanazione del Decreto del MATTM del 6 luglio 2016, relativo ai valori di fondo naturale nelle acque sotterranee, in recepimento della Direttiva europea 80/2014/UE, è stata modificata la tabella 3 dell’Allegato 3 del D.Lgs. 30/09, in particolare sono stati modificati i valori soglia per alcune sostanze tra cui tricloroetilene e tetracloroetilene che vengono ora valutati come sommatoria a 10 ug/l (medesimi limiti delle acque destinate al consumo umano) e vengono aggiunte altre sostanze tra le quali fosfati (già contemplati nel profilo di Base dall’anno 2015) e composti Perfluorurati. Per questi ultimi il monitoraggio è stato avviato nell’anno 2017.

I profili analitici applicabili nel monitoraggio delle acque sotterranee sono pertanto:

- Profilo analitico di Base (B)
- Profilo analitico Addizionale Fitofarmaci (F)
- Profilo analitico Addizionale Organoalogenati (O) ed Eteri
- Profilo analitico Addizionale Altre Pericolose (P)
- Profilo analitico Addizionale Isotopia (OD)
- Profilo analitico Addizionale Microbiologico (M)
- Profilo analitico Iniziale (I)

Il profilo analitico di Base (B) viene sempre applicato a ciascun campione, mentre i profili analitici Addizionali (F, O, P, OD, M) si aggiungono sulla base della programmazione prevista nel periodo e dettagliata per ciascuna stazione di monitoraggio. Il profilo analitico Iniziale (I) si applica invece, come screening analitico completo, periodicamente nel monitoraggio di sorveglianza in tutte le stazioni di monitoraggio, di norma una volta ogni 6 anni, inoltre può essere applicato nelle stazioni di monitoraggio dei corpi idrici dei quali le conoscenze siano inadeguate. Si utilizza comunque sempre nel primo anno di monitoraggio delle nuove stazioni, ad esempio a seguito di sostituzione di stazioni o istituzione di nuove stazioni.

I diversi profili analitici vengono poi declinati in protocolli analitici per tenere conto delle esigenze gestionali analitiche al fine di garantire la qualità del dato come richiesta dalla normativa. Di seguito si fornisce il dettaglio dei protocolli analitici per i diversi profili analitici e le condizioni nelle quali devono essere applicati nelle singole stazioni di monitoraggio.

Parametro	Unità di misura
TEMPERATURA	°C
PH	Unità di pH
POTENZIALE REDOX	mV
CONDUCIBILITÀ ELETTRICA	μS/cm
OSSIGENO DISCIOLTO	mg/l
DUREZZA	mg/l
BICARBONATI	mg/l
CALCIO	mg/l
MAGNESIO	mg/l

Parametro	Unità di misura
POTASSIO	mg/l
SODIO	mg/l
CLORURI	mg/l
FLUORURI	µg/l
SOLFATI	mg/l
ORTOFOSFATO	mg/l
NITRATI	mg/l
NITRITI	µg/l
IONE AMMONIO	µg/l
TOC	µg/l
FERRO	µg/l
MANGANESE	µg/l
ARSENICO	µg/l
BARIO	µg/l
BORO	µg/l
CADMIO	µg/l
CROMO	µg/l
NICHEL	µg/l
PIOMBO	µg/l
RAME	µg/l
ZINCO	µg/l

Tabella 4-29 -- Profilo analitico di base (B)

Parametri AFITOFA (µg/l)		
2,4 D	DIFENOCONAZOLO	METOLACLOR
2,4 DP DICLORPROP	DIMETENAMID-P	METOSSIFENOZIDE
ACETAMIPRID	DIMETOATO	METRIBUZIN
ACETOCLOR	DIURON	MOLINATE
ACLONIFEN	EPOSSICONAZOLO	OXADIAZON
ATRAZINA	ETOFUMESATE	PARATION ETILE
ATRAZINA DESISOPROPIL (MET)	FENAMIDONE	PENCONAZOLO
ATRAZINE-DESETHYL-DESIPOPROPYL	FENBUCONAZOLO	PENDIMETALIN
AZOXISTROBIN	FENEXAMID	PETOXAMIDE
BENSULFURON METILE	FLUFENACET	PIRACLOSTROBIN
BENTAZONE	FOSALONE	PIRIMETANIL
BIFENAZATO	IMIDACLOPRID	PIRIMICARB
BOSCALID	INDOXACARB	PROCLORAZ
BUPIRIMATO	IPROVALICARB	PROPAFLOR
BUPROFEZIN	ISOPROTURON	PROPAZINA
CARBOFURAN	ISOXAFLUTOLE	PROPICONAZOLO

Parametri AFITOF A (µg/l)		
CIMOXANIL	KRESOXIM-METILE	PROPIZAMIDE
CIPRODINIL	LENACIL	SIMAZINA
CLORANTRANILIPROLO (DPX E-2Y45)	LINURON	SPIROTETRAMMATO
CLORFENVINFOS	MANDIPROPAMID	SPIROXAMINA
CLORIDAZON	MCPA	TEBUFENOZIDE
CLORPIRIFOS ETILE	MCPP	TERBUTILAZINA
CLORPIRIFOS METILE	MEPANIPIRIM	TETRACONAZOLO
CLORTOLURON	METALAXIL	TIACLOPRID
CLOTIANIDIN	METAMITRON	TIAMETOXAM
DESETIL ATRAZINA	METAZACLO	TIOBENCARB
DESETIL TERBUTILAZINA	METIDATION	TRIFLOXISTROBIN
DIAZINONE	METIOCARB	TRITICONAZOLO
DICLORVOS	METOBROMURON	ZOXAMIDE
Parametri AFITOFB (µg/l)		
3,4 DICLOROANILINA	AZINFOS METILE	PROCIMIDONE
ALACLO	MALATION	
Parametri AFITOF C (µg/l)		
ALDRIN	o,p' DDT	o,p' DDE
DIELDRIN	p,p' DDT	p,p' DDE
ENDRIN	o,p' DDD	HCH BETA
ISODRIN	p,p' DDD	

Tabella 4-30 – Profilo analitico Addizionale Fitofarmaci (F)

Parametro	Unità di misura
TRICLOROMETANO (CLOROFORMIO)	µg/l
1,1,1 TRICLOROETANO (METILCLOROFORMIO)	µg/l
TRICLOROETILENE	µg/l
TETRACLOROETILENE (PERCLOROETILENE)	µg/l
TETRACLORURO DI CARBONIO (TETRACLOROMETANO)	µg/l
BROMODICLOROMETANO	µg/l
DIBROMOCLOROMETANO	µg/l
CLORURO DI VINILE MONOMERO (CVM)	µg/l
1,2 DICLOROETANO	µg/l
ESACLOROBUTADIENE	µg/l
1,2 DICLOROETILENE	µg/l
BROMOFORMIO	µg/l
METILTERBUTILETERE (MTBE)	µg/l
ETILTERBUTILETERE (ETBE)	µg/l

Tabella 4-31 – Profilo analitico Addizionale Organoalogenati (O) ed Eteri

Parametro	Unità di misura
MERCURIO	µg/l
CROMO ESAVALENTE	µg/l
ANTIMONIO	µg/l
SELENIO	µg/l
VANADIO	µg/l
CIANURI LIBERI	µg/l
BENZENE	µg/l
ETILBENZENE	µg/l
TOLUENE	µg/l
o-XILENE	µg/l
(m+p) XILENI	µg/l
MONOCLOROBENZENE	µg/l
1,4-DICLOROBENZENE	µg/l
1,2,4 TRICLOROBENZENE	µg/l
TRICLOROBENZENI	µg/l
PENTACLOROBENZENE	µg/l
ESACLOROBENZENE	µg/l
BENZO (A) PIRENE	µg/l
BENZO (B) FLUORANTENE	µg/l
BENZO (K) FLUORANTENE	µg/l
BENZO (G,H,I) PERILENE	µg/l
DIBENZO (A,H) ANTRACENE	µg/l
INDENO (1,2,3-CD) PIRENE	µg/l
IDROCARBURI TOTALI (ESPRESSI COME N-ESANO)	µg/l

Tabella 4-32 – Profilo analitico addizionale Altre Pericolose (P)

Parametro	Unità di misura
δ OSSIGENO ( <sup>18</sup> O/ <sup>16</sup> O)	‰VSMOW
δ IDROGENO ( <sup>2</sup> H/ <sup>1</sup> H)	‰VSMOW

Tabella 4-33 – Profilo analitico addizionale Isotopia (OD)

Parametro	Unità di misura
Escherichia coli	UFC/100 ml

Tabella 4-34 – Profilo analitico MICROBIOLOGICO (M)

Profili
Base (B)

Addizionale Fitofarmaci (F) (AFITOFA e AFITOFB dove ricorrono le condizioni previste)	
Addizionale Organoalogenati (O) ed Eteri	
Addizionale Altre Pericolose (P)	
Addizionale Isotopia (OD)	
<b>Profili/Parametri da cercare, oltre ai profili sopra elencati, nelle stazioni ad uso acquedottistico e nelle nuove stazioni di monitoraggio, anche a seguito di sostituzioni di vecchie stazioni di monitoraggio</b>	
<b>Profili</b>	
Addizionale Microbiologico (M)	
Addizionale Fitofarmaci (F) - (AFITOFB)	
<b>Parametro</b>	<b>Unita di misura</b>
NITROBENZENE	µg/l
DIOSSINE E FURANI	µg/l
PCB	µg/l

Tabella 4-35 – Profilo analitico Iniziale (I)

Lo stato chimico dei corpi idrici sotterranei viene definito tramite i dati di monitoraggio del triennio 2014-2016: la metodologia di studio è quella individuata dal D. Lgs. 30/2009 che prevede, per ciascuna stazione di monitoraggio, il confronto delle concentrazioni medie annue con gli standard di qualità e valori soglia definiti a livello nazionale (tab. 2 e 3 dell'All. 3 del D. Lgs. 30/2009). I valori soglia, fissati a livello nazionale su base ecotossicologica, possono essere rivisti a scala di corpo idrico quando il fondo naturale delle acque sotterranee assuma concentrazioni superiori ai valori soglia, tali per cui questi ultimi vengono innalzati pari ai valori di fondo naturale (D. Lgs. 30/09).

Lo stato chimico "scarso" è stato attribuito tenendo conto dei valori soglia definiti per i corpi idrici sotterranei e, dove il numero delle stazioni di monitoraggio in stato "scarso" erano oltre il 20% del totale le stazioni, del corpo idrico sotterraneo medesimo.

Lo stato chimico è stato calcolato per ciascuna stazione di monitoraggio per ciascun anno durante il quale è stato effettuato il monitoraggio chimico: per l'attribuzione di uno stato relativo al triennio a ciascuna stazione è stato quindi considerato, per ciascuna stazione di monitoraggio, lo stato prevalente nel triennio e come sostanze critiche per lo stato chimico sono state elencate tutte le sostanze riscontrate nella stazione che hanno causato uno stato scarso.

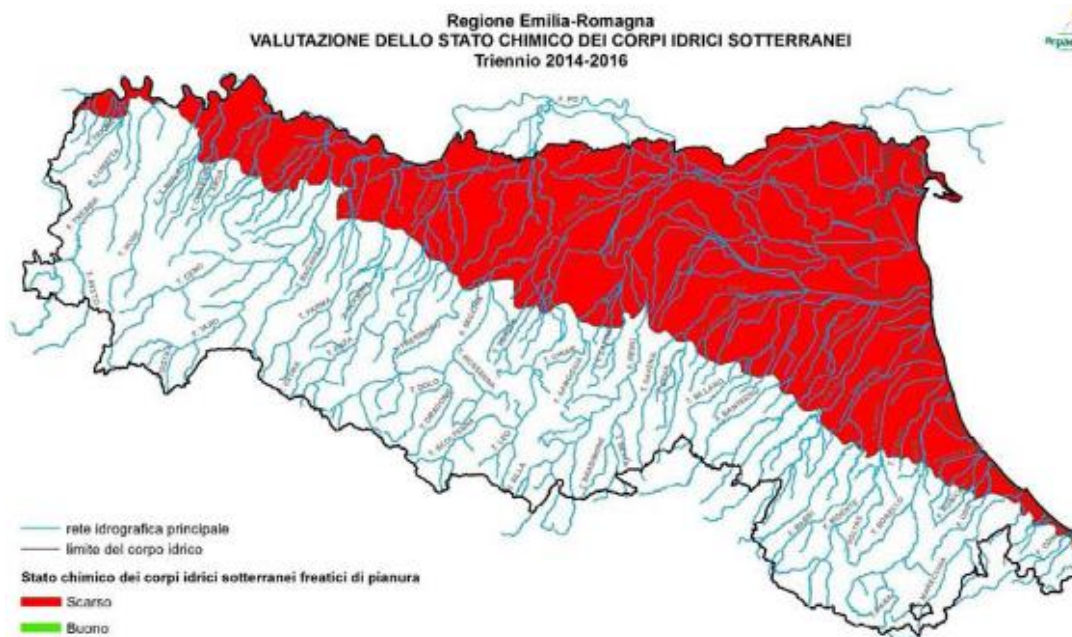


Figura 4-53 - Stato chimico dei corpi idrici sotterranei freatici di pianura (2014-2016)

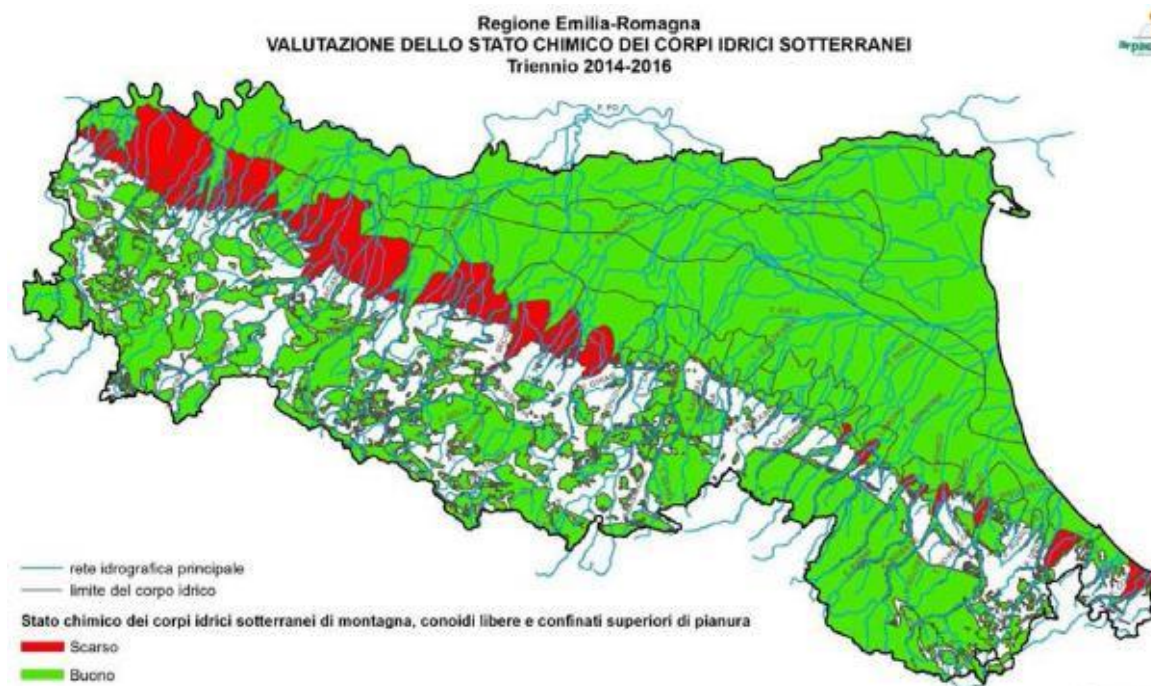


Figura 4-54- Stato chimico dei corpi idrici sotterranei montani, conoidi libere e confinati superiori di pianura (2014-2016)

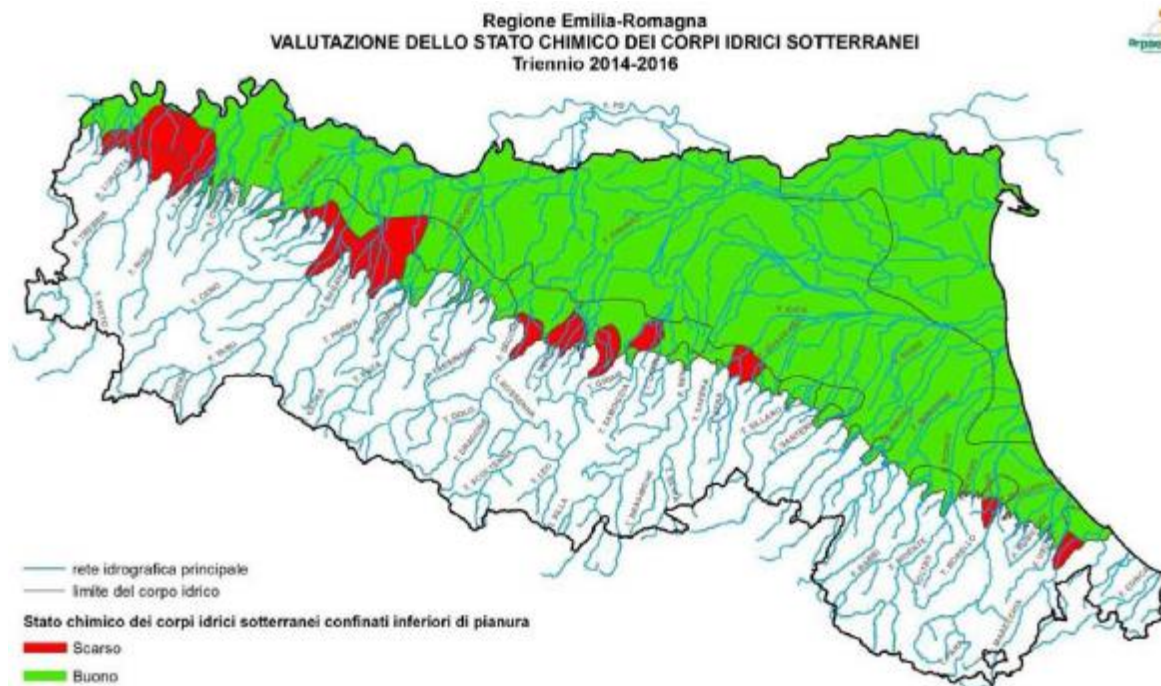


Figura 4-55 - Stato chimico dei corpi idrici sotterranei confinati inferiori di pianura (2014-2016)

Il monitoraggio chimico del triennio 2014-2016 relativo ai 135 corpi idrici sotterranei dell'Emilia-Romagna, evidenzia che 103 di questi sono in stato chimico buono, pari al 76,3% del totale: tra questi i corpi idrici montani, i profondi di pianura alluvionale, gran parte dei depositi di fondovalle e alcuni di conoide alluvionale. I restanti 32 corpi idrici, pari al 23,7% del totale, sono in stato chimico scarso (29 corpi idrici di conoide alluvionale appenninica, 1 dei depositi di fondovalle e 2 freatici di pianura).

Rispetto al quadriennio 2010-2013 si osserva una riduzione dello stato scarso dal 31,7% al 23,7% determinata prevalentemente dalla definizione dei valori di fondo naturale di Cromo esavalente nei corpi idrici montani di Parma e Piacenza.

La valutazione dello stato chimico in termini di superficie dei corpi idrici non presenta importanti scostamenti rispetto alla precedente valutazione: la classe buono è rappresentata dal 66,8% della superficie totale e la classe scarso dal restante 33,2%. La categoria qualitativa "scarsa" è rappresentata in gran parte dai 2 corpi idrici freatici di pianura, caratterizzati dall'assenza di

confinamento idrogeologico e pertanto molto vulnerabili alle numerose pressioni antropiche presenti in pianura.

Le criticità riscontrate in diverse conoidi alluvionali appenniniche, in particolare le porzioni libere e confinate superiori e in alcuni casi le porzioni confinate inferiori, sono imputabili prevalentemente alla presenza di composti di azoto, in particolare i nitrati, composti organoalogenati, boro, solfati e altri parametri indicatori di salinizzazione.

I corpi idrici più profondi (confinati inferiori di pianura), risultano in stato chimico buono, seppure la qualità non risulta idonea per usi pregiati per via della presenza naturale di ione ammonio, arsenico, boro e cloruri che sono naturalmente presenti negli acquiferi e per i quali sono stati determinati i rispettivi valori di fondo naturale.

## 4.6 SUOLO E SOTTOSUOLO

### 4.6.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO-GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO E SISMICO

#### 4.6.1.1 Geomorfologia

Dal punto di vista morfologico, nel territorio interessato si distinguono un sistema collinare ed un sistema di pianura. L'individuazione dei due sistemi, caratterizzati da una evoluzione strutturale indipendente, è legata all'esistenza, in corrispondenza del settore pedecollinare, del lineamento tettonico ad andamento NW-SE correlabile alla struttura di thrust nota in letteratura con la denominazione Sovrascorrimento Frontale Pedeappennico o PTF.

Gli elementi geomorfologici riscontrabili in corrispondenza del tracciato in progetto, sono essenzialmente ascrivibili ad ambienti di deposizione alluvionale quali ambiente di conoide, di piana alluvionale e, localmente, di terrazzo alluvionale.

La pianura bolognese può essere suddivisa in tre settori sulla base delle caratteristiche morfologiche, sedimentologiche e tessiturali dei depositi presenti. L'alta pianura, compresa tra il limite appenninico a Sud e la direttrice Anzola-Castelmaggiore-Castenaso a Nord, caratterizzata principalmente dalla presenza di litotipi a granulometria grossolana di spessore anche rilevante. La media e la bassa pianura si collocano a Nord del settore individuato e procedendo in direzione

Sud-Nord si assiste ad un progressivo aumento dei litotipi a granulometria fine. Le quote variano da 80-90 m s.l.m. m a ridosso del margine appenninico a 32 m s.l.m. m in prossimità del confine settentrionale del territorio comunale. Le pendenze della superficie topografica diminuiscono da valori superiori al 25 per mille in corrispondenza dell'alta pianura a valori di 1-2 per mille nelle porzioni più distali.

L'alta pianura è essenzialmente caratterizzata dalla presenza dei conoidi alluvionali riferibili alla attività deposizionale del F. Reno e del T. Savena che hanno modellato la fascia pedecollinare rispettivamente in corrispondenza del settore occidentale ed orientale dell'area in esame. Fra le due strutture di conoide principali si interpongono le strutture minori del T. Ravone, Rio Meloncello, T. Aposa e Fossa Cavallina. Le forme di origine antropica sono estremamente diffuse dato il notevole sviluppo di aree urbane in rapida evoluzione. Si tratta essenzialmente di arginature dei corsi d'acqua, canalizzazioni, siti di deviazione fluviale e aree di cava attive, abbandonate o ripristinate.

Di seguito vengono illustrati gli stralci delle carte geomorfologiche di pianura Est ed Ovest per il Comune di Bologna in cui si individuano gli elementi geomorfologici principali, in particolare i corsi d'acqua principali e secondari, i dossi fluviali, i depositi alluvionali antichi e recenti e conoidi alluvionali.

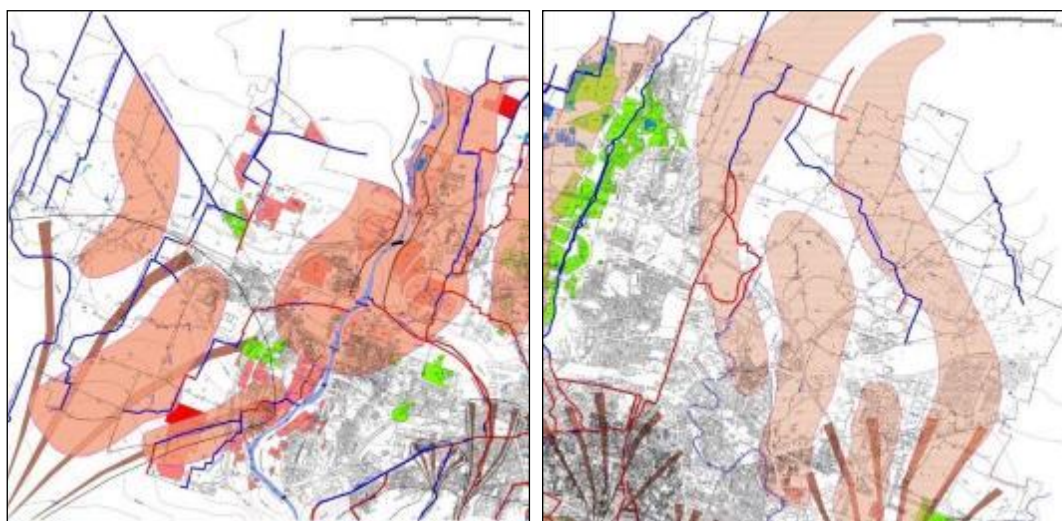


Figura 4-56 – Stralcio della carta geomorfologica di pianura del Comune di Bologna. A sinistra la porzione ovest, a destra la porzione est

#### 4.6.1.2 *Assetto geologico regionale*

La formazione della pianura bolognese, nella quale è situato il territorio in esame, è legata all'evoluzione tettonica-sedimentaria del bacino padano.

Le prospezioni geofisiche ed i sondaggi effettuati dall'Agip per la ricerca di idrocarburi hanno individuato nel sottosuolo padano strutture profonde, sviluppatesi in un lasso di tempo compreso tra il Miocene superiore ed il Pleistocene, geneticamente connesse alla tettonica di embricazione che ha caratterizzato l'evoluzione strutturale dell'Appennino. I fronti dei sovrascorrimenti sepolti, che interessano le stesse unità litologiche per lo più di origine marina che è possibile osservare in affioramento nel margine collinare, sono marcati da pronunciate pieghe anticlinali asimmetriche, vergenti a N-NE, con asse orientato mediamente NW-SE, fra le quali si segnalano le pieghe della cosiddetta Dorsale Ferrarese.

L'indagine geofisica ha inoltre evidenziato la presenza di un importante sistema di faglie che esplica tuttora la sua attività a carattere compressivo, noto in letteratura come "sovrascorrimento pedeappenninico": esso costituisce l'elemento morfostrutturale di separazione tra la fascia collinare in sollevamento e l'antistante pianura interessata dalla subsidenza. Il significato cinematico attribuito a tale lineamento concorda con il generale sovrascorrimento degli elementi appenninici al di sopra di quelli padani summenzionati.

La pianura bolognese è quindi compresa tra il sistema tettonico del "sovrascorrimento pedeappenninico" ed il fianco meridionale delle pieghe della Dorsale Ferrarese.

Il colmamento del bacino bolognese si è realizzato principalmente in seguito all'attività sedimentaria dei corsi d'acqua appenninici: procedendo dal basso verso l'alto si rinvencono dapprima sedimenti di origine marina, successivamente sedimenti transizionali (lagunari e costieri) ed infine depositi di origine francamente continentale che costituiscono le alluvioni quaternarie. Le variazioni di spessore e dei caratteri deposizionali, registrate dalla successione litostratigrafica, sono riconducibili a fenomeni tettonici e glacio-eustatici che hanno controllato la sedimentazione all'interno del bacino e hanno condizionato la potenzialità deposizionale dei vari corsi d'acqua. Il riempimento del bacino marino ed il successivo passaggio alla

sedimentazione continentale non si sono verificati in maniera continua e progressiva, ma sono stati il risultato di eventi tettonico-sedimentari parossistici, separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale e movimenti ridotti delle strutture compressive.

Di fatto la successione quaternaria continentale (porzione sommitale del riempimento del bacino padano), poggia con un contatto discordante sul ciclo pleistocenico inferiore marino.

Lo spessore del ciclo continentale è molto variabile a seconda delle zone considerate. In prossimità del fiume Reno la facies di transizione all'ambiente marino si incontra ad una profondità di circa 400 m.

Studi recenti hanno individuato nell'area emiliana una formazione fluvio-lacustre che costituisce la base della successione quaternaria continentale. Al suo interno è riconoscibile un'alternanza di unità ghiaiose e pelitico-sabbiose. Le prime vengono interpretate come facies di conoide mentre le seconde come appartenenti ad ambienti di piana alluvionale.

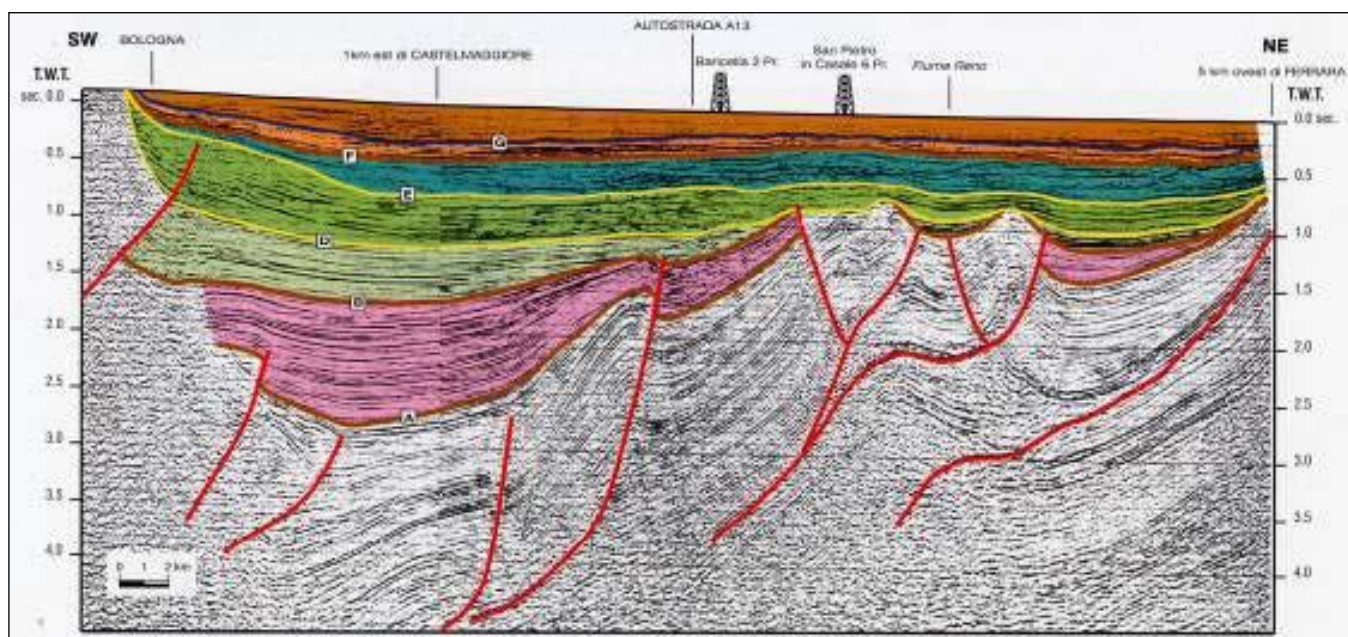


Figura 4-57 – Profilo sismico interpretato (cortesia AGIP, tratto da Regione Emilia Romagna - ENI -AGIP, 1998 :  
Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna, a cura di G. Di Dio)

Facendo riferimento alla sezione riportata nella figura sopra ed alla successione geologico-stratigrafica riportata nella pubblicazione da cui è tratta (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP,

1998: “Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna”. A cura di G. Di Dio), lo schema di riferimento per la pianura bolognese è costituito dalla successione di tre diverse sequenze deposizionali:

Supersistema del Pliocene medio-superiore: costituisce la base dei gruppi acquiferi del bolognese (età da 3,6 a 2,2 milioni di anni, in rosa nella sezione);

Supersistema del Quaternario marino: caratterizzato dalla presenza di 4 complessi acquiferi, depositatisi nel periodo compreso tra 2,2 e 0,65 milioni di anni (in verde e blu nella sezione);

Supersistema Emiliano-Romagnolo, che rappresenta la successione quaternaria continentale.

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE					ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE											
AFFIORANTI			SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO										
QUATERNARIO CONTINENTALE	DILUVIUM p.p.	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITA' DI CA' DI SOLA	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' DI BORGO PANIGALE	ORIZZONTE DI FOSSOLO	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	~0.12	0.125	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	A	A1					
													FORMAZIONE DI OLIVATELLO	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO
	MILAZZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3'																
													MILAZZIANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3'	~0.8	1.72	PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE	C2
QUATERNARIO MARINO	CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	~1.0	~2.2	~3.3-3.6	3.55	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE	C	C3					
													CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERSISTEMA DEL PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE	~3.9	ACQUITARDO BASALE	C4	
																		P2
													P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	~3.9	ACQUITARDO BASALE	C5	

Figura 4-58– Quadro geologico-stratigrafico e idrostratigrafico Regione Emilia Romagna

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo è litologicamente caratterizzato da un'alternanza di ghiaie con scarse sabbie e peliti (argille e limi). In particolare è possibile riconoscere la presenza di due orizzonti pelitici di spessore significativo (superiore ai 20 metri), che consente di effettuare una

distinzione in n. 3 megasequenze ghiaiose all'interno della successione in esame; i livelli pelitici sono i seguenti:

- orizzonte inferiore: segnalato alla profondità di 280 m dal p.c., presenta uno spessore di 20/25 m;
- orizzonte superiore: denominato Unità di Fossolo, è situato ad una profondità di circa 120/140 m dal p.c., con spessori variabili tra 20 m e 30 m (identificato con la lettera G nella sezione di Figura 4-).

I terreni affioranti nei pressi dell'area in progetto sono raggruppati nel Supersistema Emiliano Romagnolo e sono inserite nel Subsistema di Ravenna (AES8) come facies di limi sabbiosi. La Figura che segue illustra la distribuzione delle litologie affioranti nelle aree interessate dal progetto.



Figura 4-59 – Stralcio della carta geologica RER della zona (non in scala)

Di seguito si riportano le caratteristiche delle litofacies ghiaiose, sabbiose e limoso argillose dei vari livelli che costituiscono il Subsistema.

### LITOFACIES GHIAIOSE

I livelli ghiaiosi presentano un grado di organizzazione molto variabile. Le facies più disorganizzate sono generalmente massive, poco cernite e tipicamente matrice sostenute.

La matrice è rappresentata in genere da sabbie da fini a grossolane e da peliti. La dimensione massima dei ciottoli è di circa 25/30 cm e all'interno dei banchi non si riscontrano significative tendenze granulometriche. Questi depositi vengono generalmente interpretati come depositi da colata. Le facies organizzate sono più frequenti delle precedenti ed al loro interno è riconoscibile un motivo deposizionale definito da sequenze fining upward di 2/5 m di spessore a base grossolana. Sono disposte in corpi generalmente amalgamati, limitati alla base da superfici debolmente erosive e irregolari, passanti verso l'alto a orizzonti discontinui o a lenti di sabbie a stratificazione incrociata o a laminazione parallela.

Questi depositi possono essere interpretati come il prodotto della migrazione delle barre fluviali e come il riempimento di canali secondari. Nell'area di interesse le ghiaie si rinvencono ad una profondità generalmente maggiore di 10,0 m.

### LITOFACIES LIMOSO-SABBIOSE

Le sabbie sono generalmente comprese all'interno di unità prevalentemente fini come corpi isolati, oppure sovrastano le unità ghiaiose. Hanno geometria piano-concava, base erosiva e presentano una granulometria variabile da grossolana a fine che forma tipiche sequenze fining upward. Questi depositi sono interpretati come il riempimento di canali in ambiente di conoide intermedio distale e di piana alluvionale. I corpi che mostrano basso rapporto lunghezza/altezza corrispondono al riempimento di canali stabili, mentre quelli il cui rapporto è molto alto riflettono lo spostamento laterale del canale in condizioni di scarsa subsidenza. Lateralmente ai depositi di canale si ritrovano alternanze ritmiche di sabbie fini e finissime con limi sabbiosi organizzate in piccole sequenze a base netta, fining upward ed aventi spessore decimetrico.

Nei rari strati di maggior spessore si possono riconoscere una laminazione obliqua a piccola scala con presenza di ripples rampicanti e di stratificazione lenticolare. Si tratta di depositi di argine o di margine di canale dove avvenivano fenomeni di trazione-decantazione tra loro alternati.

### LITOFACIES LIMOSO-ARGILLOSE

I livelli prevalentemente limosi vengono interpretati come depositi di argine distale che, lateralmente, passano a unità costituite da argille limose caratteristiche di ambienti a bassa energia ubicati tra due sistemi di canale-argine. All'interno della successione fine di piana alluvionale si segnalano inoltre degli orizzonti scuri o neri, con spessori variabili da alcuni decimetri ad oltre un metro, che mostrano un'altissima percentuale di sostanza organica (spesso si rinvencono frustoli vegetali e frammenti di legno). Questi orizzonti a forte componente organica sono spesso associati a pacchi di argille di alcuni metri di spessore, con forti concentrazioni di molluschi che indicano un ambiente palustre di acqua dolce.

#### *4.6.1.3 Inquadramento idrogeologico*

Gli acquiferi nell'area di pianura bolognese assumono un ruolo di primaria importanza nell'ambito della gestione delle risorse idriche sotterranee, alimentando i tre principali centri di approvvigionamento idrico comunale.

Gli approfondimenti condotti nell'ambito dei vari progetti eseguiti consentono una descrizione dettagliata della struttura geologica del sottosuolo. Sono state identificate le seguenti unità idrogeologiche:

- Acquifero A1
- Acquitardo Alfa
- Acquifero A2, A3, A4 (unità acquifere accorpate in una singola unità denominata A234)
- Acquitardo Delta
- Acquifero B
- Acquitardo Epsilon
- Acquifero C

La figura che segue fornisce uno schema di comparazione fra la nomenclatura utilizzata in letteratura nell'ambito della definizione delle unità geologiche riconosciute, cui si è fatto riferimento in precedenza, e la denominazione delle unità idrogeologiche proposta più recentemente.

Sistema Acquifero			Acquitardi	Falde
A	A1	A1c		SUP3-SUP4
		A1b		SUP2
		A1a		SUP1
			Alfa	Profondo
	A2			
	A3			
	A4			
			Delta	
B				
		Epsilon		
C				

Figura 4-60 – Quadro riassuntivo delle unità geologiche ed idrogeologiche riconosciute

La struttura geologica dell'area in esame è stata definita attraverso l'analisi di sondaggi e stratigrafie di pozzi idrici e tramite la ricostruzione di appropriate sezioni idrogeologiche.

Vengono di seguito descritte le principali caratteristiche delle unità idrogeologiche identificate.

#### ACQUIFERO A1

Rappresenta l'acquifero più superficiale. Di geometria cuneiforme, presenta spessori variabili da 24-28 m in prossimità del margine collinare a 65-70 m nelle zone più distali. Ospita un articolato complesso di falde superficiali.

#### ACQUITARDO ALFA

Questo acquitardo costituisce un importante elemento di suddivisione all'interno del Gruppo Acquifero A, separando il complesso delle falde superficiali dal complesso delle falde profonde. I depositi che lo costituiscono sono prevalentemente di tipo limoso-argilloso, con locali intercalazioni grossolane.

#### ACQUIFERO A2+A3+ A4 (A234)

La porzione dell'acquifero A sottostante l'Acquitardo Alfa è costituita dalle sottounità denominate A2, A3 e A4 di spessore complessivo compreso tra 40 e 160 m, aumentando in direzione Sud-Nord.

L'Acquifero A234 è sede di una falda profonda confinata caratterizzata da livelli piezometrici differenziati.

#### ACQUITARDO DELTA

L'Acquitardo Delta si localizza tra gli acquiferi A e B. Lo spessore è compreso tra 20 e 25 m ed i depositi sono prevalentemente limoso-argillosi, con locali intercalazioni grossolane.

#### ACQUIFERO B

Lo spessore complessivo di tale acquifero varia da 15 a 150 m, aumentando in direzione Nord, con sensibile riduzione riconosciuta in corrispondenza del centro storico di Bologna e connessa a motivi di attività tettonica.

È sede di una falda profonda confinata.

#### ACQUITARDO EPSILON

L'Acquitardo Epsilon separa gli acquiferi B e C. Nell'ambito dell'area in esame lo spessore varia da 15 a 25 m. I depositi che lo costituiscono sono essenzialmente siltoso-argillosi, con locali intercalazioni di sedimenti a granulometria grossolana.

#### ACQUIFERO C

L'Acquifero C è sede di un acquifero profondo confinato. I rilievi piezometrici eseguiti confermano l'esistenza di un acquifero multifalda costituito da un complesso di falde superficiali ed un complesso di falde profonde (Farina et al., 2001). Tale articolazione si sviluppa ulteriormente all'interno delle falde superficiali, localizzate nell'ambito dei primi 30-40 metri di profondità.

In corrispondenza di profondità inferiori o superiori, ovvero in riferimento a falde ospitate all'interno degli acquiferi B ed A1, si riscontrano livelli piezometrici nettamente diversi, con soggiacenza più prossima al piano campagna (A1) o più profonda (Ciclo B).

Vengono di seguito descritte le principali caratteristiche delle unità idrogeologiche profonde e superficiali e delle falde in esse contenute.

#### Unità idrogeologiche profonde

Le falde profonde si collocano all'interno di acquiferi posti a profondità comprese tra 50-60 metri e 300-400 metri, corrispondenti alle unità stratigrafiche dei Cicli B e C e della porzione inferiore del Ciclo A. Tali corpi acquiferi sono caratterizzati da intercalazioni pelitiche che portano ad una elevata anisotropia della permeabilità. A profondità ulteriori è presente l'interfaccia acqua dolce-acqua salmastra (Agip, 1972); l'acqua presente a tali profondità non è pertanto sfruttabile a fini economici.

La documentazione piezometrica nota da letteratura (Regione Emilia Romagna-Arpa, 1997) evidenzia una profonda depressione nel conoide del Reno, dovuta agli intensi prelievi, che giunge a -55 m dal piano campagna.

L'evoluzione piezometrica temporale permette di osservare un continuo e progressivo abbassamento della falda, con medie di oltre 2 m/anno (Artioli e Baldini, 1997).

L'area bolognese, ubicata su uno dei più antichi centri di emungimento (campi pozzi di Borgo Panigale e Tiro a Segno), ha visto stabilizzarsi le quote piezometriche su livelli dinamici assai depressi, intorno alla metà degli anni '80 anche a seguito della diminuzione dei volumi sollevati.

Il richiamo causato dall'emungimento dei pozzi profondi si trasmette anche negli acquiferi più superficiali. Fenomeni di drenanza sono osservabili fino a circa 200 metri di profondità, pur verificandosi con particolare evidenza tra il piano campagna e i 70 metri di profondità (Artioli e Baldini, 1997) dove la differenza tra le quote piezometriche dei diversi acquiferi è pari a circa 20-30 m.

La morfologia della superficie piezometrica risulta interessata da una marcata depressione localizzata all'interno del conoide del F. Reno. I valori di soggiacenza raggiungono, in queste zone, valori pari a -55 m dal piano campagna.

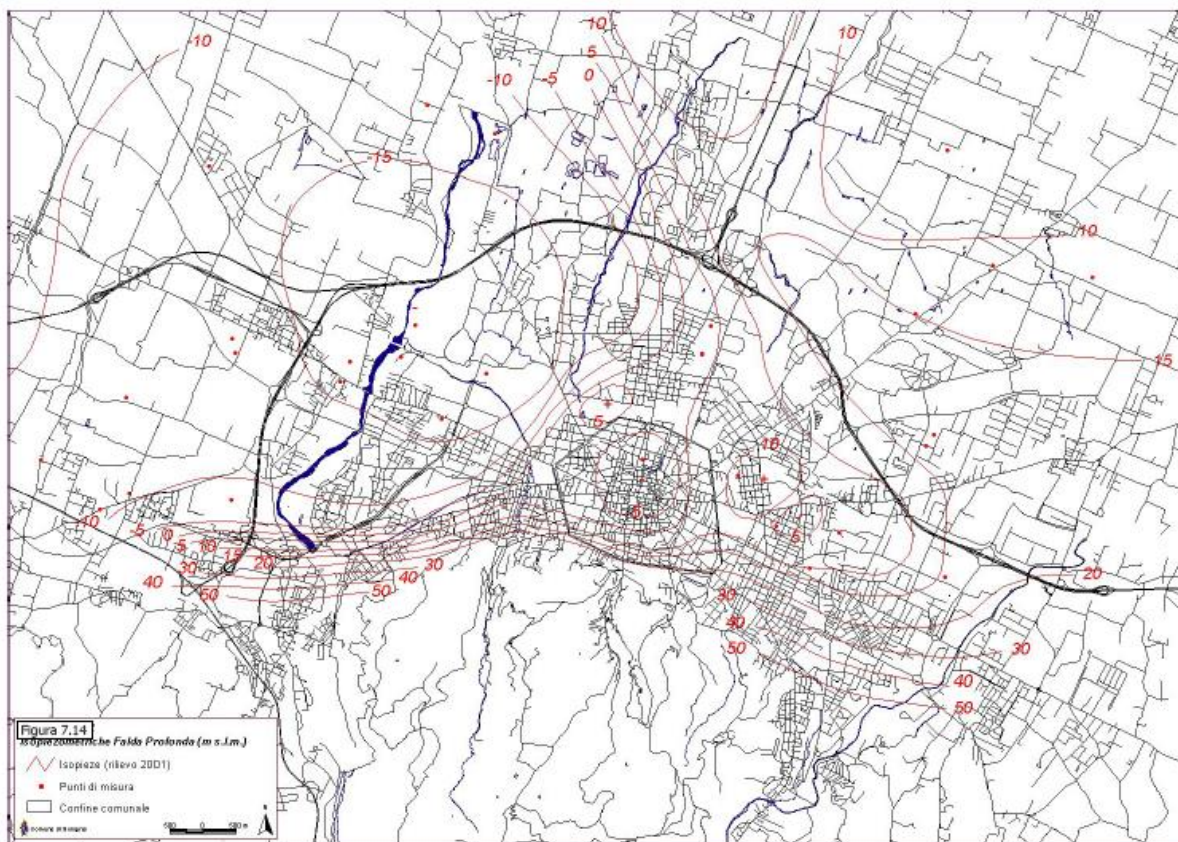


Figura 4-61 – Isopiezometriche falda profonda, m s.l.m. (da P.A.E.2007 - Comune di Bologna)

### Unità idrogeologiche superficiali

La struttura delle unità superficiali, contraddistinta come precedentemente descritto, dall'alternanza verticale di corpi a granulometria grossolana e fine, rappresenta una condizione favorevole per l'individuarsi di un acquifero multifalda.

All'interno dell'Unità A1 (o UBP4) sono stati riconosciuti tre corpi ghiaioso-sabbiosi, denominati A1a, A1b, A1c (Farina et al., 1998). Si tratta di corpi acquiferi parzialmente saturi, localmente in pressione, totalmente insaturi in corrispondenza di specifiche localizzazioni.

Le falde in essi contenute sono denominate, dalla più profonda alla più superficiale, SUP1, SUP2 e SUP3, e sono ospitate all'interno dei corpi acquiferi A1a A1b e A1c rispettivamente. Un'ulteriore falda, denominata SUP4, è contenuta nei depositi sabbioso siltoso-argillosi localizzati in corrispondenza degli spessori più superficiali. In quest'ultimo caso non è chiaramente

riconoscibile un corpo acquifero permeabile delimitato da intervalli a bassa permeabilità. L'acquifero appare infatti costituito da corpi semipermeabili difficilmente circoscrivibili.

Viene di seguito fornita una descrizione dei principali lineamenti caratterizzanti il complesso delle falde superficiali.

#### UNITÀ SUP1 – CORPO ACQUIFERO: CICLO A1A

L'unità denominata SUP1 è contenuta all'interno del corpo acquifero A1a ghiaioso-sabbioso, situato a profondità variabile fra 25 e 55 metri e caratterizzato da spessori superiori a 15 m in corrispondenza delle parti depocentrali della conoide del Fiume Reno.

Il corpo acquifero A1 si sovrappone stratigraficamente all'orizzonte acquitardo Alfa (Farina et al., 2001b) e la morfologia della superficie piezometrica consente di individuare un settore interessato da linee di flusso divergenti localizzato in corrispondenza di depositi a valori di conducibilità idraulica limitata, correlabili ai corpi acquiferi prevalentemente canalizzati in matrice limoso-argillosa presenti nella zona di interconoide nel cui ambito si colloca il centro storico di Bologna.

In corrispondenza di questo settore si viene ad individuare uno spartiacque che separa i due bacini idrogeologici principali riferibili al F. Reno e al T. Savena.

Gli assi di drenaggio corrispondono essenzialmente agli assi depocentrali delle strutture di conoide.

I settori di conoide del F. Reno e del T. Savena risultano presentano condizioni di falda libera individuabili principalmente in posizione apicale e mediana, mentre nelle posizioni distali si rilevano condizioni di falda in pressione.

Il settore di conoide del F. Reno, in particolare, risulta caratterizzato prevalentemente da condizioni di falda libera correlabili alla presenza di spessori superficiali consistenti di depositi a granulometria grossolana.

In conseguenza della situazione sopra descritta, la falda SUP1 riceve localmente alimentazione diretta dalla superficie e dal corso d'acqua.

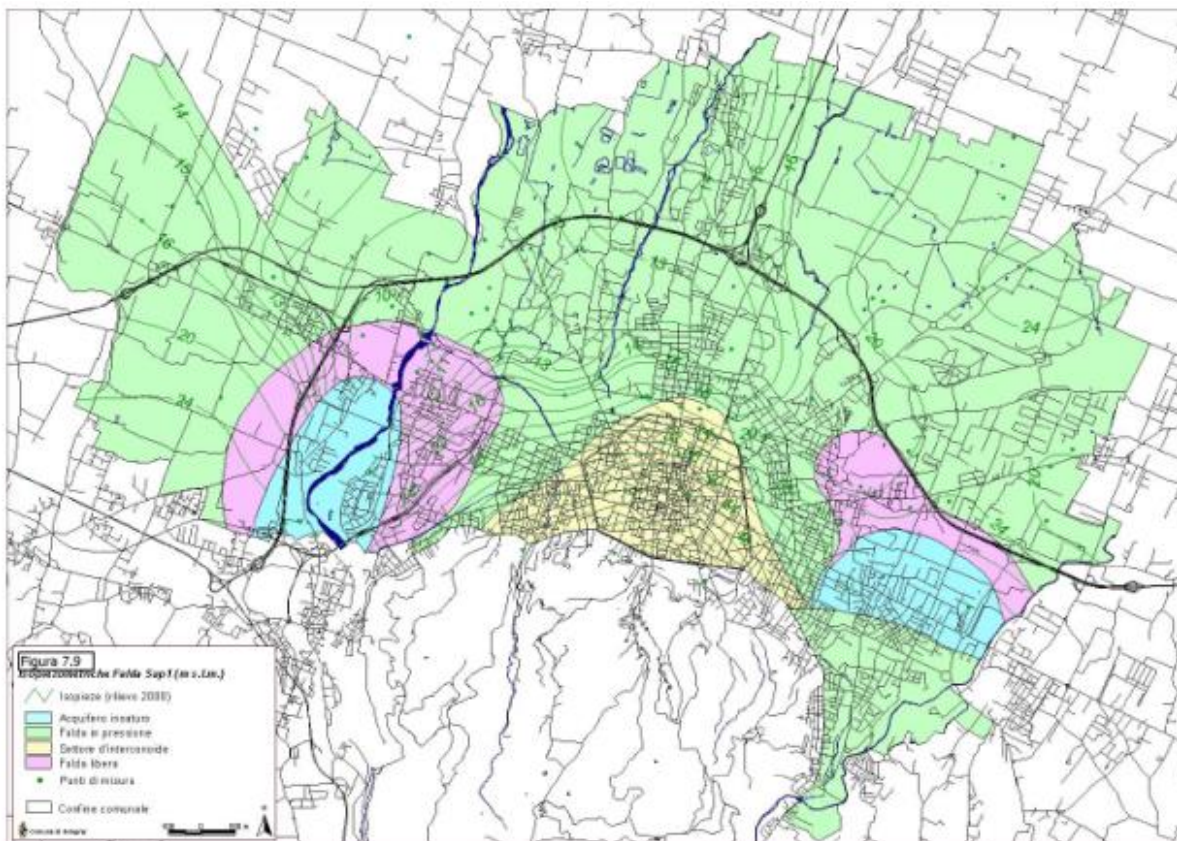


Figura 4-62 – Isopiezometriche falda Sup1, m s.l.m. (da P.A.E.2007 - Comune di Bologna)

#### UNITÀ SUP2 – CORPO ACQUIFERO: CICLO A1B

L'unità denominata SUP2 è contenuta all'interno dell'acquifero A1b e risulta stratigraficamente sovrapposta ad un acquitardo di minore importanza stratigrafica rispetto al caso precedentemente esaminato, caratterizzato da minori spessori di materiale grossolano, ridotti spessori di falda e una maggiore estensione areale del corpo grossolano

Il corpo acquifero A1b è caratterizzato da estesi corpi lenticolari delimitati in prevalenza da depositi fini e la struttura della falda SUP2 ripercorre i lineamenti morfologici della falda SUP1. Essa risulta caratterizzata da condizioni di falda libera per buona parte del territorio comunale. Condizioni di falda confinata si riscontrano nella porzione nord-orientale e nel settore di interconoide. In particolare, data l'esiguità degli intervalli costituiti litotipi a granulometria fine, in corrispondenza delle porzioni occidentali, interessate dalla presenza della conoide del F. Reno.

In corrispondenza di questo settore il corpo acquifero A1b è privo di manifestazioni idriche; i corpi A1a e A1b risultano saldati insieme e il corpo A1b costituisce l'insaturo della sottostante falda SUP1.

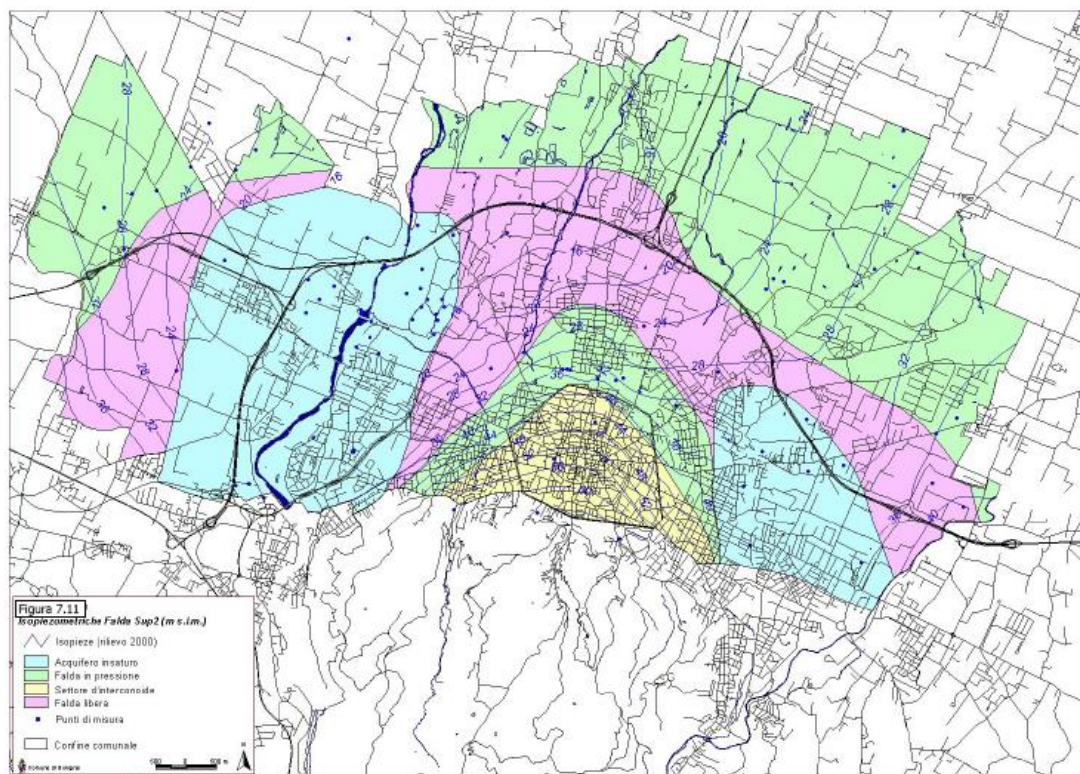


Figura 4-63 – Isopiezometriche falda Sup2, m s.l.m. (da P.A.E.2007 - Comune di Bologna)

#### UNITÀ SUP3 E SUP4 – CORPO ACQUIFERO: CICLO A1C

Il corpo acquifero A1c costituisce il corpo grossolano più prossimo al piano campagna. Le sue dimensioni sono meno rilevanti rispetto ai corpi A1a e A1b, nonostante la struttura a corpi ghiaiosi coalescenti mantenga una larghezza comunque considerevole e pari anche a 4-5 km.

La falda contenuta all'interno dell'unità descritta (SUP3) presenta solitamente una minore continuità rispetto alla falda sottostante.

Si riscontra una totale assenza di falda superficiale all'interno di un ampio settore assiale ai conoidi del F. Reno e del T. Savena, legata alla mancanza di orizzonti a granulometria fine di spessore e continuità sufficienti ad interrompere la continuità dei depositi ghiaiosi superficiali. La

situazione descritta si rileva lungo il tracciato del F: Reno in corrispondenza di un settore di larghezza pari a circa 3-4 km, individuabile da Casalecchio al confine comunale settentrionale.

Nell'ambito del conoide del T. Savena tale situazione si riscontra all'interno di un settore ampio circa 3 km. La morfologia della superficie piezometrica della falda SUP4 evidenzia, inoltre, la depressione prodotta dal drenaggio esercitato dal Canale Navile nella parte occidentale del comune fino entro il limite del centro storico. Tale funzione di drenaggio porta a situazioni di depressione allungata nel senso del corso di acqua.

È però plausibile ammettere che tale andamento delle isolinee venga accentuato dai numerosi vuoti di ex cava ivi presenti.

Si osserva, inoltre, l'effetto di ricarica operata dal paleoalveo del Savena che determina la formazione di un possibile spartiacque.

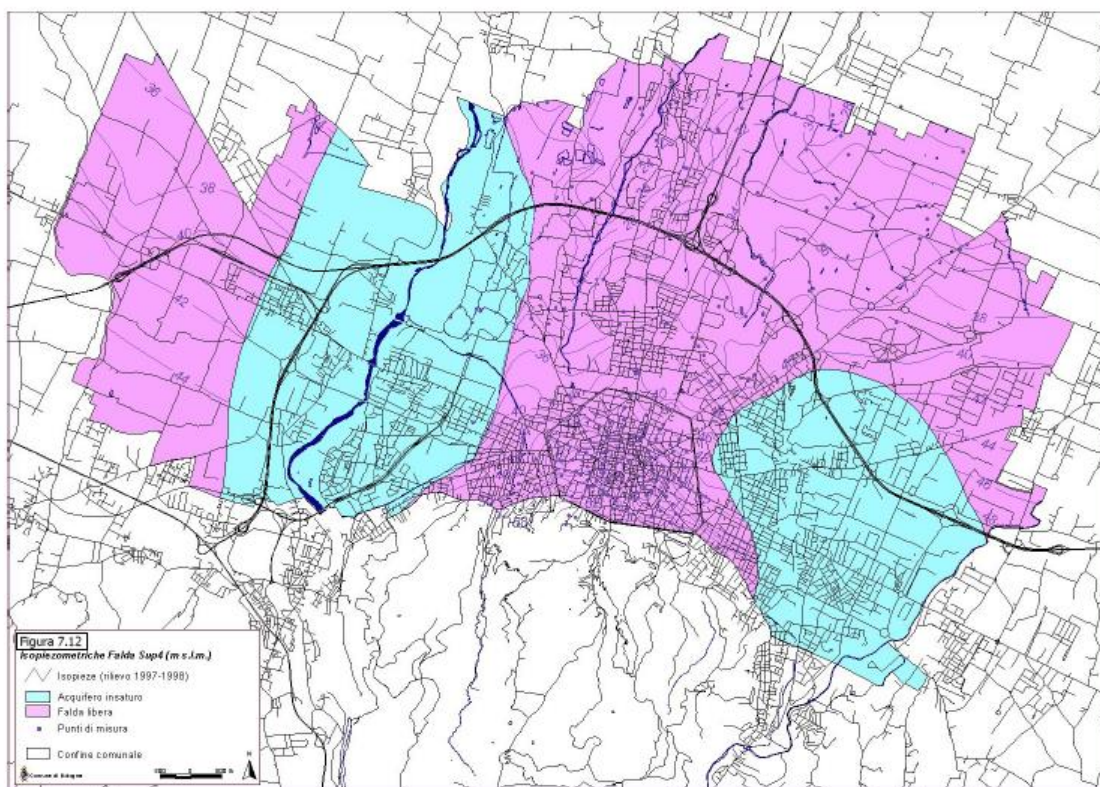


Figura 4-64 – Isopiezometriche falda Sup4, m s.l.m. (da P.A.E.2007 - Comune di Bologna)

#### 4.6.1.4 Subsidenza locale

Come evidenziato da ARPA nel progetto di rilievo della subsidenza in Emilia-Romagna realizzato per la Regione e la Provincia di Bologna, l'elemento primario è stato l'aggiornamento delle conoscenze sul fenomeno della subsidenza da un punto di vista geometrico, su un'area di indagine che comprende l'intera pianura regionale, circa 11.000 km<sup>2</sup>.

L'elemento innovativo è stato l'utilizzo del metodo satellitare dell'interferometria differenziale: il metodo è noto da almeno una quindicina di anni ma solo dopo l'avvento della tecnica PSInSAR™, nel 2000, ha mostrato tutte le sue reali potenzialità, in particolare per la valutazione dei movimenti verticali del suolo utilizzando un grande numero di bersagli radar a terra.

La misura di tali movimenti, specie se piccoli, è stata sempre affidata ad operazioni topografiche quali le livellazioni geometriche di alta precisione che, pur fornendo ottimi risultati quanto a qualità delle misure, non possono fornire un'informazione altrettanto capillare e diffusa.

Un metodo non esclude l'altro: entrambi vanno utilizzati in completa integrazione. Nel 2005 è stata realizzata la misura di una rete di livellazione, sottoinsieme della rete regionale, di circa 1.000 km di sviluppo, per confrontarla con le misure del 1999 e determinare i movimenti del suolo relativamente a circa un migliaio di capisaldi. Questa campagna, oltre a fornire una prima visione del fenomeno, è servita per operare tutte quelle verifiche indispensabili ai fini di un concreto utilizzo del metodo satellitare.

Successivamente sono state realizzate analisi interferometriche e sono state compiute le operazioni necessarie per la validazione e la messa a punto dei dati radar. Lo studio ha dimostrato come la tecnica dei diffusori permanenti radar possa essere utilizzata per questo tipo di analisi territoriali, anche se sono emersi alcuni problemi, soprattutto per indagini così ad ampia scala, come la necessità di elaborazioni congiunte di un gran numero di immagini appartenenti a molte traks differenti, o la necessità di operare separatamente per siti e successivamente mosaicare i risultati. Quest'ultima procedura darebbe probabilmente risultati migliori se per ogni sito si potesse disporre sia di un punto di riferimento di cui fosse noto, da misure di altro tipo, il movimento in atto, sia di altri capisaldi da usare come punti di controllo. A tal fine è risultato di

grande utilità il supporto delle misure di livellazione geometrica, tanto da risultare un riferimento imprescindibile per un corretto utilizzo del dato interferometrico.

I risultati ottenuti forniscono un quadro di dettaglio del fenomeno della subsidenza a scala regionale in un arco temporale molto ampio, che va letto ricordando il grado di incertezza associato alle velocità calcolate. I valori più elevati sono quelli che caratterizzano una vasta area della provincia di Bologna, con abbassamenti medi intorno a 20 mm/anno, sebbene si registri, in generale, un notevole miglioramento rispetto agli anni '90.

#### PERIODO 1992-2000

Nel periodo 1992-2000 nella provincia di Bologna il fenomeno si presenta particolarmente accentuato sia per i valori massimi, oltre 40 mm/anno, sia per l'estensione della superficie interessata, oltre 600 km<sup>2</sup>, i cui confini arrivano a sud con la via Emilia da Ponte Samoggia fino ad Ozzano dell'Emilia, a ovest ai centri di San Giovanni in Persiceto e di San Matteo della Decima, a nord sino a Pieve di Cento e ad est ai centri di San Giorgio di Piano, di Minerbio e di Budrio.

All'interno di tale area in particolare si distinguono tre zone di massimo sprofondamento in corrispondenza di Sala Bolognese, Bonconvento e Cadriano con oltre 40 mm/anno; mentre al di fuori di tale area si notano altri 2 coni di abbassamento significativi in corrispondenza della località Poggio (4 km a nord di Castel San Pietro) con un massimo di 30 mm/anno e di Sasso Morelli (5 km a est di Castel Guelfo) con un massimo di circa 20 mm/anno.

Per ciò che riguarda in dettaglio il territorio comunale di Bologna, si hanno i massimi abbassamenti registrati, pari anche a 45 mm/anno (vd. Figura 4-).

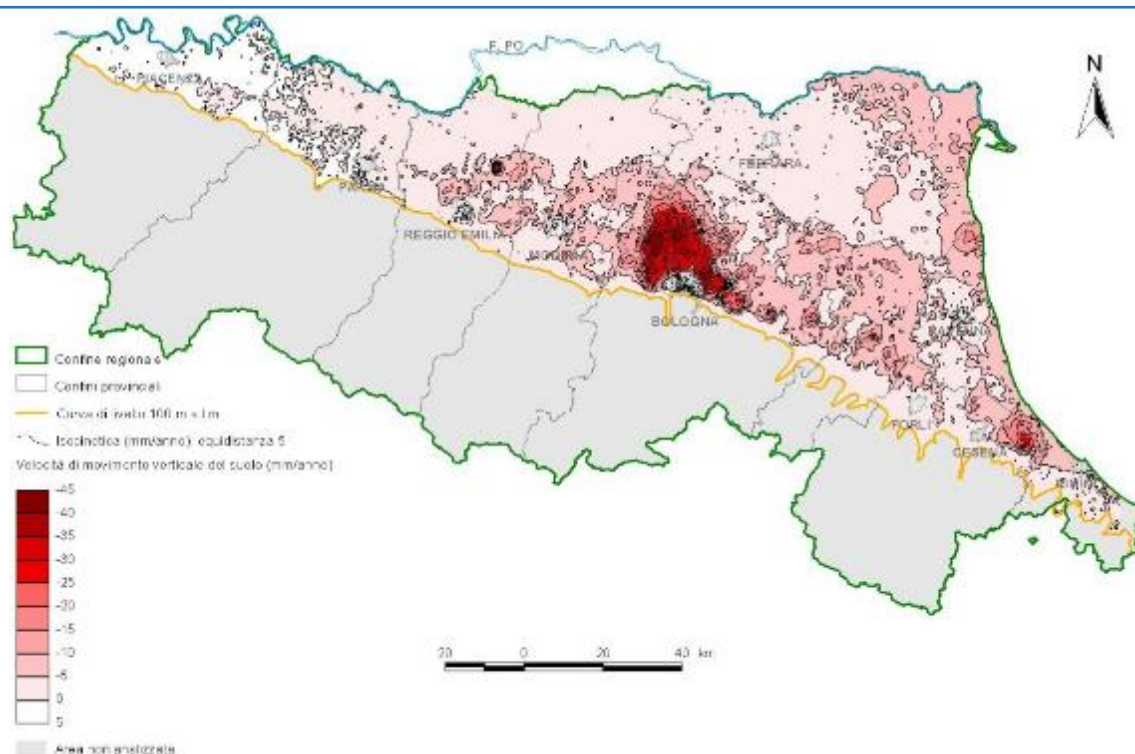


Figura 4-65– Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 1992-2000 – Provincia di Bologna

#### PERIODO 2002-2006

Nel periodo 2002-2006 nella stessa provincia di Bologna si evidenziano abbassamenti generalmente in accentuata riduzione rispetto al periodo precedente; in particolare tale riduzione è evidente in corrispondenza dell'area ampia, anche se sono ancora presenti alcuni picchi localizzati nei pressi di Sala Bolognese, Anzola dell'Emilia e Cadriano con circa 30 mm/anno e Bonconvento con circa 40 mm/anno.

Al di fuori di tale area, si evidenzia ancora il cono di sprofondamento della località Poggio, con un massimo di 30 mm/anno come nel periodo precedente. Viene confermata anche l'area di abbassamento presso Sasso Morelli seppure con valori di poco inferiori (15 mm/anno). Si evidenzia inoltre la scomparsa dell'area di sprofondamento localizzata precedentemente a nord di Ozzano dell'Emilia, mentre per l'area compresa all'interno del comune di Bologna, si nota un accentuamento del fenomeno di subsidenza con valori massimi di abbassamento compresi tra i 0 ed i 35 mm/anno.

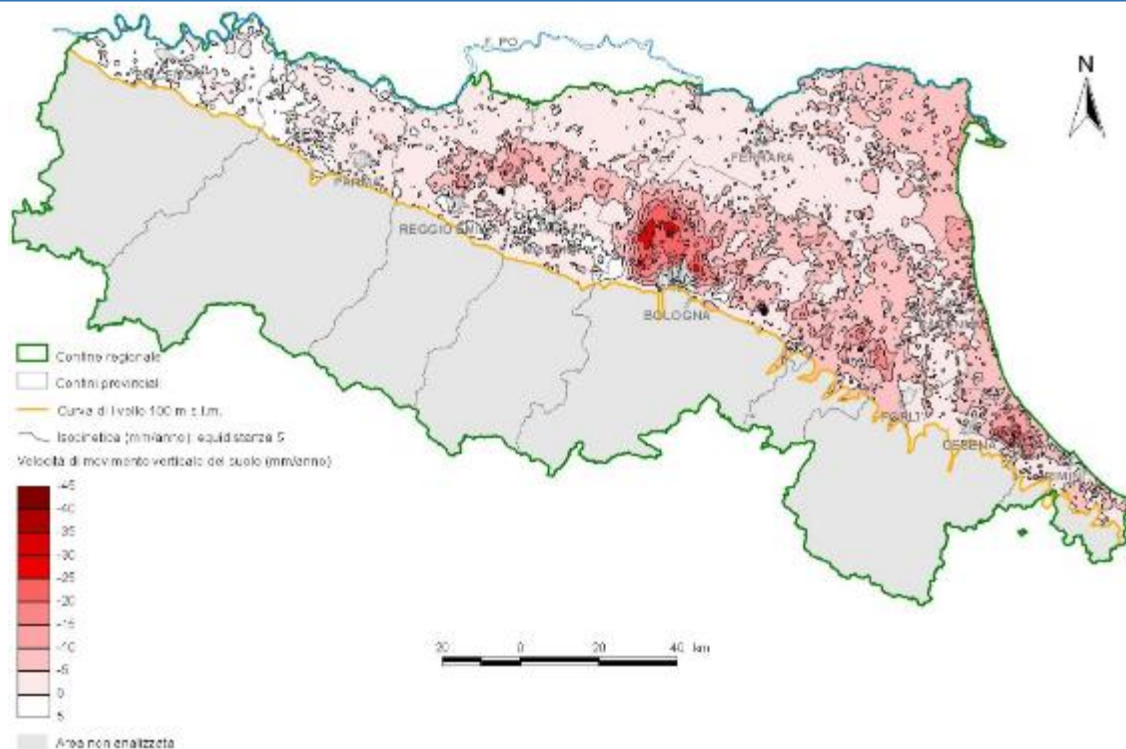


Figura 4-66 – Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2002-2006 – Provincia di Bologna

#### PERIODO 2006-2011

Dall'esame degli elaborati prodotti si evince che la gran parte del territorio di pianura della regione non presenta nel periodo 2006-11 variazioni di tendenza rispetto al periodo 2002-06; circa un terzo della superficie evidenzia una riduzione della subsidenza e appena il 3% un incremento, presente in particolare nel Modenese, Bolognese, Ravennate e Forlivese.

Il Bolognese si conferma come il territorio più subsidente, nonostante continui la tendenza, già in atto da alcuni decenni, verso una progressiva riduzione degli abbassamenti. Persiste, infatti, un'ampia area a ridosso della città di Bologna, con una superficie di oltre 500 km<sup>2</sup>, con un abbassamento medio di circa 15 mm/anno e punte massime di oltre 30 mm/anno in corrispondenza di Sala Bolognese, Lavino di Sotto e dell'area tra Lavino di Mezzo e Anzola dell'Emilia; di oltre 35 mm/anno in corrispondenza della cassa di espansione a ridosso del Fiume Reno nei pressi di Malacappa; di oltre 30 mm/anno a Castello d'Argile e di oltre 20 mm/anno a

Castelmaggiore. Il centro storico di Bologna, in particolare, risulta invece esente da abbassamenti significativi (alcuni mm/anno).

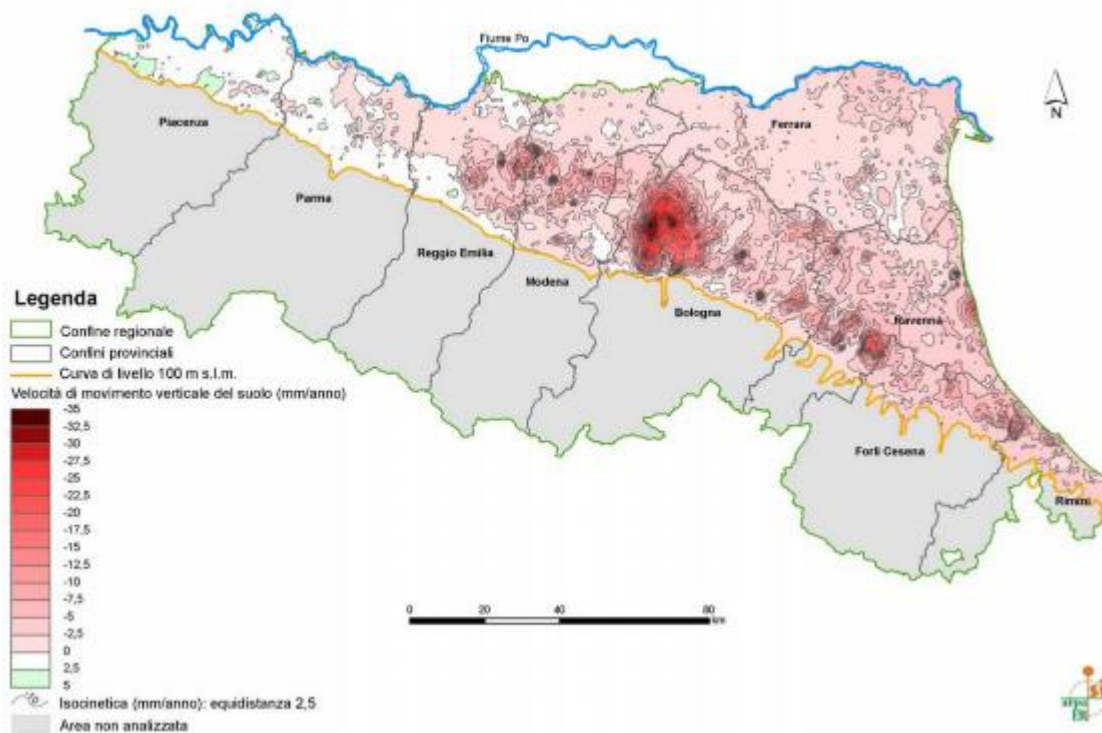


Figura 4-67 – Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2006-2011 – Provincia di Bologna

## PERIODO 2011-2016

Nel periodo di osservazione 2011-16, per la provincia di Bologna, risulta immediatamente evidente la forte riduzione della velocità media di abbassamento del suolo e, in particolare, la progressiva diminuzione e quindi scomparsa delle superfici territoriali caratterizzate dai fenomeni di subsidenza maggiormente critici: già al 2000 la percentuale di superficie con velocità di abbassamento maggiori di 20 mm/anno si era più che dimezzata, per poi scomparire del tutto nell'ultima campagna, che evidenzia limitatissime superfici con velocità superiore a 10 mm/anno.

È possibile affermare che, l'abbassamento generalizzato che ha caratterizzato in passato il territorio bolognese, sia per vastità delle superfici interessate sia per i valori di velocità particolarmente elevati, si è fortemente ridimensionato, in ragione principalmente della riduzione dei prelievi acquedottistici. Il 39% dell'intero territorio presenta una riduzione della

subsidenza e nel dettaglio la città di Bologna presenta abbassamenti di alcuni mm/anno fino a massimi di 5 mm/anno, grosso modo in linea con il precedente rilievo.

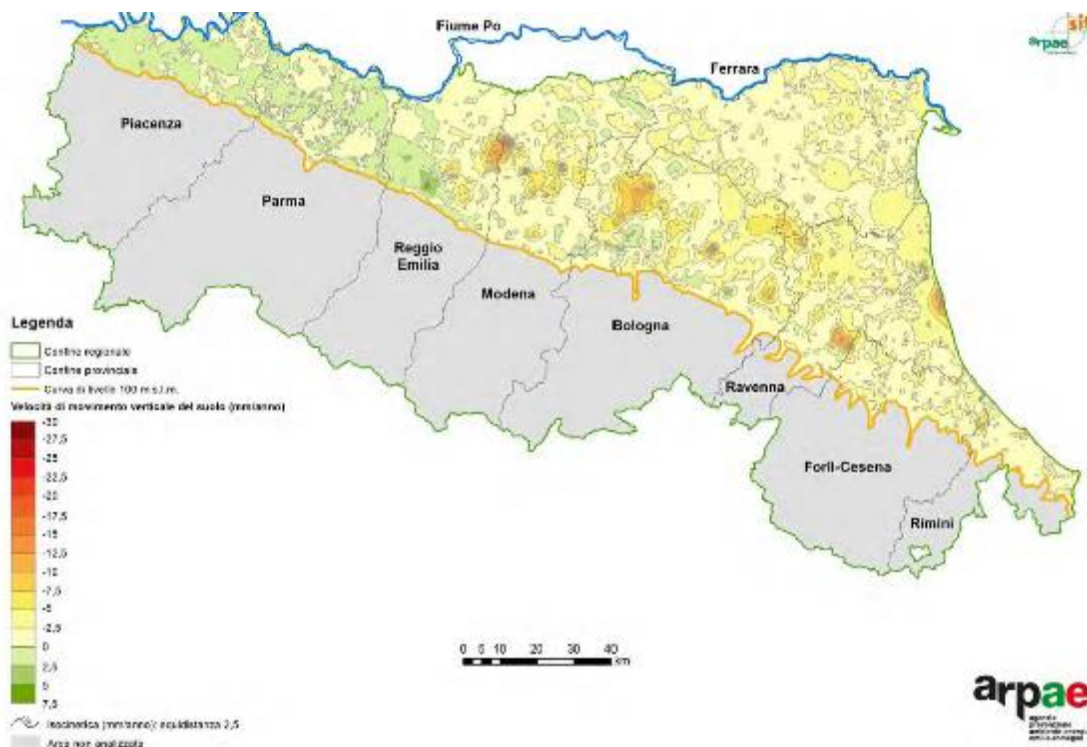


Figura 4-68 – Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2011-2016 – Provincia di Bologna

#### 4.6.1.5 Macrosismicità dell'area

La raccolta di dati storici relativi la macrosismicità dell'area consente una prima approssimazione delle caratteristiche tettono-sismiche di sito e consente di ottenere data, intensità macrosismica e magnitudo momento degli eventi indicativi relativi all'area in esame. Questi stessi eventi registrati, combinati con una schematizzazione delle sorgenti sismogenetiche e con leggi di attenuazione del moto sismico, sono la base per il calcolo probabilistico delle  $PGA_0$  relative il bedrock sismico.

Viene di seguito riportata la tabella degli eventi registrati che hanno interessato l'area e il relativo grafico-istogramma per il Comune di Bologna.

Gli eventi nell'archivio storico sono 183 ed includono il periodo tra 1065 e il 2004, con magnitudo comprese tra 4.09 (anno 1174 e 1383) e 7.02 (anno 1348).

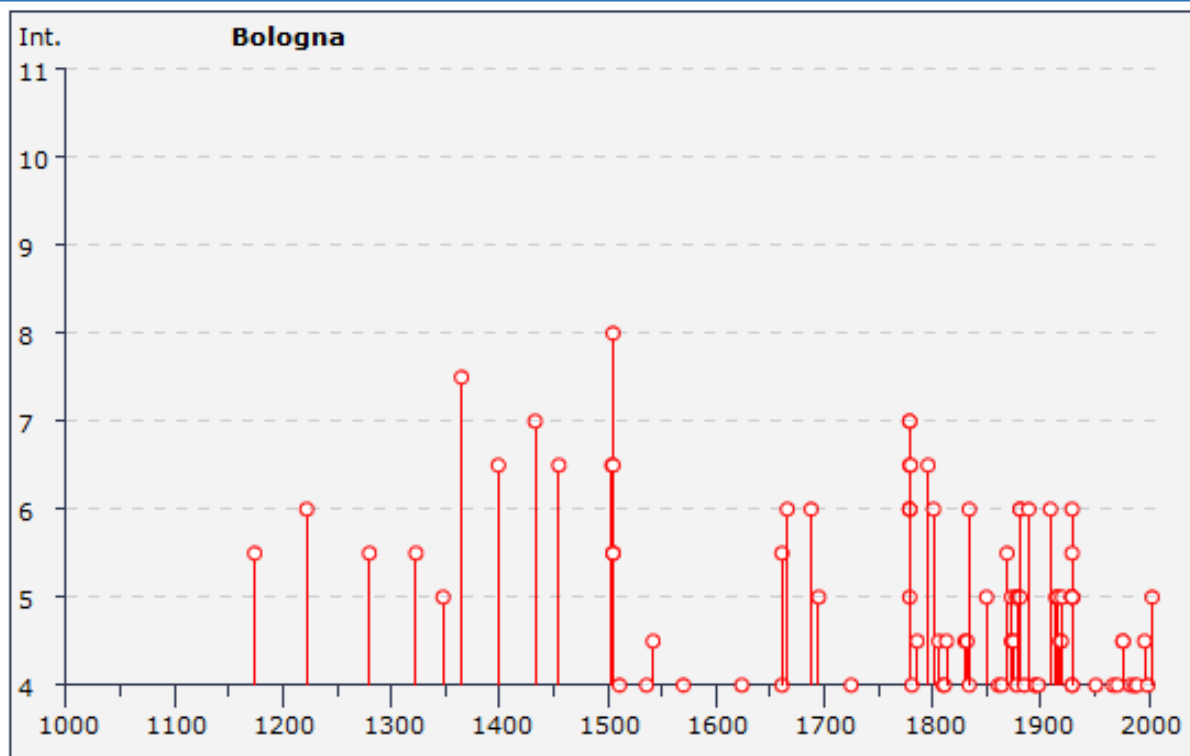


Figura 4-69 – Istogramma di intensità macrosimica di Bologna (BO)

Il territorio di Bologna (BO) si trova all'interno della zona sismogenetica 913 ed in piccola parte nella zona sismogenetica 912 (Meletti e Valensise 2004) come rappresentato nella seguente Figura.

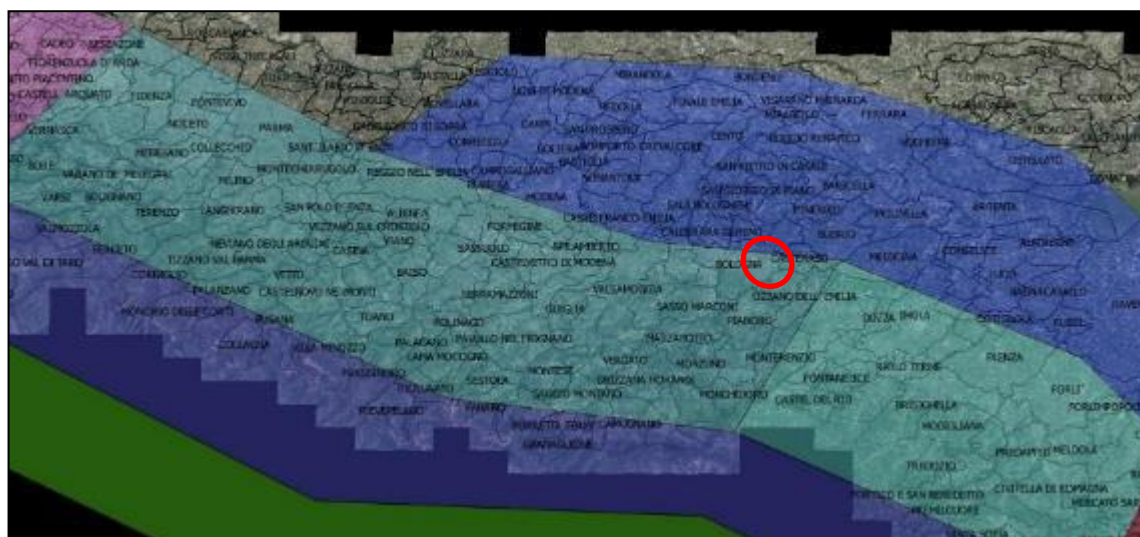


Figura 4-70– Zone sismogenetiche riguardanti l'Emilia Romagna (Meletti e Valensise 2004)

Per una successiva schematizzazione della macro-sismicità: il territorio nazionale viene suddiviso in 4 differenti zone sismiche, ognuna contrassegnata da un diverso parametro  $a_g$  (PGA0), espresso come una frazione dell'accelerazione di gravità. Il territorio comunale di Bologna (BO) è classificato come Zona sismica 3.

Zona	Valore di $a_g$
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

Sulla base dei dati precedentemente presentati: il metodo proposto in "Indirizzi e criteri di microzonazione sismica" (I.C.M.S. 2009) per la stima del valore di Magnitudo di progetto attesa al sito viene di seguito riportato:

Si considera sempre la zonazione sismogenetica (ZS9), Secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una Magnitudo Momento massima  $M_{wmax}$ .

Per i siti che ricadono all'interno di una delle 36 zone sismogenetiche predette si assume come  $M$  il valore di  $M_{wmax}$ .

Ai fini della verifica a liquefazione e per i siti che non ricadono in alcuna zona si determinano le minime distanze ( $R$ ) dalle zone ( $j$ ) circostanti e si controlla per ciascuna di esse se la magnitudo  $M_i$  della zona è inferiore alla Magnitudo fornita dalla relazione  $M_s = 1 + 3 \log(R)$ . Se ciò accade, la verifica a liquefazione non è necessaria. Se invece è necessaria: si assume il valore di Magnitudo  $M_i$  più alto fra quelli per i quali la verifica risulta necessaria.

In alternativa è possibile il processo di disaggregazione della PGA. Questo processo permette di valutare, grazie alla mappatura delle zone sismogenetiche, il contributo di vari scenari Magnitudo-distanza epicentrale ( $M-R$ ) alla determinazione della PGA0 di sito. In un certo senso si può considerare come il processo inverso a quello probabilistico per la costruzione della mappa di pericolosità sismica del territorio Italiano.

Sulla base dei suddetti criteri l'area oggetto di studio rientra entro la zona sismogenetica 913, per tanto la relativa Magnitudo Momento Massima attesa al sito è  $M_{wmax}=6.14$ .

Mentre nelle figure che seguono sono riportate le carte di disaggregazione delle PGA elaborate da INGV per il Comune di Bologna, la quale evidenzia che i terremoti più probabili attesi nell'area hanno una Magnitudo Momento media  $M_{wmedia}=4.910$  e una Magnitudo Momento massima  $M_{wmax}=5.774$ .

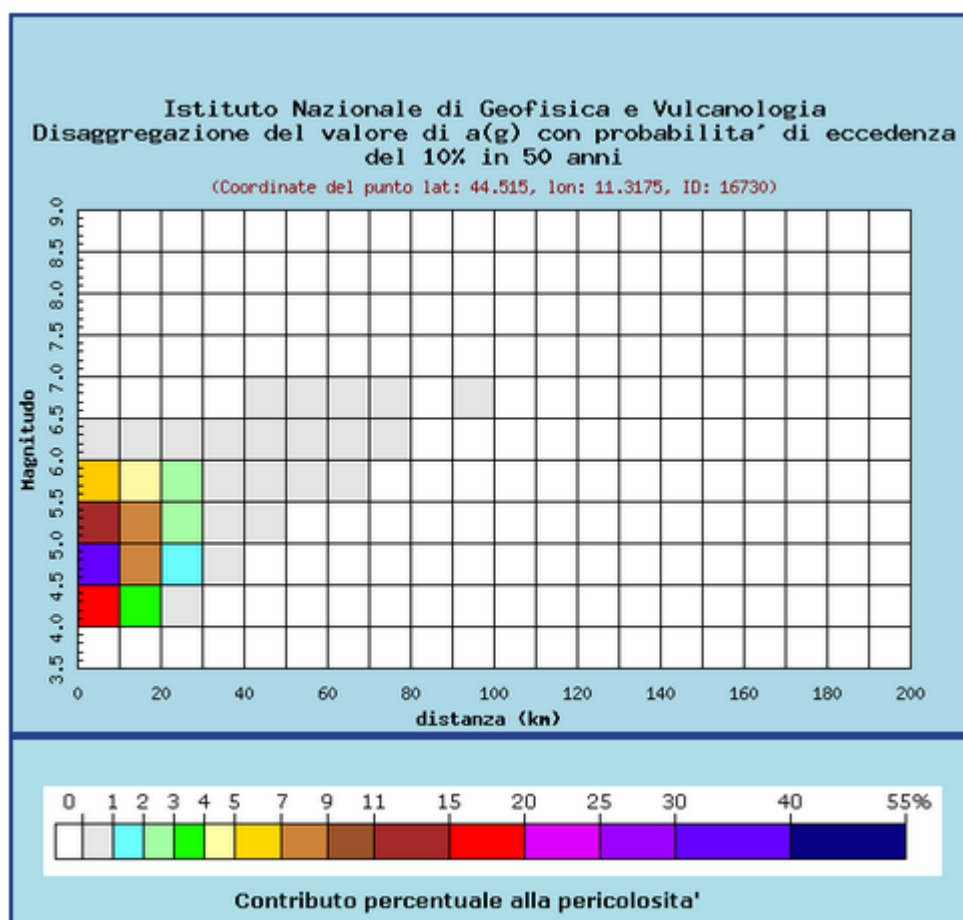


Figura 4-71 – Grafico di disaggregazione delle  $PGA_0$  (INGV)

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.515, lon: 11.3175, ID: 16730)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	18.600	30.200	14.200	5.060	0.240	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.280	8.830	7.550	4.450	0.360	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.072	1.080	2.220	2.030	0.203	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.017	0.398	0.741	0.098	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.023	0.208	0.070	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.031	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.910	8.800	0.864

Figura 4-72 – Tabella di disaggregazione delle  $PGA_0$  (INGV)

#### 4.6.1.6 Categorie di sottosuolo

Sulla base dei dati geognostici disponibili (prove SPT in corso di sondaggio), la velocit  delle onde di taglio S per i primi 30,00 metri di profondit  risulta compresa fra 259 e 307 m/s, conferendo al sottosuolo del tracciato in questione la Categoria C.

Nel seguito la definizione per la categoria di sottosuolo riscontrata lungo il tracciato secondo le Norme Tecniche 2018:

- Categoria C – “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondit  del substrato superiori a 30 m, caratterizzati

da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.”

Sarà cura dei progettisti incaricati, sulla base di indagini geognostiche e geofisiche di dettaglio da realizzarsi nelle successive fasi progettuali, attribuire la più consona categoria e valutare se approfondire l'indagine per la definizione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica mediante studi specifici sulla risposta sismica locale, come indicato all'art. 7.11.3 del D.M. 17/01/2018.

#### 4.6.2 VERIFICA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

A seguito dei rilievi e delle indagini di riferimento prese in esame, l'area insiste su terreni sedimentari di origine alluvionale costituiti essenzialmente da litotipi sabbioso-limosi prevalenti.

Per una prima stima della possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione è possibile seguire le procedure che nell'ingegneria geotecnica sismica vengono denominate “metodi semplificati”, che valutano la suscettibilità alla liquefazione dei depositi in funzione della profondità della falda, delle caratteristiche dell'evento sismico (magnitudo ed accelerazione al suolo) e dello stato di addensamento dei terreni sabbiosi

La suscettibilità di un deposito alla liquefazione è esprimibile attraverso la definizione di un coefficiente di sicurezza  $F_s$ , espresso come rapporto

$$F_s = \frac{CRR}{CSR} \cdot MSF$$

Quando  $F_s > 1$  la liquefazione è da escludere, viceversa se  $F_s < 1$  vi è la possibilità che occorranو fenomeni di liquefazione.

La metodologia empirica proposta da Boulanger e Idriss (2014) fornisce, per la verticale d'indagine considerata, fattori di sicurezza alla liquefazione (FSL) superiori all'unità.

#### 4.6.3 MODELLO GEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI TERRENI

La ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo indagato scaturisce dall'analisi dei risultati conseguiti a seguito della realizzazione delle indagini in sito di riferimento.

Da un punto di vista stratigrafico, tenendo conto della inevitabile eterogeneità delle caratteristiche litologiche dei terreni presenti nell'intera area è possibile distinguere diverse facies che si succedono in modo non sequenziale nel sottosuolo, con rapporti stratigrafici fortemente eteropici e conseguenti repentine variazioni e cambi di facies sia in senso orizzontale che verticale.

Tale assetto stratigrafico con l'indicazione della distribuzione delle diverse unità geologiche in profondità è rappresentato nella sezione litostratigrafica allegata alla relazione geologica. La reale geometria delle diverse unità è accertata solo in corrispondenza delle verticali d'indagine prese in esame, mentre per le altre distribuzioni, trattandosi di estrapolazioni su base sedimentologica in funzione delle indagini, sono da tener conto possibili variazioni locali.

Le facies individuate sono:

#### RIPORTO

Depositi antropici di natura limoso-sabbiosa che presentano localmente inclusi di varia natura, caratterizzati da eterogeneità degli spessori e delle caratteristiche di consistenza.

#### UNITÀ A –Facies limoso-argillosa

Limo argilloso e argilla limosa di colore grigio verdastro con presenza di calcinelli e bioclasti. Localmente si rinvencono corpi lenticolari costituenti la Facies B e C.

#### UNITÀ B – Facies sabbiosa-limosa

Sabbia fine e media talvolta debolmente limosa di color marrone. Questa unità si rinviene in corpi lenticolari distribuiti nelle Facies A e C .

#### UNITÀ C – Facies ghiaiosa

Ghiaia da fine a medio-grossolana in matrice sabbioso limosa. Localmente si rinvencono corpi lenticolari costituenti la Facies A e B.

Sulla base dei log stratigrafici e delle prove in sito realizzate è possibile fornire un'indicazione dei parametri geotecnici caratteristici delle suddette facies e qui riportati in forma tabellare:

RIPORTO
Terreni limoso-sabbiosi con inclusi

Grado di addensamento	Da poco a moderatamente addensato
Peso di volume secco ( $\gamma_d$ )	16-18 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito mobilizzabile ( $\phi$ )	28°-30°
Coesione mobilizzabile (c)	0 kPa

UNITÁ A	
Limi Argillosi	
Grado di addensamento	-
Peso di volume secco ( $\gamma_d$ )	19-20 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito mobilizzabile ( $\phi$ )	24°-27°
Coesione mobilizzabile (c)	5-10 kPa

UNITÁ B	
Terreni sabbioso-limosi	
Grado di addensamento	Medio-elevato
Peso di volume secco ( $\gamma_d$ )	18-20 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito mobilizzabile ( $\phi$ )	27°-30°
Coesione mobilizzabile (c)	0-5 kPa

UNITÁ C	
Terreni ghiaiosi in matrice sabbiosa	
Grado di addensamento	elevato
Peso di volume secco ( $\gamma_d$ )	19-21 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito mobilizzabile ( $\phi$ )	35°-32°
Coesione mobilizzabile (c)	0 kPa

#### 4.6.4 CONSUMO DI SUOLO

Ai sensi dell'art. 5 c.2 della recente L.R. 24/2017 *"nel rispetto dei limiti quantitativi di cui all'articolo 6, il consumo di suolo è consentito esclusivamente per opere pubbliche e opere qualificate dalla normativa vigente di interesse pubblico e per insediamenti strategici volti ad aumentare l'attrattività e la competitività del territorio, nei soli casi in cui non esistano ragionevoli alternative consistenti nel riuso di aree già urbanizzate e nella rigenerazione delle stesse."*

L'**art.6 c. 5** della L.R. 24/2017 chiarisce che *“previa valutazione che non sussistano ragionievoli alternative localizzative che non determinino consumo di suolo, non sono computate ai fini del calcolo della quota massima di consumo di suolo le aree che, dopo l’entrata in vigore della presente legge, sono utilizzate per la realizzazione di opere pubbliche di rilievo sovracomunale e di opere qualificate dalla normativa vigente di interesse pubblico.”*

L'**art. 32** della L.R. 24/2017 chiarisce che il perimetro del territorio urbanizzato comprende:

- a) le aree edificate con continuità a prevalente destinazione residenziale, produttiva, commerciale, direzionale e di servizio, turistico ricettiva, le dotazioni territoriali, le infrastrutture, le attrezzature e i servizi pubblici comunque denominati, i parchi urbani nonché i lotti e gli spazi ineditati dotati di infrastrutture per l’urbanizzazione degli insediamenti;
- b) le aree per le quali siano stati rilasciati o presentati titoli abilitativi edilizi per nuove costruzioni o siano state stipulate convenzioni urbanistiche attuative;
- c) i singoli lotti di completamento individuati dal piano vigente alla data di entrata in vigore della presente legge e collocati all’interno delle aree edificate con continuità o contermini alle stesse;
- d) i lotti residui non edificati, dotati di infrastrutture per l’urbanizzazione degli insediamenti in quanto facenti parte di un piano urbanistico attuativo, comunque denominato, attuato o in corso di completamento.

3. Non fanno parte del territorio urbanizzato:

- a) le aree rurali, comprese quelle intercluse tra più aree urbanizzate aventi anche un’elevata contiguità insediativa;
- b) l’edificato sparso o discontinuo, collocato lungo la viabilità e le relative aree di pertinenza e di completamento;
- c) le aree permeabili collocate all’interno delle aree edificate con continuità che non siano dotate di infrastrutture per l’urbanizzazione degli insediamenti;
- d) le aree di pertinenza delle infrastrutture per la mobilità, collocate al di fuori delle aree edificate con continuità.

Per il progetto di cui trattasi il consumo di suolo si avrà in corrispondenza dell'area del capolinea nord Corticella, per la quale è prevista una perdita di suolo non urbanizzato pari a ca. 12.000 m<sup>2</sup>. La restante parte del tracciato si sviluppa infatti all'interno del tessuto cittadino già urbanizzato.

#### 4.7 PAESAGGIO E PATRIMONIO STORICO/CULTURALE

Lo studio della componente Paesaggio è stato svolto definendo due principali livelli di analisi, specificatamente riconducibili ai seguenti aspetti principali:

- inquadramento del contesto paesaggistico di ambito vasto in cui il progetto si inserisce;
- caratterizzazione paesaggistica e percettiva dell'area di riferimento del progetto.

Tale sistema dinamico necessita d'essere distinto ed interpretato secondo diversi tipi, riconducibili ad unità in grado di rappresentare e descrivere gli aspetti geografici del paesaggio nella loro espressione sia d'individualità territoriale che di iconemi, ossia unità elementari di percezione, come segno interno d'un sistema organico di segni, come parte che esprime il tutto o che lo esprime come funzione gerarchica primaria, sia perché elemento che meglio d'altri incarna il *genius loci* di un territorio sia perché riferimento visivo di forte carica semantica del rapporto culturale che una società stabilisce col proprio territorio (Turri, 1998).

La fase di caratterizzazione "paesaggistica" dell'ambito territoriale interessato dalla realizzazione dell'opera - verificata attraverso l'analisi di fotografie aeree e sopralluoghi, integrata con l'analisi del PTPR e del PTM di Bologna, ha rappresentato il fondamentale strumento di conoscenza e di descrizione "aggregata" dei caratteri fisici, socio - culturali e paesistici dell'ambito esaminato.

La necessità metodologica d'individuazione di questi elementi strutturali è essenzialmente finalizzata a rispondere a due tipi d'esigenze.

La prima è di descrivere ed interpretare il paesaggio, inteso non come semplice sommatoria di elementi, ma come unità sistemica mutevole e dinamica, al fine di individuarne i caratteri e le valenze che possano evidenziare le potenzialità di trasformazione e di sviluppo.

La seconda esigenza deriva dalla necessità di supportare ed organizzare il passaggio metodologico dalla lettura/interpretazione alla restituzione/trasmmissione dei significati e dei

valori del paesaggio in funzione degli obiettivi assunti per la salvaguardia e la tutela del contesto territoriale.

Di conseguenza, l'impatto visivo dipende dalle caratteristiche del paesaggio, naturale o antropizzato in cui l'opera si inserisce. Non è detto, tuttavia, che l'introduzione di un nuovo elemento nel quadro percepito debba essere considerato sempre un fattore negativo.

L'analisi è stata strutturata in riferimento a:

- DPCM 27.12.1988;
- D. Lgs. N. 42/2004;
- Piano Territoriale Paesistico Regionale della Regione Emilia Romagna;
- Piano Territoriale di Coordinamento della provincia di Bologna;
- Piano Strutturale Comunale del Comune di Bologna
- Norma UNI 11109 del 01/04/2004 "Linee guida per lo studio dell'impatto sul paesaggio nella redazione degli Studi di Impatto Ambientale";
- Convenzione Europea del Paesaggio, adottato dal Comitato dei Ministri della Cultura e dell'Ambiente del Consiglio d'Europa il 19 luglio 2000, ufficialmente sottoscritto il 20 ottobre 2000 (il documento è stato firmato dai ventisette Stati della Comunità Europea e ratificato da dieci, tra cui l'Italia nel 2006).

#### 4.7.1 INQUADRAMENTO DEL CONTESTO PAESAGGISTICO

Per l'inquadramento del contesto paesaggistico in cui l'intervento si inserisce si fa riferimento alle indicazioni del Piano Territoriale Paesistico Regionale della Regione Emilia Romagna e del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Bologna.

##### Il Piano Territoriale Paesistico Regionale

In Emilia-Romagna prese forma a partire dal 1986, in virtù del mandato conferito dalla legge statale n. 431 del 1985, l'idea di uno strumento urbanistico-territoriale incentrato sui valori paesaggistici e ambientali: il Piano Territoriale Paesistico Regionale.

Il Piano territoriale paesistico regionale (PTPR) è parte tematica del Piano territoriale regionale (PTR) e si pone come riferimento centrale della pianificazione e della programmazione regionale dettando regole e obiettivi per la conservazione dei paesaggi regionali

Il PTPR individua le grandi suddivisioni di tipo fisiografico (montagna, collina, pianura, costa), i sistemi tematici (agricolo, boschivo, delle acque, insediativo) e le componenti biologiche, geomorfologiche o insediative che per la loro persistenza e inerzia al cambiamento si sono poste come elementi ordinatori delle fasi di crescita e di trasformazione della struttura territoriale regionale.

Il Codice dei Beni Culturali, nella parte terza, definisce il paesaggio come "il territorio espressivo di identità, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali, umani e dalle loro interrelazioni" (art. 131) e sottolinea il ruolo imprescindibile della cooperazione tra le amministrazioni pubbliche al fine di pervenire alla "definizione di indirizzi e criteri riguardanti l'attività di pianificazione territoriale, nonché la gestione dei conseguenti interventi, al fine di assicurare la conservazione, il recupero e la valorizzazione degli aspetti e caratteri del paesaggio" (art. 133).

Il 20 ottobre 2014 la Regione Emilia-Romagna e la Direzione regionale del MiBACT, nella sede della Pinacoteca di Bologna, hanno siglato l'Intesa istituzionale finalizzata ad avviare l'aggiornamento del Piano Territoriale Paesaggistico Regionale (PTPR), strumento fondamentale per tutelare il nostro territorio.

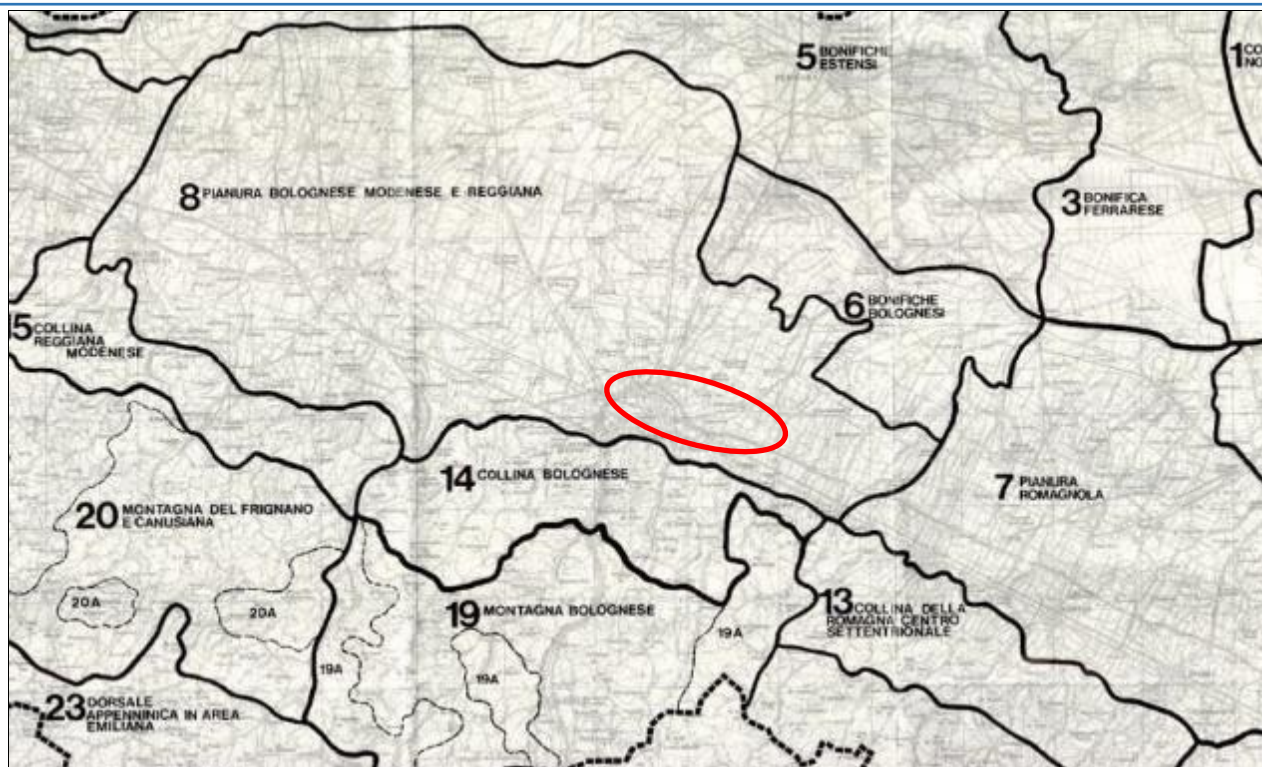


Figura 4-73 – Estratto Tav.4 PTPR- Unità di Paesaggio – Unità 8 Pianura Bolognese, Modenese e Reggiana

#### 4.7.2 CARATTERI PAESAGGISTICI

L'analisi dei caratteri paesaggistici dei contesti in cui si inserisce l'opera di progetto, porta a delineare una vera molteplicità di paesaggi. Ciò è dovuto principalmente alla natura stessa dell'intervento, trattandosi di un'opera di carattere infrastrutturale, a sviluppo prevalentemente lineare, la cui funzione è quella di connettere trame e tessuti urbani con caratteri molto distanti tra loro e che si differenziano anche in maniera sostanziale.

Per comodità di analisi, si possono individuare “paesaggi tipo”, quali:

- *Paesaggio di Corticella*: caratterizzato da tessuto antropizzato e da una maglia consolidata connotata da eterogeneità di impianto (compatto ed aperto), di tipi edilizi, in linea, puntuali e a blocco, e di volumetrie dei manufatti (palazzine, edifici a torre a carattere intensivo), che generano uno skyline fortemente movimentato e dinamico e in cui la nuova infrastrutturazione ben si colloca anche dal punto di vista dimensionale.



Figura 4-74 – Estratto da Carta tematica “Struttura del Paesaggio” e foto aerea rappresentativa

- *Paesaggio periurbano*: in cui si colloca il capolinea del tratto nord della linea verde. Caratterizzato da aree agricole intercluse facenti parte del cosiddetto Territorio Agricolo Periurbano. Nello specifico, l'area si configura come una porzione di territorio altamente infrastrutturata, per la presenza di arterie stradali e linea ferroviaria.

#### 4.7.3 LA STORIA URBANA E URBANISTICA E LE PRINCIPALI VICENDE STORICHE DEL COMUNE DI BOLOGNA

La città di Bologna conserva le tracce delle civiltà del passato e l'impronta dello splendore medievale. Visitata assiduamente dagli scrittori romantici, celebre per l'arte e la culinaria, è animata da una cultura cosmopolita alimentata dalla presenza dell'Università. Sotto molte antiche case bolognesi, di struttura medievale si possono ancora trovare le fondazioni della città romana che risale al II secolo a.C. In certe case si trovano tracce di abitazioni che datano all'età del ferro. Nel VI secolo a.C. Bologna fu una delle più importanti città etrusche della Padania e fu nota come Felsina. La parola VELZNA o FELZNA veniva pronunciata in latino Felsina e come tale la città fu chiamata dai Romani, almeno fino a quando rimase nelle mani degli Etruschi e cioè fino a quando fu conquistata dai Galli Boi nel 358 a. C.

Nel 159 a.C. i Romani la conquistarono e la ribattezzarono Bononia (che in seguito divenne Bologna in italiano), che sembra derivare dalla parola celtica bona ("luogo fortificato"), Ma il

vecchio nome Felsina è rimasto in lingua comune e viene ancora usato oggi in italiano, anche come aggettivo, come sinonimo di Bologna.

Sotto i Romani Bologna fu una città fiorente, con ventimila abitanti, imponenti costruzioni, un vasto teatro, strade pavimentate, acquedotti, edifici pubblici e terme. Mantenne il suo prestigio nei secoli imperiali, ma dell'impero seguì il declino ed il suo perimetro si ridusse a poco a poco. Nel V secolo della nostra era, al tempo di San Petronio vescovo, la città iniziò la sua rinascita sino a conoscere, nell'XI secolo, una nuova fase di prosperità.

Bologna raggiunse il suo massimo splendore nel XIII secolo, non solo a causa dell'università ma anche perché le sue milizie cittadine sconfissero nel 1249 l'esercito dell'Imperatore e catturarono Re Enzo, figlio di Federico II di Svevia, trattenendolo prigioniero nella città sino alla morte.

In quell'epoca fu ricostruita la cerchia delle mura e Bologna divenne uno dei dieci centri europei più popolosi, con uno sviluppo urbano pari a quello di Parigi.

Dal XIV secolo assistiamo a una serie di guerre sfortunate e di lotte civili, e alla progressiva soggezione della città al potere temporale dei papi. Durante più di due secoli essa fu volta a volta sotto il dominio dei Visconti, signori di Milano, sotto l'influenza del governo della Chiesa Romana, ebbe governi repubblicani, fu governata dalle più importanti famiglie cittadine in lotta tra loro per ottenere la supremazia.

Queste lotte familiari produssero uno sviluppo dell'architettura, della struttura urbanistica, della vita culturale.

Con l'arrivo di Napoleone, Bologna diventa prima capitale della Repubblica Cispadana e poi il secondo centro, dopo Milano, della repubblica Cisalpina. L'importanza economica di Bologna risale al XI secolo, quando diventò uno dei più importanti centri economici europei, non solo a causa dell'università ma anche per lo sviluppo dell'industria tessile (arte della lana). Dotata di un sistema di approvvigionamento di energia idraulica che era tra i più avanzati del mondo, Bologna a partire dal XV secolo si specializzò nel setificio: i mulini da seta "alla bolognese" rappresentarono la più alta espressione della tecnologia europea sino al XVIII secolo.

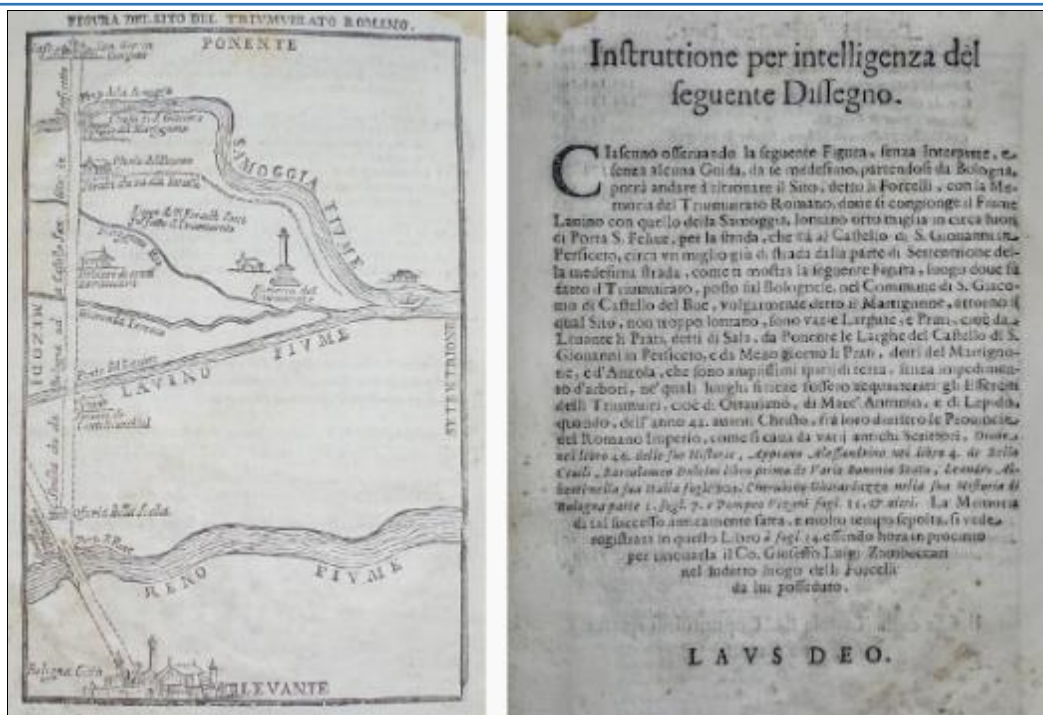


Figura 4-75 – Il "Sito del Triumvirato", pubblicato nel 1666 nella Bologna Perlustrata di Antonio di Paolo Masini. La via che si vede sul lato sinistro, parallela al bordo della pagina, è la antica Strada Periscetana (oggi frammentata in via Marco Celio, via Panigale e via Persicetana)



Figura 4-76 – Pianta della città di Bologna databile alla metà del XVII secolo e opera di Franz Schott, italianizzato come Francesco Scoto

Nel XIX secolo divenne centro di servizi per un'area essenzialmente agricola. Le celebrazioni del 1888 furono anche un tentativo per rilanciare l'economia della città in stretto rapporto con l'università. Benché gravemente colpita dai bombardamenti della seconda guerra mondiale, Bologna è oggi un importante e ricco centro industriale e commerciale.

I suoi cinquecentomila abitanti vivono intorno al più importante nodo ferroviario e autostradale del paese, dove il centro storico che, dopo Venezia, è il più integro tra quelli di tutte le città d'Italia, è circondato da costruzioni moderne, sedi per fiere e congressi, nuovi quartieri.

Bologna è una città particolare per l'integrità del suo tessuto urbano entro la cerchia delle mura medievali, che risalgono al XIV secolo. Questo tessuto è ancora intatto e domina, anche dal punto di vista visivo, le singole opere architettoniche. A Firenze e a Roma le opere architettoniche sono più importanti del disegno della città: a Bologna avviene il contrario. Qui anche i più bei palazzi rinascimentali e barocchi sono riassorbiti dalle maglie della planimetria medievale, e si allineano lungo direttrici a stella che partono dal cuore della città (dove stanno le due torri pendenti, Asinelli e Garisenda).

## 4.8 ECOSISTEMI, VEGETAZIONE E FLORA, FAUNA

### 4.8.1 ECOSISTEMI

La rete ecologica è un sistema polivalente di nodi e corridoi. I nodi sono rappresentati da elementi ecosistemici tendenzialmente areali dotati di dimensioni e struttura ecologica tali da svolgere la funzione di “serbatoi di biodiversità”. I corridoi sono rappresentati da elementi ecosistemici sostanzialmente lineari di collegamento tra i nodi che, innervando tutto il territorio comunale, favoriscono la tutela, la conservazione e l’incremento della biodiversità floro-faunistica. In particolare i corridoi svolgono funzioni di rifugio e sostentamento della fauna, fornendo vie di transito e agendo come captatori di nuove specie.

La rete ecologica è composta da:

- una rete ecologica principale;
- una rete ecologica secondaria;

- una rete ecologica urbana.

Con la locuzione “Rete ecologica urbana” sono individuati gli spazi aperti urbani con diverso valore ecologico, presente o potenziale, anche destinati a usi pubblici. Gli elementi funzionali sono i nodi e il connettivo.

I Nodi ecologici urbani sono parti di città che presentano un rilevante valore ecologico, generalmente potenziale, e costituiscono sia le ultime propaggini di territorio rurale sia i principali elementi di verde “pubblico”. Possono essere esistenti o di progetto; in quest'ultimo caso caratterizzazione, struttura e sviluppo verranno definiti in sede di Poc e/o di progettazione esecutiva.

Sono considerati nodi: l'insieme Giardini Margherita - ex Staveco - aree di via Codivilla – San Michele in Bosco; il parco della Certosa (villa Contri) con una parte del canale di Reno e il parco della Funivia; l'area Scandellara assieme a quella di villa Pini e all'arboreto comunale; il parco di San Donnino; l'insieme parco Nord - aree sportive Dozza - spazi a nord della Fiera; il parco di via Corticella (Caserme Rosse – fascia boscata); il parco di Villa Angeletti e quello della lunetta Mariotti; il parco di Villa Spada e quello di Villa delle Rose; i Prati di Caprara.

I nodi ecologici urbani, dal punto di vista dell'utenza ciclo-pedonale, sono i principali “nodi di interscambio” tra città e territorio rurale; costituiscono la rete dei parchi dedicati al tempo libero e alla ricreazione informale.

Il Connettivo ecologico urbano svolge, all'interno del territorio urbano, una funzione analoga a quella svolta dal connettivo ecologico nel territorio rurale. Esso è rappresentato da elementi ecosistemici sostanzialmente lineari, detti corridoi, di collegamento tra i nodi che, innervando tutto il territorio comunale, favoriscono la tutela, la conservazione e l'incremento della biodiversità floro-faunistica. In particolare i corridoi svolgono funzioni di rifugio e sostentamento della fauna, fornendo vie di transito e agendo come captatori di nuove specie. Il connettivo è costituito dalla vegetazione (alberi, arbusti, prati) di parchi e giardini pubblici e d'uso pubblico, di viali e verde d'arredo, oltre che di parchi e giardini privati; vegetazione e suoli non impermeabilizzati sono presidi ecologici diffusi nella città.

Costituisce una riserva di suolo permeabile che, adeguatamente ampliato e migliorato dal punto di vista arboreo-arbustivo, se e quando possibile, può contribuire alla riduzione dell'inquinamento atmosferico e termico della città.

Corridoi ecologici di pianura sono elementi a prevalente sviluppo lineare e ampiezza variabile che hanno la principale funzione di assicurare e rafforzare la connessione biologica tra i diversi nodi presenti nel territorio. Sono stati riconosciuti come corridoi quegli elementi caratterizzati dalla presenza di ecosistemi acquatici o terrestri di buon valore naturalistico e la cui localizzazione è stata ritenuta strategica per garantire la continuità della rete ecologica.

Nei Corridoi ecologici acquatici rientrano corsi d'acqua, naturali e artificiali, che attraversano il territorio di pianura con una certa continuità e che, in qualche caso, penetrano nel tessuto urbano più consolidato.

Nei Corridoi ecologici terrestri rientrano siepi, filari alberati, fasce boscate e altre situazioni naturali e seminaturali in cui la copertura vegetale si caratterizza per il discreto valore naturalistico e per uno sviluppo lineare che conserva una certa continuità. In molti casi, infatti, questi elementi incrociano lungo il proprio percorso un numero significativo di ostacoli che ne interrompono lo sviluppo e l'efficacia ecologica.

Complessivamente sono circa un centinaio i Nodi ecologici semplici di cui più della metà si riferiscono a ecosistemi acquatici, mentre i restanti sono relativi a formazioni vegetali.

Tra questi ultimi più di trenta hanno carattere in prevalenza ornamentale e solo una dozzina sono riconducibili a ecosistemi più naturali a sviluppo spontaneo. Il dato appare decisamente significativo soprattutto se si considera che dei dodici nodi a sviluppo spontaneo, nove sono praterie o arbusteti in evoluzione e appena tre si possono considerare macchie o fasce boscate. Praterie e arbusteti soggetti a dinamismo vegetale sono riconducibili a vecchi coltivi e soprattutto aree di cava, si presentano con varie tipologie e spesso con una distribuzione irregolare della copertura vegetale, in qualche caso si tratta di praterie con erbe alte e qualche rado arbusto, mentre in altri compaiono anche macchie più fitte e già simili a boscaglie. In tutti i casi l'impressione è quella di situazioni transitorie, non ancora definite e soggette a possibili

trasformazioni ambientali (ripresa delle colture, delle attività estrattive o altro) capaci di alterare in maniera consistente l'attuale grado di naturalità.

Le poche zone segnalate alla voce Ecosistema boscato a prevalente matrice naturale ricadono in ambito urbano (Prati di Caprara, Caserme Rosse) o periurbano (cava Due Portoni) e sono costituite da macchie o fasce di bosco di estensione limitata per le quali, al sicuro interesse ecologico, non corrisponde sempre un altrettanto elevato valore in termini di struttura delle formazioni e composizione floristica. Spicca, ancora una volta, l'assenza di una vera formazione boscata naturale, anche di dimensioni ridotte, in tutto il territorio comunale di pianura.

#### 4.8.2 STATO DELLA VEGETAZIONE

Nel Comune di Bologna, il verde a carattere più naturale si concentra in collina e lungo le fasce fluviali, mentre l'ambito urbano e periurbano si contraddistingue per il prevalere di un verde ornamentale che va dalle più estese zone alberate dei parchi pubblici e privati ai giardinetti intorno alle abitazioni, con ambiti di eccellenza attestati in alcuni settori della parte meridionale della città.

A Bologna il verde pubblico comprende oggi più di 750 aree, per una superficie complessiva di oltre 1.000 ettari. Si tratta di un patrimonio quantitativamente cospicuo, se rapportato a quello di molte altre città italiane, che tuttavia offre poche aree di eccellenza e risponde solo in parte, in termini di qualità e caratterizzazione degli spazi, alle molteplici esigenze di Bologna e che, senza dimenticare l'antica funzione pubblica assolta da luoghi celebri come i Prati di Caprara, la Montagnola e San Michele in Bosco nei due-tre secoli precedenti, ha cominciato a comporsi nel corso dell'Ottocento. Fino agli anni '60 il verde pubblico ha tendenzialmente avuto un carattere residuale e solo negli anni '70 l'incremento di verde pubblico è stato di oltre 550 ettari, circa la metà dell'intero patrimonio attuale del verde pubblico bolognese. Gli incrementi successivi sono invece stati poco significativi sottolineando la necessità di un prolungato impegno di razionalizzazione e revisione volti alla realizzazione di un disegno unitario e organico. Nella costruzione di questo nuovo disegno la novità che desta forse maggior interesse è rappresentata dai cosiddetti "inserti verdi" in cui si inseriscono le proposte più incisive e strategiche in termini

di ampliamento e completamento del verde pubblico cittadino, come quella di un nuovo grande parco nell'area dei Prati di Caprara e del torrente Ravone, e in cui ricadono zone urbanizzate, lembi rurali, aree verdi a matrice naturale, ornamentale o di altra natura.

Oltre a quello dei Prati di Caprara, in corrispondenza delle aree di intervento, emergono con particolare rilevanza i complessi sistemi del canale Navile e della canaletta Ghisiliera. In questi ambiti strategici lo sviluppo del sistema verde pubblico e della rete dei percorsi, in una continua relazione con il corso d'acqua e il suo corredo di persistenze architettoniche e ambientali, si è fondato sul rapporto con le aree verdi pubbliche esistenti e con i diversi riferimenti e servizi di quartiere, puntando all'eliminazione degli elementi di discontinuità presenti, alla creazione di riconoscibili punti di accesso, alla conservazione di fronti aperti verso i lembi di campagna che accompagnano i canali, alla tutela delle loro persistenze e degli ultimi frammenti di paesaggio agrario interclusi all'urbano.

In questo contesto, in particolare, il corso d'acqua ha rappresentato un prezioso elemento di connessione tra il centro storico e il Lungo Reno attraverso il recupero in primo luogo della storica via del Chiù che affianca per un lungo tratto il corso del Ravone.

Gli "inserti verdi" costituiscono forse gli elementi più innovativi e determinanti nel nuovo disegno del sistema del verde della città di Bologna. Si configurano come un insieme di spazi verdi di diversa natura connessi a direttrici naturali, storiche e testimoniali di rilievo, tra le quali spiccano i più noti corsi d'acqua naturali e artificiali che attraversano la città per poi spingersi verso la pianura. Per il loro andamento, che nell'insieme riprende lo sviluppo a raggiera proprio dell'antica viabilità cittadina, gli "inserti verdi" possono rappresentare assi privilegiati per l'ingresso e/o l'uscita dalla città verso la campagna circostante, cerniere di eccellenza tra il territorio urbano e quello extraurbano.

Nella maggior parte degli inserti particolare rilievo assume l'individuazione di tracciati pedonali e ciclabili, che in qualche caso sono i soli elementi in grado di dare continuità alle direttrici individuate e correlare gli spazi verdi che compongono l'insieme. Significativa è la funzione che questi spazi aperti all'interno del territorio urbano e periurbano possono rivestire ai fini della

creazione di una rete ecologica di connessione, attraverso la tutela e il costante arricchimento dei loro habitat naturali (corsi e specchi d'acqua, lembi boscati, siepi, filari alberati, ecc.).

Di seguito un elenco indicativo non esaustivo delle principali categorie vegetazionali presenti nel territorio comunale.

**Macchie e fasce boscate ruderali (4)** - In questa categoria sono comprese le formazioni vegetali in cui la specie arborea dominante è la robinia, una specie esotica ad attitudine infestante molto competitiva, che sottolinea le situazioni legate in vario modo alla presenza e alle attività antropiche, come i terreni di ex cave dismesse, le scarpate stradali e ferroviarie, gli spazi rurali abbandonati e i terreni lungo le sponde dei corsi d'acqua ricchi di sostanze organiche. Si tratta di un tipo di copertura vegetale dalla struttura in genere poco complessa e comunque meno evoluta rispetto alle formazioni boscate naturali. La robinia, spesso soggetta a tagli periodici, compare spesso allo stato di giovani polloni, nati dai ricacci delle ceppaie, accompagnata da ailanto, un'altra esotica infestante, e da poche altre specie ruderali come sambuco, rovo, vitalba ed edera.

**Arbusteti chiusi e/o boscaglie a evoluzione spontanea (5)** - La categoria comprende diverse tipologie di copertura vegetale accomunate dalla presenza diffusa di arbusti pionieri dall'elevata capacità colonizzatrice, che si insediano nelle aree incolte o in attesa di destinazione, negli ex coltivi abbandonati da diversi anni, sui pendii franosi e sulle pendici calanchive più stabili. Tra le specie legnose che più di frequente compaiono, in base alle diverse condizioni stazionali dei siti, si segnalano arbusti di sanguinello, prugnolo, biancospino, ligustro, rosa selvatica, salici, rovo e alberi di olmo, querce, orniello, pioppi, salici e robinia. Si tratta di formazioni dallo sviluppo più o meno chiuso in cui gli arbusti giungono anche a rivestire completamente il substrato e nelle quali spesso compaiono anche gruppi di giovani alberi o, più di rado, di esemplari arborei adulti. La fisionomia di questi arbusteti è quindi piuttosto varia, in base al rapporto tra le componenti arborea, arbustiva ed erbacea e allo stadio di evoluzione raggiunto dalle formazioni. Nella maggior parte dei casi questi arbusteti sono il risultato del processo naturale di dinamismo della vegetazione e rappresentano fasi di passaggio verso situazioni vegetazionali più complesse che preludono, in assenza di forme di disturbo, allo sviluppo del bosco. Gli arbusteti sono ambienti

rilevanti dal punto di vista ecologico e naturalistico in cui si registrano buoni valori di biomassa e una grande ricchezza biologica, che li rende importanti serbatoi di biodiversità.

**Prati polifiti (8)** - Alla categoria appartengono le formazioni prative a carattere seminaturale, caratterizzate in genere da un ricco corredo di specie erbacee, sottoposte a un numero ridotto di sfalci annuali e in grado pertanto di originare un cotico erboso ben sviluppato e con buoni livelli di biomassa. Si tratta di una copertura vegetale che contraddistingue situazioni anche molto diversificate tra loro: le aree abbandonate in attesa di destinazione, che si concentrano soprattutto in ambito urbano e periurbano, le scarpate ferroviarie e stradali, gli argini fluviali, le zone di ex cava ricolonizzate dalla vegetazione naturale, i vecchi campi di foraggiere arricchiti da numerose specie erbacee spontanee. Soprattutto in collina i prati polifiti sono ambienti particolarmente importanti dal punto di vista naturalistico e paesaggistico ai quali è legata una flora che annovera diverse rarità botaniche (*Orchis spp.*, *Ophrys spp.*, *Tulipa spp.*, ecc.).

**Vegetazione erbacea discontinua (calanchi, greti fluviali, ex cave, ecc.) (9)** - In questa categoria sono incluse le aree rivestite da una copertura erbacea naturale rada e discontinua alternata a zone prive di vegetazione in cui affiora il substrato sottostante. Si tratta di una categoria che contraddistingue situazioni ambientali molto diversificate quali gli ampi bacini calanchivi della collina, le zone di cava da poco abbandonate, i settori di greto periodicamente invasi dall'acqua, le aree in attesa di destinazione su terreni rimaneggiati presenti nelle zone periurbane. Ne consegue che anche le tipologie di vegetazione comprese in questa categoria risultano molto differenti tra loro. Nei bacini calanchivi, ambienti estremi e inospitali per la vita vegetale, si è selezionata una flora caratteristica (adattata all'aridità e alla povertà dei substrati, alle forti pendenze e ai periodici smottamenti del terreno) con erbacee come sulla, astro spillo d'oro, scorzonere e alcune specie di graminacee; nei lembi di prateria che occupano le zone calanchive più stabili fioriscono numerose orchidee (*Ophrys spp.*, *Orchis spp.*, *Anacamptys pyramidalis*, *Gymnadenia conopsea*) e altre specie protette come il garofano dei Certosini. Sui depositi sabbiosi e ghiaiosi dei greti fluviali, ricchi di sostanze organiche e azotate, si sviluppano invece pratelli di erbacee annuali che tra la primavera e l'estate, nel volgere di pochi mesi, completano

il proprio ciclo vegetativo; le specie più diffuse sono nappola italiana, poligono, forbicine, epilobio, molte delle quali infestanti delle colture agrarie. Nelle aree in attesa di destinazione prevalgono poi piante ruderali capaci di adattarsi ai terreni smossi e rimaneggiati, come ortica, parietaria, artemisia comune e rovo. Ambienti analoghi si ritrovano nelle zone di ex-cava che tuttavia, se indisturbate, possono ospitare anch'esse specie vegetali poco diffuse in ambito comunale.

#### 4.8.3 STATO DELLA FAUNA

La presenza di animali all'interno delle città è nota a tutti, almeno per quanto riguarda le specie più comuni, quali piccioni, merli, storni, cornacchie, ratti, topi, ecc.. Meno diffusa è la conoscenza sull'effettiva ricchezza della fauna che frequenta giardini pubblici, parchi urbani e tratti cittadini di fiumi. Eppure, indagini condotte sulla presenza di animali all'interno delle aree urbane hanno dato risultati spesso sorprendenti. Basti pensare che delle 500 specie di Uccelli presenti in Italia, 356 sono state osservate in modo più o meno regolare nelle città e che ben 193 vi nidificano. Anche per quanto riguarda i Chiroterri (pipistrelli) il numero di specie che frequentano le città quale sito di rifugio o di caccia è molto elevato: delle oltre 30 specie presenti in Italia quasi la totalità può frequentare i centri urbani o le sue periferie

Dal punto di vista biogeografico, il territorio della Provincia di Bologna è collocato all'interno della regione del Palearctico occidentale, in un'area di transizione tra la sottoregione europea e quella mediterranea. Nel suo complesso la fauna rientra in quella tipica dell'Europa centrale e atlantica, con alcune specie che sottolineano la posizione di transizione. Si tratta da una parte di specie boreo-alpine e centroeuropeo-asiatiche in vicinanza del limite sud del loro areale come Beccaccia (*Scolopax rusticola*), Pittima reale (*Limosa limosa*), Mignattino piombato (*Chlidonias hybridus*) e Merlo dal collare (*Turdus torquatus*); dall'altra si tratta di elementi mediterranei e africani prossimi al limite nord della loro distribuzione come Lanario (*Falco biarmicus*), Gruccione (*Merops apiaster*), Occhiocotto (*Sylvia melanocephala*) e Sterpazzola di Sardegna (*Sylvia conspicillata*).

La Regione Emilia-Romagna ha approvato nel luglio 2006, la L.R. n. 15 "Disposizioni per la tutela della fauna minore in Emilia-Romagna", per salvaguardare specie considerate essenziali nella





composizione degli habitat naturali e seminaturali. Ai sensi di tale legge per fauna minore si intendono tutte le specie presenti nel territorio regionale di cui esistono popolazioni viventi stabilmente o temporaneamente, compresi i micromammiferi e i chiroteri, con esclusione degli altri vertebrati omeotermi. Oggetto di tutela sono tutte le specie di anfibi, rettili e chiroteri ed altre specie faunistiche di cui agli Allegati II e IV della Direttiva 92/43/CEE. Sono inoltre particolarmente protette le specie della fauna minore rare e minacciate, rispetto alle quali la Giunta regionale è chiamata a redigere un elenco, da aggiornarsi periodicamente.





La legge prevede forme di tutela quali il divieto di cattura uccisione intenzionale delle specie, di danneggiamento o distruzione di uova, nidi, siti e habitat di riproduzione, o ancora di rilascio in natura di organismi alloctoni in grado di predare o esercitare competizione trofica, riproduttiva o di altro genere nei confronti della fauna minore.





In generale, gli animali che riescono ad adattarsi agli ambienti urbani sono quelli che possono definirsi “generalisti” per quanto riguarda l’alimentazione, dotati di flessibilità nelle scelte come il luogo per nidificare e che sono molto tolleranti al disturbo derivante da attività umane. Esempi largamente conosciuti da tutti sono, ad esempio, il Piccione (*Columba livia*), il Passero d’Italia (*Passer italiae*), il Ratto nero (*Rattus rattus*), il Surmolotto (*Rattus norvegicus*) o il Topolino delle case (*Mus domesticus*). Si tratta di specie che grazie alle caratteristiche dell’ambiente urbano (diventato più caldo e luminoso con conseguenti modificazioni del foto e termoperiodo che favoriscono l’attività riproduttiva) e dei suoi cittadini (che offrono in modo più o meno volontario grandi quantità di cibo) sono caratterizzati da continui ed elevati incrementi numerici.






Di seguito viene proposto un elenco delle principali specie minori presenti o potenzialmente presenti nel territorio oggetto di analisi:






ORDINE	FAMIGLIA	NOME COMUNE	IMMAGINE	HABITAT
ANFIBI				







ORDINE	FAMIGLIA	NOME COMUNE	IMMAGINE	HABITAT
Urodela	Salamandridae	Salamandrina di Savi		Ambienti del suolo (lettiera, tane di micromammiferi, sotto sassi, tronchi di alberi, ecc.) e del sottobosco di faggete, abieti-faggete, castagneti, querceti mesofili, boschi misti di caducifoglie in genere. Habitat riproduttivo: torrenti e ruscelli.
		Tritone crestato italiano		Laghi, stagni, maceri, pozze, risorgive. Fuori dall'acqua in ambienti del suolo, prati e boschi.
		Tritone punteggiato		Laghi, stagni, maceri, pozze, risorgive. Fuori dall'acqua in ambienti del suolo, prati e boschi.
Anura	Bufonidae	Rospo Comune		Terricolo ubiquitario, frequenta anche ambienti relativamente xerici e fortemente antropizzati; all'epoca riproduttiva si trasferisce in ambienti acquatici.
		Rospo smeraldino italiano		Diffuso soprattutto lungo i litorali sabbiosi e zone golenali di pianura, si trova anche in ambienti relativamente aridi e antropizzati; prettamente terricolo, nel periodo riproduttivo, frequenta habitat umidi, anche di piccole dimensioni, temporanei e salmastri.






ORDINE	FAMIGLIA	NOME COMUNE	IMMAGINE	HABITAT
	Hylidae	Raganella italiana		Arboricola, vive su alberi, arbusti, canneti, in prossimità di ambienti umidi, anche temporanei e di limitata estensione, in cui scende nel periodo degli amori; è resistente all'aridità e in grado di vivere anche a notevole distanza dall'acqua.
	Ranidae	Rana agile o dalmatina		Boschi e boscaglie, anche xerofili, radure, campi e prati umidi: tra le nostre rane è la meno legata all'acqua, che frequenta solo nel periodo riproduttivo (per lo più pozze e stagni, ma anche ruscelli a lento corso).
		Rana verde		Presente in tutti gli ambienti umidi, dai laghi di quote elevate alle zone costiere. Fuori dall'acqua è possibile incontrarle nel sottobosco di pinete e foreste di latifoglie, in prati e coltivi.
CROSTACEI				
Crustacea	Astacidae	Gambero di fiume		Abitatore tipico di ambienti con acqua corrente e limpida e con fondali coperti da ciottoli o limo come torrenti e ruscelli montani e collinari, sorgenti dei fiumi. Più raramente vive nel tratto medio di fiumi maggiori a corso lento o in laghi naturali ed artificiali con costante apporto di acque ossigenate.
INSETTI				







ORDINE	FAMIGLIA	NOME COMUNE	IMMAGINE	HABITAT
Coleoptera	Carabidae	Carabo ad anelli		Specie di ambienti umidi, la si riscontra presso paludi, stagni, acquitrini, nonché prati e pascoli argillosi umidi. Presente principalmente in pianura ma anche in collina in ambienti montani e calanchivi
		Pterostico di Bucciarelli		Specie principalmente di ambienti calanchivi, umidi per un certo periodo dell'anno, nota anche di una zona umida paludosa in pianura, di un bosco preappenninico e di ambienti boscati freschi su substrato gessoso. In collina nei calanchi raggiunge i 400 m di quota.
	Cerambycidae	Cerambice della quercia minore		Specie legata alla presenza di boschi di querce e altre latifoglie con vecchi alberi ma anche a parchi cittadini con querce. È presente maggiormente nelle zone pianeggianti e in collina ma giunge comunque fino ai 1000 m di altitudine.
		Cerambice della quercia notturno		Specie legata a boschi di querce, a parchi e viali con filari di vecchie querce secolari. È diffusa specialmente in pianura e prima collina, raggiunge comunque i 900 m di altitudine.

ORDINE	FAMIGLIA	NOME COMUNE	IMMAGINE	HABITAT
		Cerambice eroe o Gran Capricorno		Segnalata nella regione Emilia-Romagna di tutte le province ma diviene più saltuaria nella porzione ovest della regione. Specie molto vulnerabile e in forte rarefazione.
	Cetonidae	Scarabeo eremita odoroso		Vive all'interno dei tronchi cavi in boschi maturi di latifoglie e nelle alberature e filari di vecchi alberi anche capitozzati. È prevalentemente diffusa in pianura e nella bassa collina ma la si è riscontrata fino a 1000 m.
	Cicindelidae	Cicindela di maggio		Cicindela insediata sulle rive sabbiose dei fiumi e torrenti, in ambienti aperti e soleggiati, dalla pianura alla media collina. La specie è strettamente legata ai depositi sabbiosi ripariali dei torrenti collinari e dei banchi sabbiosi dei fiumi.
Lepidoptera	Arctiidae	Falena dell'edera		La falena dell'edera è legata ad una vasta tipologia di ambienti caldi e secchi, anche se mostra una certa preferenza per i margini dei boschi e altri luoghi ombrosi. La si riscontra dalla pianura ai 1500 m di quota.
	lasioleucidae	Bombice del prugnolo		Distribuita dalla pianura fino a circa 1000 m dove sembra prediligere i margini di aree boscate esposte a mezzogiorno.

ORDINE	FAMIGLIA	NOME COMUNE	IMMAGINE	HABITAT
Lepidoptera	Papilionidae	Zerinzia o Polissena		Specie strettamente legata ad ambienti umidi quali piccoli canali irrigui, marcite e in ambiente montano, in vallecole e colatoi. Presente ad un'altitudine compresa tra 0 e 1700 m.
	Sphingidae	Sfinge dell'epilobi o o Proserpina		Preferisce ambienti caldi e secchi di pianura e collina, di solito non oltre i 1200 m.
Odonata	Corduliidae	Smeraldo meridionale		Libellula la cui larva vive nei piccoli corsi d'acqua con corrente moderata e vegetazione acquatica e ripariale, come ruscelli e torrenti molto ombreggiati, della bassa collina e fino a 650 m di altezza.
MAMMIFERI				
Chiroptera	Vespertilionidae	Pipistrello comune o nano		Questa specie è oggi ben adattata agli ambienti antropizzati: utilizza infatti i più vari ambienti dal livello del mare ad oltre 2.000 metri di altitudine, i boschi e le foreste di ogni tipo, agroecosistemi con boschetti e siepi, parchi e giardini ed infine le aree urbane, comprese le grandi città.
Rodentia	Gliridae	Moscardino		Pianura, collina e montagna non oltre i 1600 m di altitudine; in boschi di latifoglie ricchi di sottobosco, frutteti, talvolta

ORDINE	FAMIGLIA	NOME COMUNE	IMMAGINE	HABITAT
				boschi di conifere; anche in parchi e giardini.
	Hystriidae	Istrice		Pianura, collina anche attorno a 800 m di altitudine; in boschi, cespugliati con zone aperte, sassaie e caverne.
	Leporidae	Lepre		Pianura, collina, montagna fino a 2000 m di altitudine; in diversi ambienti quali campi coltivati ma anche boschi, soprattutto di latifoglie, brughiere e dune
	Microtidae	Arvicola terrestre		Sponde di fiumi, canali, laghi, stagni, valli salmastre e paludi, in pianura e nei fondovalle.
	Muridae	Topo selvatico		Boschi, ma anche ambienti con copertura limitata o assente, come campi, giardini e pietraie
		Topolino delle case		Prevalentemente commensale dell'uomo, frequenta abitazioni, magazzini e campi agricoli
Soricomorpha	Soricidae	Crocidura minore		Ovunque vi sia un minimo di copertura.

ORDINE	FAMIGLIA	NOME COMUNE	IMMAGINE	HABITAT
		Mustiolo		Macchia mediterranea, boschi, giardini, muriccioli, terrazzamenti, generalmente in pianura.
		Toporagno acquaiolo		Corsi d'acqua.
MOLLUSCHI				
Gasteropoda	Vertiginidae	Vertigo di Demoulins		<i>V. moulinsiana</i> è specie spiccatamente igrofila, vivente nella lettiera, nei muschi e sugli steli della vegetazione palustre di ambienti prativi e ripariali, di paludi, torbiere, laghi, ecc., comunque sempre in biotopi molto umidi e parzialmente inondati, generalmente a quote non molto elevate.
		Vertigo sinistrorso minore		<i>V. angustior</i> vive nella lettiera e nei muschi di biotopi prativi, ripariali, palustri (anche salmastri) e ai margini dei boschi preferibilmente su suoli calcarei, a quote medio basse, ed è un po' meno igrofilo di altre specie del genere.
Unionoida	Unionidae	Unione		<i>U. mancus</i> vive nelle acque debolmente correnti del tratto inferiore dei fiumi, nei canali, in acque stagnanti o lacustri, tollerando ampie escursioni dei parametri ambientali.
RETTILI				

ORDINE	FAMIGLIA	NOME COMUNE	IMMAGINE	HABITAT
Squamata	Anguidae	Orbettino		Sottobosco di faggete, querceti, orno-ostrieti e castagneti; prati e radure, sotto sassi e tronchi, aree rurali e suburbane, pinete litoranee.
	Colubridae	Biacco		Macchie, margini di boschi, radure, zone rocciose, muri a secco e pietraie; anche siepi, coltivi e aree antropizzate.
		Biscia dal collare		Zone umide di ogni tipo, ma anche (soprattutto nel caso delle femmine adulte) vari altri ambienti, compresi quelli xerici.
	Lacertidae	Lucertola campestre		Margini di boschi, boscaglie, radure e prati, coltivi, aree urbane, pietraie, cataste di legna, pinete litoranee, litorali sabbiosi, dune con vegetazione scarsa, alvei di torrenti e fiumi, sponde di laghi e stagni.
		Ramarro		Margini di boschi, cespuglieti, siepi, radure erbose, prati, coltivi, alvei di fiumi, aree urbane, pinete litoranee, pietraie.
	Viperidae	Vipera comune		Boschi e loro margini, radure, macchie e boscaglie, pietraie e zone rocciose, litorali sabbiosi.

ORDINE	FAMIGLIA	NOME COMUNE	IMMAGINE	HABITAT
Testudines	Emydidae	Testuggine palustre dalle orecchie rosse		Presente in zone urbane, lungo fiumi o laghi, in parchi pubblici o bacini di ex-cave; nei paesi ove si è acclimatata ha dimostrato grande adattabilità e capacità di colonizzare ogni tipologia di bacino idrico.

Tabella 4-36 –Distribuzione della fauna minore – Fonte Regione Emilia Romagna

Per quanto riguarda la componente ornitica, oggetto della specifica Direttiva 79/409/CEE "Uccelli", storico riferimento per la protezione dell'avifauna, l'Emilia-Romagna annovera importantissime presenze ed irripetibili siti, veri e propri santuari per l'ornitologia europea e mondiale come, ad esempio, le Valli di Comacchio (FE), che ospitano attualmente 234 specie tra nidificanti o migratori e svernanti. Delle 510 specie che compongono la checklist italiana secondo EBN-ASOER (2003), 394 sono gli uccelli che trovano alimentazione, rifugio o siti di nidificazione in Emilia-Romagna, ed è un contingente tra i più numerosi per una regione italiana. Peraltro recenti studi mostrano che la maggior parte delle specie rare, quelle acquatiche o molto localizzate come Aquila e Gufo reale, dimorano pressochè esclusivamente all'interno dei territori regionali classificati come ZPS.



L'avifauna regionale annovera, tra quelle elencate all'All.I della Direttiva 409/79 CEE, ottanta specie di grande interesse conservazionistico in quanto rare e spesso strettamente legate ad habitat specifici che ne condizionano l'alimentazione, la nidificazione, le caratteristiche utili per la stanzialità o semplicemente per la sosta durante le migrazioni. Occasionalmente può verificarsi l'avvistamento di esemplari erratici appartenenti ad almeno un'altra decina di specie. Sulle varie rotte di migrazione, sono stati ad esempio avvistati il Grifone o la Berta maggiore (che per natura non potranno mai formare qui popolazioni stabili) ed esemplari in sosta di Oca lombardella minore (più volte avvistata nella zona di Comacchio), o Oca collarosso (avvistata negli anni '80 nel






modenese e ferrarese) che potrebbero preludere, come è accaduto per il Fenicottero, ad un ritorno stabile di queste specie.





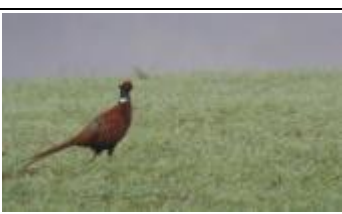
Di eccezionale importanza è la popolazione di *Chlidonias hybrida* (Mignattino piombato), per quanto riguarda l'Italia concentrata pressoché esclusivamente in Emilia-Romagna. Sebbene il trend dell'areale regionale di questa sterna sia nel complesso costante e la popolazione nidificante in incremento, si sta assistendo al deterioramento del grado di conservazione degli habitat importanti per la specie, il che la pone comunque in grave pericolo.

Tra i nuovi arrivi, va segnalato il grande elusivo Picchio Nero, specie alpina con stazioni in Sila, che nelle Foreste Casentinesi ha iniziato a nidificare con regolarità, e per alcuni versi il coloratissimo e mediterraneo Gruccione, un tempo ritenuto accidentale, oggi nidificante in numerosi siti collinari con rupi sabbiose.

Di seguito viene proposto un elenco delle principali specie ornitologiche presenti o potenzialmente presenti nel territorio oggetto di analisi:

ORDINE	FAMIGLIA	NOME COMUNE	IMMAGINE	HABITAT
Passeriformes	Corvidae	Cornacchia grigia		Predilige ambienti parzialmente alberati. Elevata capacità di adattarsi agli habitat più disparati, a partire da quelli modificati dall'uomo, dove trova cibo in abbondanza. Non teme quindi le trasformazioni ambientali dalle quali, rispetto ad altre specie, è favorita
		Gazza		Predilige spazi aperti come prati, ma anche frutteti, cespugli, campi coltivati e margini dei boschi. Può vivere in alta montagna fino a 1.500 metri di altitudine, ma non disdegna i centri abitati perché non teme l'uomo

ORDINE	FAMIGLIA	NOME COMUNE	IMMAGINE	HABITAT
	Turidi	Merlo		L'habitat naturale del merlo è il bosco, ma si adatta a vivere in numerosi ambienti e non raramente lo si trova nei frutteti e nei vigneti, in aree urbane a contatto ravvicinato con l'uomo
	Paridae	Cinciallegra		Frequenta ambienti semi-alberati quali margini di boschi, frutteti, campi con filari d'alberi, giardini e parchi urbani. Predilige le basse altitudini, come le zone collinari e pianeggianti.
	Motacillidae	Ballerina bianca		Predilige i campi arati, le zone umide e coltivate e i luoghi in cui siano presenti specchi d'acqua. Evita le foreste d'alto fusto e le montagne oltre il limite della vegetazione arborea. Tra i Passeriformi, la Ballerina bianca è tra quelli che riescono a adattarsi meglio alla presenza umana
	Alaudidae	Allodola		gli habitat aperti e ha una forte associazione con tutti i tipi di terreni agricoli, ma non è insolito trovarla in prati, pascoli, steppe, marcite, dune e anche in ampie radure forestali
	Hirundinidae	Rondine		Non ha un habitat particolare in quanto è un uccello estremamente adattabile e nidifica ovunque, entro i 3000 m di altitudine, purché ci siano nelle vicinanze degli spazi aperti nei quali trovare cibo

ORDINE	FAMIGLIA	NOME COMUNE	IMMAGINE	HABITAT
	Sturnidae	Storno		È una delle specie più adattabili ad ambienti differenti. Predilige le pianure, le colline, le campagne coltivate e, in generale, gli ambienti agricoli, ma frequenta anche luoghi boschivi e zone umide
Ciconiformes	Ardeidae	Airone cinerino		Predilige le pianure, ma può vivere anche fino a 2000 m slm. Ama le zone umide d'acqua dolce, le cave d'argilla, le aree lagunari e le valli da pesca, nella maggior parte dei casi con ricca vegetazione ripariale, costituita da boschi di pioppo e salice
		Airone guardabuoi		Amano frequentare gli ambienti umidi, ma anche i campi arati e seminati, dove sovente seguono i trattori durante le fasi di lavorazione dei campi
		Garzetta		Frequenta prevalentemente ambienti acquitrinosi, canali, stagni, fiumi
Galliformes	Phasianidae	Fagiano comune		I fagiani, hanno abitudini stanziali e sono soliti vagare per campi, prati e pianure fertili; difficilmente si inoltrano all'interno di foreste






ORDINE	FAMIGLIA	NOME COMUNE	IMMAGINE	HABITAT
Accipitriformes	Accipitridae	Poiana		Le campagne alberate sono habitat particolarmente favorevoli e si adatta meglio di altri rapaci alle trasformazioni ambientali di origine antropica, potendo nidificare anche su alberi isolati circondati da ambienti agricoli tradizionali
Falconiformes	Falconidae	Falco pellegrino		Pur essendo abbastanza intollerante al disturbo umano, prediligendo quindi di gran lunga aree aperte e selvagge, si può scorgere su costruzioni artificiali quali grandi edifici in città anche fortemente antropizzate, specialmente torri e campanili
Columbiformes	Columbidae	Piccione		Diffusione inarrestabile, sapendosi adattare rapidamente alle caratteristiche degli insediamenti urbani e diventando quindi una delle specie aviarie più diffuse nelle città di tutto il mondo
Strigiformes	Strigidae	Gufo		Ambienti aperti con alberi sparsi, in filari o in macchie. Anche zone boschive alternate a zone aperte
		Civetta		Ambienti aperti di qualsiasi tipo, con alberi sparsi, in filari o in macchie. Anche zone suburbane, paesi e città. Generalmente al di sotto degli 800 m

Tabella 4-37 –Distribuzione dell'avifauna – Fonte Regione Emilia Romagna

#### 4.9 SISTEMA INSEDIATIVO, CONDIZIONI SOCIOECONOMICHE E SALUTE PUBBLICA

Il Comune di Bologna presenta un'estensione territoriale complessiva di ca. 140 kmq, con una popolazione giornaliera di più di mezzo milione di abitanti, tra residenti e non, che comprende anche chi vi si reca per ragioni di studio e di lavoro.

Il comune capoluogo è stato caratterizzato negli ultimi quarant'anni da tendenze demografiche fortemente differenziate da quelle del restante territorio provinciale.

Le tendenze demografiche di lungo periodo che hanno interessato Bologna nell'ultimo trentennio hanno ovviamente modificato in modo rilevante la composizione per sesso ed età della popolazione comunale, che si è sempre più caratterizzata come una collettività fortemente invecchiata con una contemporanea e significativa ripresa della natalità nella seconda metà degli anni Novanta.

Nei paragrafi che seguono si riportano i dati più salienti dei quartieri interessati dal progetto.

##### 4.9.1 CARATTERI SPECIFICI DELLE AREE INTERESSATI DAL PROGETTO

In merito ai quartieri del Comune di Bologna interessati dal progetto, con riferimento all'anno 2017, il quartiere Porto-Saragozza è al primo posto per numero di residenti (69.416, a) e supera Navile (68.798), che da sempre era il più popoloso; al terzo posto si colloca il quartiere San Donato-San Vitale (65.892). Savena, storicamente secondo per numero di abitanti, nella nuova articolazione territoriale è in ultima posizione (59.769).

Il bilancio demografico è lievemente attivo in tutti i nuovi quartieri, in particolare Porto-Saragozza ha acquisito 239 residenti in più rispetto all'anno precedente.

Il Quartiere Navile, in cui ricade l'area oggetto del presente studio, assume questa denominazione nel 1985, anno dell'ultima sostanziale riforma dell'assetto dei quartieri cittadini, dove nasce dall'unificazione dei tre precedenti quartieri Lama, Bolognina, Corticella.

Il quartiere Navile ha un'estensione territoriale pari a ca. 26 kmq, con una popolazione complessiva al 2018 di 69.187 unità (69.525 unità nel 2019), di cui ca. il 51 % costituita da femmine e 49 % costituita da maschi.

#### 4.9.2 RISCHIO DA INCIDENTE RILEVANTE

Secondo l'elenco reso disponibile da Arpa (rif. ultimo aggiornamento 30/09/2020), nella Provincia di Bologna vi sono 16 stabilimenti a Rischio d'Incidente Rilevante:

- BEYFIN S.p.A. - Bologna (BO);
- G.D. Deposito Distribuzione merci - Sala Bolognese (BO);
- GOLDEN GAS S.p.A. – Argelato (BO);
- INVER S.p.A. – Minerbio (BO);
- IRCE S.p.A. - Imola (BO);
- LINDE GAS ITALIA s.r.l. - Sala Bolognese (BO);
- MONTENEGRO S.p.A. - San Lazzaro di Savena (BO).
- BASCHIERI & PELLAGRI - Castenaso (BO);
- BASF Italia s.r.l. - Sasso Marconi (BO);
- BRENNTAG S.p.A. - Bentivoglio (BO);
- FRATELLI RENZI LOGISTICA s.r.l. – Castel Maggiore (BO);
- L'EMILGAS s.r.l. - Bologna (BO);
- LIQUIGAS S.p.A. - Crespellano (BO);
- OVAKO MOLINELLA S.p.A. - Molinella (BO);
- REAGENS S.p.A. - San Giorgio di Piano (BO);
- STOGIT S.p.A. STOCAGGI GAS ITALIA S.p.A. – Minerbio (BO).

Sulla base dei dati sopra riportati, all'interno del Comune di Bologna ricade uno stabilimento a rischio di incidente rilevante. Nella seguente tabella è inserito lo stabilimento coinvolto dall'applicazione del D.M. 9 maggio 2001, le principali tipologie di attività svolte all'interno dello stabilimento, le distanze dalle aree di intervento.

STABILIMENTO	TIPOLOGIA DI ATTIVITA'	DISTANZA DALLE AREE DI INTERVENTO	SOGLIA
GOLDEN GAS S.p.A. Argelato (BO)	Commercializzazione GPL	ca. 5 km	inferiore

In particolare, non è riscontrabile la presenza di stabilimenti a rischio di incidente rilevante nelle immediate vicinanze degli interventi previsti.

#### 4.10 ENERGIA ED ELETTROMAGNETISMO

La produzione, il trasporto e l'utilizzazione di energia elettrica insieme al veloce sviluppo dei sistemi di radio telecomunicazione costituiscono uno dei tratti distintivi della società contemporanea e determinano, contestualmente, un aumento dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.

##### 4.10.1 INQUINAMENTO DA CAMPI ELETTROMAGNETICI

Il fenomeno definito "inquinamento elettromagnetico" è legato alla generazione di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici artificiali, cioè non attribuibili al naturale fondo terrestre o ad eventi naturali, ad esempio il campo elettrico generato da un fulmine. Sulla Terra infatti è da sempre presente un fondo elettromagnetico naturale al quale con il progresso tecnologico si sono aggiunte le onde elettromagnetiche prodotte da impianti di radiocomunicazione, elettrodotti e dalla maggior parte degli apparecchi alimentati da energia elettrica.

I campi elettromagnetici si propagano sotto forma di onde elettromagnetiche, per le quali viene definito un parametro, detto frequenza, che indica il numero di oscillazioni che l'onda elettromagnetica compie in un secondo. L'unità di misura della frequenza è l'Hertz (1 Hz equivale a una oscillazione al secondo). Sulla base della frequenza viene effettuata una distinzione tra:

- inquinamento elettromagnetico generato da campi a bassa frequenza (0 Hz – 300 Hz), nel quale rientrano i campi generati dagli elettrodotti che emettono campi elettromagnetici a 50 Hz;

- inquinamento elettromagnetico generato da campi ad alta frequenza (10 MHz - 300 GHz) nel quale rientrano i campi generati dagli impianti radio-TV e di telefonia mobile.

Questa distinzione è necessaria in quanto le caratteristiche dei campi in prossimità delle sorgenti variano al variare della frequenza di emissione, così come variano i meccanismi di interazione di tali campi con gli esseri viventi e quindi le possibili conseguenze per la salute.

La propagazione di onde elettromagnetiche come gli impianti radio-TV e per la telefonia mobile, o gli elettrodotti per il trasporto e la trasformazione dell'energia elettrica, da apparati per applicazioni biomedicali, da impianti per lavorazioni industriali, come da tutti quei dispositivi il cui funzionamento è subordinato a un'alimentazione di rete elettrica, come gli elettrodomestici. Mentre i sistemi di tele radiocomunicazione sono progettati per emettere onde elettromagnetiche, gli impianti di trasporto e gli utilizzatori di energia elettrica, emettono invece nell'ambiente circostante campi elettrici e magnetici in maniera non intenzionale.

La maggiore fonte di inquinamento a bassa frequenza sono gli elettrodotti; per quanto riguarda le alte frequenze gli impianti di radiocomunicazione ed in particolare, gli impianti per la diffusione RTV e gli impianti per la telefonia cellulare.

#### 4.10.1.1 Elettrodotti (basse frequenze)

Nella banda delle basse frequenze (0-300 Hz) la sorgente di inquinamento di gran lunga più diffusa è quella derivante dal sistema di produzione, trasporto e utilizzo finale dell'energia elettrica (50 Hz). Gli elettrodotti svolgono la funzione di trasportare e distribuire l'energia elettrica, e sono classificati in funzione della tensione. Sono quindi suddivisi in:

- linee ad altissima tensione (380 kV) per il trasporto di energia elettrica su grandi distanze;
- linee ad alta tensione (220 kV e 132 kV) per la distribuzione dell'energia elettrica; normalmente aeree possono essere anche interrate;
- linee a media tensione (15-20 kV) per la fornitura a industrie, centri commerciali e grandi condomini, possono essere aeree o interrate;
- linee a bassa tensione (220-380 V) per la fornitura a singole abitazioni e piccole utenze, possono essere aeree o interrate.

Una forma di inquinamento puntiforme è dovuta alle cabine di trasformazione primarie o secondarie: le primarie sono di norma isolate dalle abitazioni e non pongono particolari problemi, le secondarie sono invece poste vicino o all'interno degli edifici.

A basse frequenze il campo elettrico espresso come valore efficace  $E$  (V/m), legato direttamente alla tensione, si misura separatamente dal campo magnetico  $H$ , legato invece alla corrente elettrica, e per il quale si assume come unità di misura il microtesla microT (induzione magnetica). Essendo la tensione della linea un fattore costante per un dato elettrodotto, il valore efficace del campo elettrico  $E$  in un dato punto risulta costante nel tempo, e la sua intensità diminuisce all'aumentare della distanza dal conduttore. Il campo elettrico è inoltre facilmente schermabile, e tra l'interno e l'esterno di un edificio si ha una notevole differenza della sua intensità.

Il campo di induzione magnetica  $H$  varia con l'intensità della corrente elettrica che transita sulla linea e dipende dalla potenza transitante. L'intensità del campo  $H$  diminuisce con l'aumentare della distanza dalla linea, ma contrariamente al campo  $E$  è difficilmente schermabile, quindi tra l'interno e l'esterno di un edificio la sua intensità risulta praticamente invariata.

#### 4.10.1.2 Impianti di radiocomunicazione (alte frequenze)

Le principali fonti di inquinamento elettromagnetico ad alta frequenza sono gli impianti di radiocomunicazione, ed in particolare gli impianti di radiodiffusione televisiva e radiofonica e le Stazioni Radio Base per la telefonia cellulare. Ai suddetti impianti bisogna comunque aggiungere altre tipologie di impianti di tecnologie più recenti, quali il wi-fi e il wi-max, i quali benché di potenze in genere limitate, in futuro a causa di una possibile diffusione capillare potrebbero diventare una fonte di inquinamento importante, se non la principale.

Gli impianti di radiodiffusione televisiva e radiofonica sono di norma collocati in punti elevati del territorio, al di fuori dei centri abitati, e coprono bacini di utenza che possono interessare anche più province. La loro potenza è spesso superiore al kW.

Le stazioni radio base vengono invece installate in città e vicino ai centri abitati coprendo ciascuna un'area di territorio (cella) di estensione contenuta con potenze di emissione dell'ordine delle

decine di watt. Essendo quindi assai diffuse nei centri abitati, le SRB sono gli impianti che generano nella popolazione maggiori preoccupazioni. Grazie alle valutazioni preventive effettuate dalle ARPA in sede di autorizzazione, questa tipologia di impianti non crea in genere situazioni di superamento dei limiti normativi. Gli impianti di radiodiffusione invece, in particolare quelli radiofonici (radio FM), i quali hanno potenze di irradiazione elevate la cui installazione risale non raramente a decenni or sono, in alcuni casi possono creare situazioni di superamento dei limiti normativi.

#### 4.10.2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

In questo capitolo vengono presentate le principali normative riguardanti i Campi Elettromagnetici.

##### 4.10.2.1 Normativa europea

A livello di normativa europea è da citare la:

- Raccomandazione del Consiglio Europeo, del 12 luglio 1999, relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz.

In questo provvedimento il Consiglio dell'Unione Europea espone una serie di raccomandazioni agli stati membri, in merito all'adozione di un quadro di limiti fondamentali e di livelli di riferimento ed all'attuazione di misure relative alle sorgenti o alle attività che determinano l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici, quando il tempo di esposizione è significativo.

Ai fini dell'applicazione delle limitazioni basate sulla valutazione dei possibili effetti sulla salute dei campi elettromagnetici, nella raccomandazione della Comunità Europea sono stati distinti i limiti di base e i livelli di riferimento.

Le limitazioni all'esposizione ai campi elettrici magnetici ed elettro-magnetici variabili nel tempo, che si fondano direttamente su effetti accertati sulla salute e su considerazioni di ordine biologico, sono denominate "limiti di base". In base alla frequenza del campo, le quantità fisiche impiegate per specificare tali limitazioni sono: la densità di flusso magnetico (B), la densità di corrente (J), il tasso di assorbimento specifico di energia (SAR), e la densità di potenza (S). La

densità di flusso magnetico e la densità di potenza negli individui esposti possono essere misurate rapidamente.

I livelli di riferimento, invece, sono indicati a fini pratici di valutazione dell'esposizione in modo da determinare se siano probabili eventuali superamenti dei limiti di base. Alcuni livelli di riferimento sono derivati dai limiti di base fondamentali attraverso misurazioni e/o tecniche informatiche e alcuni livelli di riferimento si riferiscono alla percezione e agli effetti nocivi indiretti dell'esposizione ai campi elettromagnetici. Le quantità derivate sono: l'intensità di campo elettrico (E), l'intensità di campo magnetico (H), la densità del flusso magnetico (B), la densità di potenza (S) e la corrente su un arto (IL). Le grandezze che si riferiscono alla percezione e agli altri effetti indiretti sono la corrente (di contatto) (Ic) e, per i campi pulsati, l'assorbimento specifico di energia (SAR). In qualunque situazione particolare di esposizione, i valori misurati o calcolati di una delle quantità sopra citate possono essere raffrontati al livello di riferimento appropriato. L'osservanza del livello di riferimento garantirà il rispetto delle restrizioni fondamentali corrispondenti. Se il valore misurato supera il livello di riferimento, non ne consegue necessariamente che sia superata la restrizione fondamentale. In tali circostanze, tuttavia, vi è la necessità di definire se il limite di base sia o meno rispettato.

Da segnalare anche la recente direttiva che riguarda la sicurezza del lavoro:

- Direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE

#### 4.10.2.2 *Normativa nazionale*

L'Italia è stata la prima nazione europea a emanare una disciplina in materia di campi elettromagnetici, in linea con le risultanze scientifiche dei più autorevoli Istituti internazionali. Ciò anche in base all'art. 4 della legge n. 833/1978 (legge recante l'istituzione del SSN) che ha previsto che sia un apposito decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri a fissare una normativa tecnica, periodicamente sottoposta a revisione, sui limiti massimi di esposizione ad inquinanti di natura fisica.

La normativa nazionale e regionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (elettrodotti) e le alte frequenze (impianti radiotelevisi, stazioni radiobase, ponti radio).

In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

- effetti acuti (o di breve periodo), basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono - con margini cautelativi - la non insorgenza di tali effetti);
- effetti cronici (o di lungo periodo), privi di soglia e di natura probabilistica (all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

È importante dunque distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi (riportiamo le definizioni inserite nella legge quadro):

<b>Limiti di esposizione</b>	valori di campi elettromagnetici che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti
<b>Valori di attenzione</b>	valori di campi elettromagnetici non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo
<b>Obiettivi di qualità</b>	valori di campi elettromagnetici da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai campi elettromagnetici per la protezione da possibili effetti di lungo periodo

È chiaro quindi che i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità non debbano essere considerati come soglie di sicurezza, ma come riferimenti operativi per il conseguimento di obiettivi di tutela da possibili effetti di lungo periodo nell'applicazione del "principio cautelativo".

A livello di normativa nazionale il principale provvedimento di settore è la Legge 22.02.2001 n. 36, - "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".

Di seguito vengono presentati, ed in alcuni casi illustrati, i principali provvedimenti legislativi nazionali.

Legge 22.02.2001 n. 36, - "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"

La presente legge ha per oggetto gli impianti, i sistemi e le apparecchiature per usi civili, militari e delle forze di polizia, che possano comportare l'esposizione dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz. In particolare, la presente legge si applica agli elettrodotti ed agli impianti radioelettrici, compresi gli impianti per telefonia mobile, i radar e gli impianti per radiodiffusione.

Tale legge intende risolvere, sia in sede nazionale che in sede regionale, le problematiche derivanti dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici, in particolare per ciò che concerne la tutela dai possibili effetti a lungo termine.

Nella legge (art. 3), vengono assunte le seguenti definizioni:

esposizione: è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;

limite di esposizione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettera a);

valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettere b) e c). Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge.

Tali limiti e valori sono stabiliti con due appositi Decreti del Presidente del Consiglio dei Ministri, rispettivamente per la popolazione e i lavoratori (vd. art. 4, comma 2) emanati entrambi l'8 luglio 2003.

Sempre nello stesso articolo sono inoltre definiti i seguenti obiettivi di qualità:

- i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8;
- i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

Ulteriori definizioni riguardano:

- elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;
- esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici: è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- esposizione della popolazione: è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;
- stazioni e sistemi o impianti radioelettrici: sono uno o più trasmettitori, nonché ricevitori, o un insieme di trasmettitori e ricevitori, ivi comprese le apparecchiature accessorie, necessari in una data postazione ad assicurare un servizio di radiodiffusione, radiocomunicazione o radioastronomia;
- impianto per telefonia mobile: è la stazione radio di terra del servizio di telefonia mobile, destinata al collegamento radio dei terminali mobili con la rete del servizio di telefonia mobile;

- impianto fisso per radiodiffusione: è la stazione di terra per il servizio di radiodiffusione televisiva o radiofonica.

La Legge Quadro fa, inoltre, chiarezza circa la ripartizione di competenze e di funzioni tra Stato e Regioni in materia di campi elettromagnetici (art. 4), riservando espressamente allo Stato, tra l'altro, la determinazione dei valori di campo elettromagnetico, come sopra individuati.

Particolare interesse riveste poi, nell'ambito della Legge, la disciplina prevista per i risanamenti (art. 9).

Si stabilisce, infatti, che i proprietari delle porzioni della rete elettrica di trasmissione nazionale o coloro che ne abbiano, comunque, la disponibilità sono tenuti a fornire tempestivamente al Gestore della rete (soggetti cui è riservata in concessione, per legge, la gestione del servizio di trasmissione o dispacciamento dell'energia elettrica) ed entro sei mesi dall'entrata in vigore del D.P.C.M. di fissazione dei valori di riferimento, le proposte degli interventi di risanamento delle linee di competenza, nonché tutte le informazioni necessarie ai fini della presentazione, da parte dei suddetti Gestori, delle proposte di piano di risanamento. Le proposte di piano di risanamento dovranno essere presentate entro dodici mesi dall'entrata in vigore del decreto che determina i criteri di elaborazione di detti piani ai sensi dell'art. 4, comma 4 della Legge Quadro.

I risanamenti proposti dovranno essere completati entro dieci anni dalla data di entrata in vigore della legge n. 36/01.

Entro il 31 dicembre 2004 ed entro il 31 dicembre 2008 dovrà essere comunque completato il risanamento degli elettrodotti che non risultano conformi ai limiti di cui all'art. 4 e alle condizioni di cui all'art. 5 del D.P.C.M. del 1992, al fine dell'adeguamento ai limiti di esposizione, ai valori di attenzione e agli obiettivi di qualità previsti dalla legge in esame.

La legge, quindi, anche per esigenze di salvaguardia del servizio elettrico, conferma le scadenze temporali previste per i risanamenti dal D.P.C.M. del 1992 e dal successivo D.P.C.M. del 1995.

Per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV, la proposta di piano di risanamento deve essere presentata al Ministero dell'Ambiente, per gli elettrodotti con tensione non superiore a

150 kV la proposta di piano di risanamento è presentata alla Regione. In caso di inerzia o inadempienza dei Gestori, il piano di risanamento degli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV è adottato dalla Regione.

Il risanamento dovrà essere effettuato con onere a carico dei proprietari degli elettrodotti; l'inadempimento da parte di questi ultimi o di coloro che ne abbiano comunque la disponibilità comporta il mancato riconoscimento da parte del Gestore del canone di utilizzo relativo alla linea non risanata e la disattivazione dei suddetti impianti, da parte dell'Amministrazione, per un periodo fino a sei mesi, dovendosi comunque garantire l'erogazione del servizio pubblico.

Sanzioni amministrative, salvo che il fatto non costituisca reato, sono previste, all'art. 15, per chiunque, nell'esercizio o nell'impiego di un impianto che genera campi elettromagnetici superiori i limiti di esposizione e i valori di attenzione generati dall'impianto stesso ovvero nei confronti di chi ha in corso di attuazione piani di risanamento, qualora non rispetti i limiti ed i tempi ivi previsti.

DPCM 08.07.2003 - "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti" (GU 29.08.2003 n. 200).

Questo D.P.C.M., la cui emanazione ha comportato l'abrogazione del precedente DPCM 23 aprile 1992, è il riferimento normativo per quanto riguarda le basse frequenze.

Tale decreto fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti. Nel medesimo ambito, il decreto stabilisce anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

Tabella 2.a: limiti normativi fissati dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 (basse frequenze)

Limite	Tipologia di esposizione	Campo magnetico ( $\mu\text{T}$ )	Campo elettrico (kV/m)
--------	--------------------------	-----------------------------------	------------------------

Limite di esposizione	Normale esposizione	100	5
Livello di attenzione	Aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere	10 (*)	-
Obiettivo di qualità	Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio.	3 (*)	-

(\*) mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'APAT, sentite le ARPA, ha il compito di definire la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio. Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV e alle regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti.

Il precedente decreto del 23 aprile 1992, all'art. 5, stabiliva come limiti di distanze:

- linee a 132 kV  $\geq 10$  m
- linee a 220 kV  $\geq 18$  m
- linee a 380 kV  $\geq 28$  m

DPCM 08.07.2003 - "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz" (GU 28.08.2003 n. 199).

Questo è l'attuale riferimento normativo per quanto riguarda le alte frequenze, l'emanazione del DPCM ha comportato il superamento del precedente DM 381/98. Il decreto fissa infatti i nuovi limiti di esposizione e i valori di attenzione per la prevenzione degli effetti a breve termine e dei possibili effetti a lungo termine nella popolazione dovuti alla esposizione ai campi elettromagnetici generati da sorgenti fisse con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz. Inoltre fissa gli obiettivi di qualità, ai fini della progressiva minimizzazione della esposizione ai campi medesimi e l'individuazione delle tecniche di misurazione dei livelli di esposizione.

Tabella 3.a: limiti normativi fissati dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 (alte frequenze) (frequenza considerata compresa tra 3 e 3000 MHz)

Limite	Tipologia di esposizione	Campo elettrico (V/m)	Campo magnetico (A/m)
Limite di esposizione	Normale esposizione	20	0,05
Livello di attenzione	All'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e loro pertinenze esterne, che siano fruibili come ambienti abitativi quali balconi, terrazzi e cortili esclusi i lastrici solari	6	0,016
Obiettivo di qualità	all'aperto nelle aree intensamente frequentate	6	0,016

Decreto Legislativo 01.08.2003 n. 259, Codice delle Comunicazioni Elettroniche

È una norma che disciplina la normativa nazionale per il settore dei servizi e del mercato delle telecomunicazioni e delle radiocomunicazioni. Recepisce nell'ordinamento italiano i contenuti delle direttive comunitarie 2002/19/CE, 2002/20/CE, 2002/21/CE e 2002/22/CE in materia di

accesso al mercato, regime di autorizzazioni su infrastrutture e trasmissioni e obblighi di servizio universale nel settore delle comunicazioni.

D.M. Ambiente 29.05.2008, Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti. (GU 5.07.2008 n. 156).

Con questo DM viene approvata la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti proposta dall'APAT e prevista dal DPCM 08.07.2003.

Si applica agli elettrodotti esistenti e in progetto, con linee aeree o interrate, facendo riferimento all'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T per l'induzione magnetica, così come stabilito dall'art. 6 del DPCM 08.07.03.

La metodologia stabilisce che sono escluse dall'applicazione alcune tipologie di linee tra cui le linee telefoniche, telegrafiche e a bassa tensione.

Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 29 maggio 2008, G.U. 2 luglio 2008 n. 153, Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica (nel seguito DM 29/05/2008)

Si applica a tutti gli elettrodotti, definiti nell'art.3 lett.3 della legge n°36 del 22 febbraio 2001, ed ha lo scopo di fornire la procedura per la determinazione e la valutazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione (10  $\mu$ T) e dell'obiettivo di qualità (3  $\mu$ T);

D. L. 18.10.2012 n. 179, (GU 19.10.2012 n. 245).

L'art.14, comma 8 del DL ha introdotto modifiche al DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz". Tali modifiche riguardano il confronto tra i livelli di campo ed i limiti di esposizione e gli obiettivi di qualità. Fra le modifiche si indica anche che le tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di esposizione da adottare sono quelle indicate nella norma CEI 211-7 o in specifiche norme emanate successivamente dal CEI.

Legge 17.12.2012 n. 221, - "Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 18 ottobre 2012, n. 179, recante ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese", allegato 1.

Il Decreto Sviluppo recante "Ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese", convertito nel dicembre 2012, ha modificato alcuni aspetti della normativa sulla protezione della popolazione da esposizioni a radiazioni elettromagnetiche emesse da ripetitori per telefonia mobile e trasmettitori radiotelevisivi.

Tutti i valori di riferimento per l'esposizione umana, limiti, valori di attenzione e obiettivi di qualità, non dovranno essere valutati più sulla sezione verticale del corpo umano ma ad una sola altezza: 1,50 m.

I valori di attenzione e gli obiettivi di qualità dovranno essere intesi come media dei valori nell'arco delle 24 ore e non più come media su qualsiasi intervallo di sei minuti. Questa variazione tiene conto del fatto che valori di attenzione e obiettivi di qualità sono riferiti ad esposizioni prolungate nel tempo.

Le aree a permanenza prolungata dove devono essere applicati i valori di attenzione sono state ulteriormente specificate con particolare riferimento alle pertinenze esterne degli edifici.

Le modalità di valutazione preventive degli impianti e di misura dei livelli di esposizione dovranno essere effettuate sulla base di dati mediati sulle 24 ore. Mentre per le valutazioni teoriche preventive all'installazione si prevede una successiva elaborazione di Linee Guida a cura del Sistema delle Agenzie per l'ambiente, per quanto riguarda le misure si rimanda ad eventuali specifiche norme emanate dal CEI, oltre alla norma CEI 211-7.

D.M. Ambiente 13.02.2014, "Istituzione del Catasto nazionale delle sorgenti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici e delle zone territoriali interessate al fine di rilevare i livelli di campo presenti nell'ambiente" (GU 11.3.2014 n. 58).

Con questo DM viene istituito il Catasto nazionale delle sorgenti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. L'obiettivo è quello di individuare l'ubicazione delle sorgenti sul territorio per rappresentare lo stato dell'ambiente mediante mappe territoriali di campo elettrico e magnetico.

Attraverso il Catasto Nazionale sarà possibile conoscere l'ubicazione delle sorgenti sul territorio e le loro caratteristiche tecniche, nonché identificare, nel rispetto della normativa sulla riservatezza e tutela dei dati personali, i gestori degli impianti. Ancora, il Catasto sarà utile alla costruzione di mappe territoriali di campo elettrico e magnetico, per rappresentare lo stato dell'ambiente.

D.M. Ambiente 05.10.2016, Approvazione delle Linee Guida sui valori di assorbimento del campo elettromagnetico da parte delle strutture degli edifici. (GU Serie Generale n.252 del 27-10-2016).

Con questo Decreto il Ministero dell'Ambiente ha approvato le nuove Linee Guida sui valori di assorbimento del campo elettromagnetico da parte delle strutture degli edifici. Le linee guida sono state predisposte dall'ISPRA e dalle ARPA/APPA relativamente ai valori di assorbimento del campo elettromagnetico da parte delle strutture degli edifici, in attuazione del decreto-legge n. 179 del 18 ottobre 2012 e andranno aggiornate con periodicità semestrale con decreto ministeriale.

DECRETO 7 dicembre 2016 Approvazione delle Linee guida, predisposte dall'ISPRA e dalle ARPA/APPA, relativamente alla definizione delle pertinenze esterne con dimensioni abitabili. (GU Serie Generale n.19 del 24-01-2017)

Il DM va a completare la serie di Linee guida previste dall'art. 14 del DL 179/2012 in fase di valutazione previsionale per la determinazione del campo elettromagnetico prodotto dagli impianti di tele radio comunicazione.

Con il nuovo decreto vengono ora fornite le definizioni delle pertinenze esterne con dimensioni abitabili.

#### 4.10.2.3 Normativa regionale

Legge regionale 31 ottobre 2000 n. 30, "Norme per la tutela della salute e la salvaguardia dell'ambiente dall'inquinamento elettromagnetico";

Deliberazione della Giunta regionale del 20 febbraio 2001 n. 197 "Direttiva per l'applicazione delle L.R. n. 30 del 31 ottobre 2000" come modificata e integrata dalla Deliberazione della Giunta regionale del 21 luglio 2008 n. 1138;

Deliberazione della Giunta regionale del 12 luglio 2010 n. 978 "Nuove direttive della Regione Emilia-Romagna per la tutela e la salvaguardia dell'ambiente dall'inquinamento elettromagnetico".

#### 4.10.2.4 Norme CEI

Molto ricca la normativa tecnica di settore, da segnalare:

- Norma CEI 211-4 del 1996 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"
- Norma CEI 211-6 del 2001 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0Hz— 10kHz.
- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (art.6). Parte I"
- Guida CEI 106-12 "Guida pratica ai metodi di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT".

#### 4.10.3 SITUAZIONE ATTUALE: SORGENTI DI CAMPO ELETTROMAGNETICO PRESENTI

Al fine di verificare la presenza di potenziali altre sorgenti di campo elettromagnetico presenti attualmente nell'ambito territoriale oggetto di studio, e potenzialmente interferenti, è stata eseguita un'analisi del territorio per quanto riguarda la presenza di elettrodotti esistenti in prossimità del tracciato e di altre cabine elettriche in prossimità delle aree delle sottostazioni di progetto.

Dall'analisi del tracciato della linea tranviaria si rivelano alcune sovrapposizioni con i tematismi riferibili alla presenza di elettrodotti ad alta e media tensione. Questi possono incrociare o affiancare (parallelismo) la MT della linea tranviaria, come si evince dallo stralcio della tavola "Vincoli - Elettromagnetismo" del PUG del Comune di Bologna per l'area di interesse.

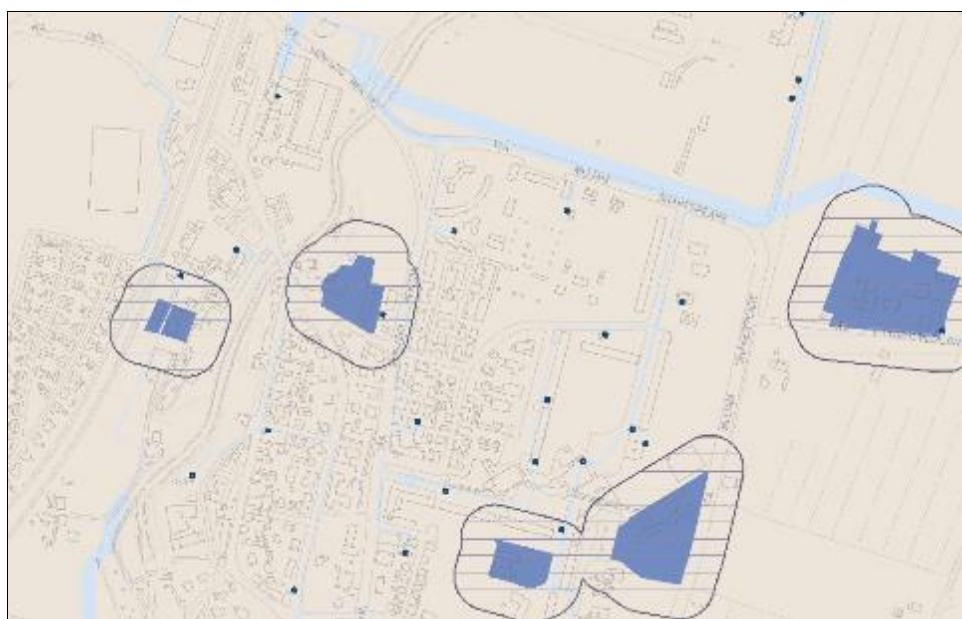
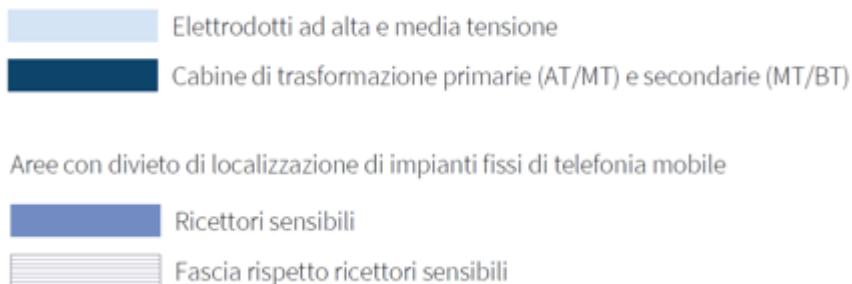


Figura 4-77– Estratto tavola dei Vincoli - Elettromagnetismo PUG comune di Bologna

Tra gli elettrodotti esistenti, evidenziati nelle immagini precedenti, sono da segnalare in particolar modo i principali "di tipo aereo" evidenziati nel "GEOPORTALE Regionale - DBTR -Tratta di elettrodotto aereo".

Di seguito se ne riporta un breve inquadramento.





Gli elettrodotti di Bassa e Media Tensione, avendo uno sviluppo capillare all'interno del territorio comunale, saranno oggetto di valutazione successiva, a seguito di indagini approfondite.

In particolare, si valuterà l'interferenza fisica delle stesse con la linea tranviaria e la loro vicinanza con la MT di progetto, al fine di spostare eventualmente le condotte interferenti mantenendo valori di DPA entro le soglie prefissate.

Riguardo la presenza di altre SSE o cabine di trasformazione presenti nelle immediate vicinanze delle SSE oggetto di studio non se ne ha evidenza.

È comunque da escludere la presenza di altre SSE non a servizio della linea tranviaria in una fascia larga 100 m lungo il tracciato della tramvia.

Sono inoltre presenti diverse Cabine MT/BT (dei vari distributori elettrici), ma considerando la loro ubicazione e le DPA classiche di queste cabine non si prevedono particolari interferenze e criticità.

È stata in particolare verificata l'eventuale interferenza tra tali cabine e la posizione delle fermate. Dal confronto effettuato non risultano interferenze, con distanze tra le fermate e le cabine superiori a 2 m.

#### 4.10.4 IMPIANTI E SSE A SERVIZIO DEL COLLEGAMENTO TRAMVIARIO

Gli impianti elettroferroviari necessari per la circolazione dei veicoli tramviari a trazione elettrica e per il corretto svolgimento dell'esercizio riguardano:

- sistema di alimentazione della trazione elettrica:
  - alimentazione elettrica;
  - linea di contatto;
- sistema di segnalamento, localizzazione, priorità e impianti semaforici
- telecomunicazioni e sistema di telecomando/telecontrollo
- controllo centralizzato dell'esercizio

Si rimanda comunque per schemi e maggiori dettagli agli elaborati progettuali specialistici.

##### 4.10.4.1 Descrizione del sistema di alimentazione della trazione elettrica

La linea sarà alimentata da n. 2 Sotto-Stazioni Elettriche (SSE) di conversione dell'energia da 15 kVca e 750 Vcc, dedicate all'alimentazione dei veicoli in linea e delle utenze elettriche di fermata. Nelle SSE, e relative aree prossime, la presenza giornaliera del personale addetto è stimata con tempi inferiori alle 4 ore nel presente stato di progetto.

Delle due SSE previste, la SSE12 è ubicata nell'area del deposito secondario e presenta le seguenti caratteristiche:

- quadro blindato MT, costituito da un'unità di protezione ARRIVO ENTE FORNITORE, da uno scomparto misure, un'unità di interconnessione MT, un'unità di protezione per ciascun trasformatore di potenza ed un'unità di protezione del trasformatore dei servizi ausiliari;
- trasformatore in resina per servizi ausiliari da 160 KVA, 15KV/400 V;
- quadro generale di distribuzione in bassa tensione;
- UPS 60KVA con doppia centralina ed autonomia di funzionamento di 30 min. del tipo a cassette;
- caricabatterie 110V cc e convertitore 24V cc;

- n. 2 trasformatori di potenza in resina da 1800 KVA, con doppio secondario, 15KV/590 – 590 V;
- n. 2 gruppi di conversione monoblocco da 1600 KW;
- quadro blindato c.c., con n. 2 interruttori extrarapidi;
- armadio di sezionatori di 1° e 2° fila.

Per gli schemi di alimentazione e sezionamenti si rimanda agli elaborati specialistici.

Le caratteristiche elettriche principali della S.S.E. sono:

- Tensione nominale di alimentazione	15 KV
- Tensione nominale raddrizzata	750 Vcc
- Potenza nominale erogata di ogni convertitore	1600 kW
- Potenza nominale del trasformatore servizi ausiliari	160 kVA
- Corrente nominale interruttori extrarapidi	3000 A
- Tensione di alimentazione servizi ausiliari	110-24Vcc 380-220 Vca

Il Sistema di alimentazione della trazione elettrica prevede la suddivisione della linea di contatto in sezioni elettricamente separate per mezzo di isolatori di sezione.

Per alimentare il sistema di Alimentazione della Trazione Elettrica in Media Tensione (15 kV) da due fonti elettriche diverse, per la Linea Tramviaria per Corticella si propone uno schema elettrico di alimentazione caratterizzato da:

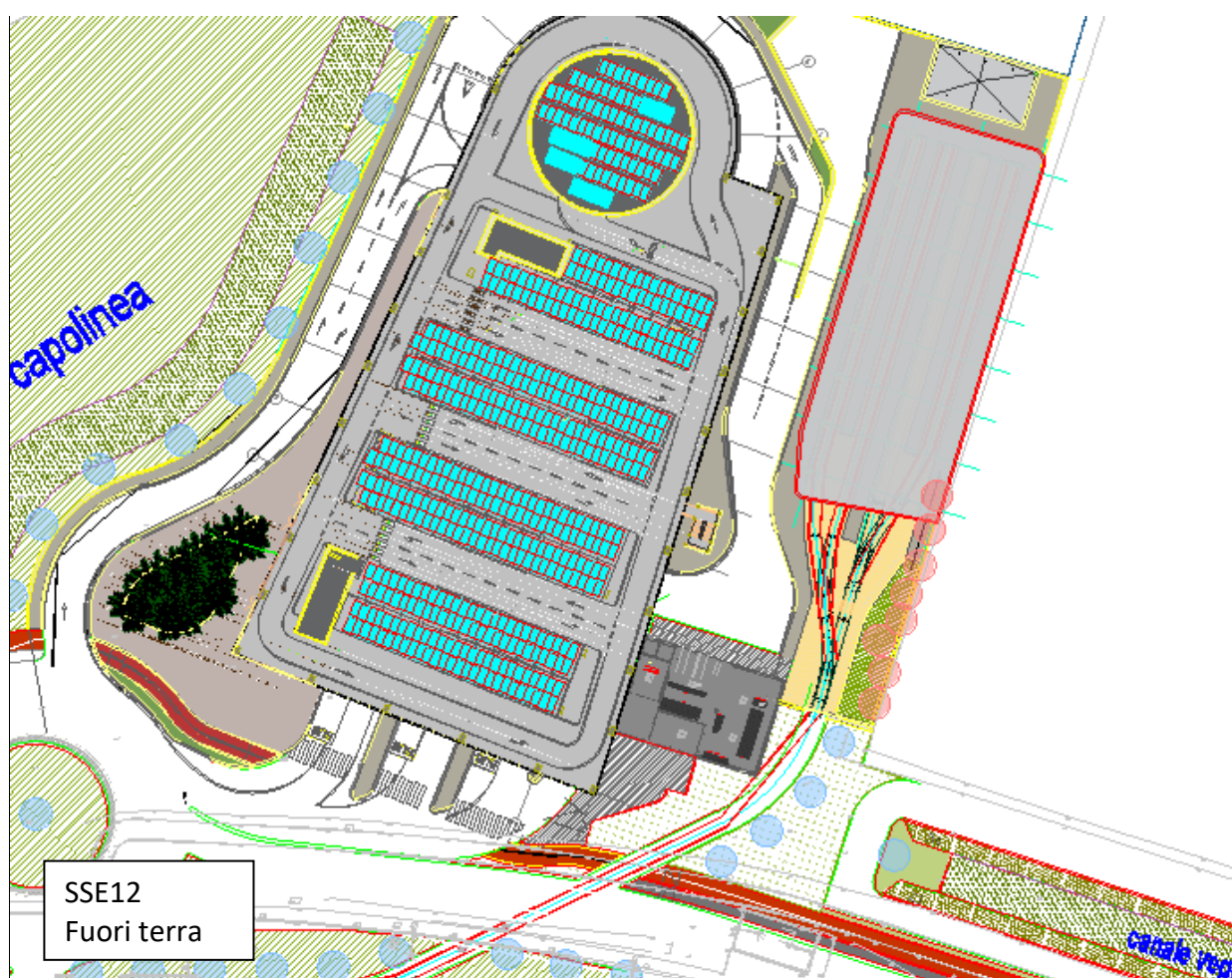
- alimentazione dell'intera linea per Corticella tramite n. 1 collegamento in media tensione (MT) a 15 kV e dedicato da cabina primaria di ENEL all'estremo della linea tramviaria (capolinea Nord);
- collegamento in entra-esce tra le SSE mediante un cavo 3x1x185 mm<sup>2</sup>, tipo RG7H1M1X (Elicordato) 12-20 kV, di interconnessione in MT 15 kV con la SSE 06 della Linea 1 (alimentata da Cabina Primaria ENEL mediante fornitura in corrispondenza del capolinea Michelino), posto in sede tranviaria (polifora di linea), tale da permettere l'alimentazione

dell'intera Linea tramviaria per Corticella per mezzo di uno dei due collegamenti da cabina primaria ENEL (Capolinea Nord e Capolinea Michelino) in caso di fuori servizio dell'altro.

#### 4.10.4.2 Localizzazione delle SSE

Di seguito si riporta la localizzazione della SSE con documentazione fotografica delle aree in cui saranno ubicate (stato attuale dei luoghi).

##### *Ubicazione sottostazione elettrica SSE12*





In merito alle destinazioni d'uso dei luoghi, spazi ed aree limitrofe ai locali di trasformazione (SSE), sulla base anche delle elaborazioni riportate nel seguito del documento, si ha che la sottostazione è ubicata in aree dove non si prevede permanenza di persone superiore alle 4 ore giornaliere.

#### 4.10.4.3 *Punti di consegna delle forniture MT*

Le caratteristiche dell'impianto nei punti di consegna saranno le seguenti:

tensione nominale di consegna trifase:	15 kV, 50 Hz
valore massimo presumibile della corrente di corto circuito:	12,5kA efficaci
stato del neutro (ipotizzabile):	compensato
valore massimo presumibile della corrente di guasto monofase a terra:	101 A
tempo previsto di eliminazione del guasto:	0,69 s.

#### 4.10.4.4 *Interconnessione SSE con linea in cavo MT*

I collegamenti in media tensione tra le S.S.E. sono previsti con cavo tripolare elicordato per Media Tensione, avente grado di isolamento 12/20 KV e sezione di 185 mmq, tipo RG7H1M1X - 12/20 KV.

Nell'elaborato dello schema di alimentazione in Media Tensione di progetto è riportato l'intero sistema di alimentazione MT.

Il cavo di alimentazione in media tensione è posato in un cavidotto da 160 mm, con un percorso parallelo al tracciato nell'interbinario lungo il quale, a distanze opportune, saranno ubicati pozzetti di ispezione e di tiro del cavo.

È prevista una polifora di cls con n. 2 cavidotti da 160 mm, interrata nell'interbinario alla profondità:

- di 40 cm dal piano del ferro nelle tratte a doppio binario;
- di 85 cm dal piano del ferro nelle tratte a singolo binario.

In corrispondenza delle banchine di fermata (laddove la fermata ricade in asse tra i due binari) la suddetta polifora è interrata ad una profondità di 95 cm.

#### 4.10.4.5 Dimensionamento elettrico

Il dimensionamento elettrico preliminare del gruppo trasformatore/raddrizzatore di ciascuna SSE è fatto con riferimento ai seguenti parametri:

- Potenze assorbite dal materiale rotabile
- Frequenza massima dei convogli
- Tensione di alimentazione della linea di contatto
- Ubicazione SSE

Riguardo le modalità previste di esercizio degli apparati di trasformazione si precisa che per la SSE al Capolinea:

- N. 2 Trasformatori di Trazione, 1800 kVA ciascuno: sono normalmente uno di riserva all'altro. In caso di fuori servizio della SSE di linea, i 2 trasformatori della SSE di capolinea devono essere tutti in servizio;
- N. 1 Trasformatore 125kVA sempre in servizio.

#### 4.10.4.6 Linea di contatto

In merito alla linea di contatto, l'altezza normale del piano di contatto sul piano del ferro (P.F.) sarà di 5,6 m. L'altezza non sarà minore di 4,80 m.

In rettilineo la poligonazione del filo di contatto sarà di  $\pm 200$  mm rispetto all'asse del binario. Fra le sospensioni poligonate a  $+200$  mm e a  $-200$  mm sarà inserita una sospensione intermedia con poligonazione zero.

La linea aerea di contatto sarà del tipo con "regolazione automatica" e sarà basata sull'impiego di dispositivi (a taglia o a molla) in grado di mantenere costante la tensione meccanica del filo di contatto e di compensare nel contempo le variazioni di lunghezza dei conduttori stessi dovute alle escursioni termiche ambientali; in tal modo l'assetto geometrico dei fili aerei rimarrà costante al variare delle condizioni ambientali, mantenendo ottimale la presa del pantografo.

Per ciascun binario la linea presenta un filo aereo di contatto, avente sezione di  $120 \text{ mm}^2$ , sostenuto da sospensioni trasversali e adeguatamente poligonato rispetto all'asse del binario. I fili di contatto sono coadiuvati da un feeder costituito da n. 2 cavi isolati tipo RG7H1R 1,8/3kV,  $2 \times 1 \times 300 \text{ mm}^2$ , posati nel cavidotto tranviario. Con cadenzamento regolare di circa 400 m, i fili di contatto e il feeder sono collegati in parallelo fra loro per mezzo di un cavo di sezione  $120 \text{ mm}^2$  per ciascun filo.

Ogni 200 m circa, alternativamente ai paralleli fra fili di contatto e feeders, i fili di contatto sono collegati fra loro per mezzo di un cavo di sezione  $120 \text{ mm}^2$ .

La linea di contatto è sostenuta da sospensioni essenzialmente di due tipologie:

- sospensioni portanti, montate su tiranteria trasversale costituita da funi di materiale sintetico isolante (tipo PARAFIL), hanno la funzione di sostenere il peso della linea e sono disposte lungo tutta la linea, sia in curva sia in rettilineo; la campata massima che si può adottare per tali sospensioni è di 40 m. In rettilineo le sospensioni portanti realizzano anche la poligonazione ( $\pm 200$  mm) rispetto all'asse del binario; fra le sospensioni poligonate a  $+200$  mm e a  $-200$  mm è, di norma, inserita una sospensione intermedia con poligonazione zero;
- sospensioni di ritenuta, montate sempre su tiranteria trasversale, sono posizionate solo sulle curve e hanno la funzione di far seguire il percorso della curva al filo di contatto.

#### 4.10.5 *POTENZIALI IMPATTI DEGLI IMPIANTI A SERVIZIO DEL COLLEGAMENTO*

Gli studi esistenti, di solito, non si riferiscono al termine campo elettromagnetico, ma prendono in esame il campo elettrico e il campo magnetico in maniera separata. La frequenza di questi campi (50 Hz) è così bassa da poter adottare la cosiddetta approssimazione quasi-statica: la variazione nel tempo dei campi è così lenta che la legge dell'induzione elettromagnetica di Faraday non può produrre effetti apprezzabili. In questo modo viene a mancare la possibilità dei campi elettromagnetici di propagarsi nello spazio allontanandosi dalla sorgente alla velocità della luce (come invece avviene, per esempio, per le onde radio, caratterizzate da frequenze di molto maggiori). Da queste considerazioni deriva la possibilità di considerare il campo elettrico e il campo magnetico prodotti da una linea ad alta tensione come due agenti fisici separati. La presenza dei campi produce degli effetti soltanto in una regione di spazio limitrofa alla sorgente, e tali effetti vanno analizzati separatamente.

Il campo elettrico generato da un elettrodotto è legato alla tensione della corrente che scorre nella linea (fino a 380 kV in Italia). Poiché la tensione di una linea, almeno nominalmente, è fissa, ne risulta che i livelli di campo elettrico sono sostanzialmente stabili. La stessa considerazione, invece, non si può estendere al campo magnetico generato dalla stessa linea, poiché questo è legato alla corrente elettrica che circola nei cavi, che può presentare grosse fluttuazioni in relazione alla domanda istantanea di energia.

Per la valutazione dei possibili effetti sanitari ed ambientali si considera il cosiddetto livello di campo elettrico indisturbato, cioè quello che si misurerebbe idealmente in assenza di qualsiasi perturbazione (compreso l'individuo esposto). I principali parametri che concorrono a determinare l'intensità di campo elettrico presente nei pressi di una linea ad alta tensione sono:

- l'altezza a cui sono posti i cavi dal terreno;
- la configurazione geometrica dei conduttori e dei cavi di terra sui piloni e, nel caso di più cavi uno vicino all'altro, la relativa sequenza di fase;
- la vicinanza di altri oggetti di grande altezza (come alberi o alte recinzioni metalliche);
- la distanza laterale rispetto all'asse longitudinale della linea;

- l'altezza rispetto al suolo del punto in cui si valuta il livello di campo;
- l'effettiva tensione di lavoro della linea, piuttosto che quella nominale.

All'interno di edifici che si trovano nelle vicinanze di una linea ad alta tensione il livello di campo elettrico risulta di solito ridotto di un fattore compreso fra 10 e 100 rispetto al livello del campo indisturbato (a seconda della struttura dell'edificio e dei materiali di cui è costituito).

Il valore del campo magnetico presenta una forte variazione, non solo temporale (per le fluttuazioni istantanee della corrente circolante), ma anche spaziale, con picchi localizzati nelle immediate vicinanze delle sorgenti. Il campo magnetico sotto un elettrodotto ad alta tensione risulta in larga misura diretto trasversalmente all'asse longitudinale della linea, con valori che dipendono dalla corrente circolante e dalle relazioni di fase fra i conduttori. A livello del suolo, il valore massimo dell'induzione magnetica sotto la maggior parte delle linee esistenti è pari a circa 10-15 nT per ogni ampere di corrente circolante. Tenendo conto della corrente effettivamente circolante, questi valori si traducono in livelli dell'ordine di 10-20  $\mu$ T. A differenza del campo elettrico, il campo magnetico non viene sostanzialmente schermato dalle pareti di un'abitazione.

Si fa presente che parte del tracciato ricomprende un tratto di binari della Linea Rossa, già valutata ed approvata. Il tratto in comune con la Linea Rossa non è oggetto di valutazione nel presente studio in quanto la presenza dei tram che percorrono la linea non apporta significative variazioni agli impatti già valutati per la componente CEM.

#### *4.10.5.1 Potenziali impatti delle SSE a servizio del collegamento*

Come descritto precedentemente, a servizio del collegamento verrà realizzata nell'area una sottostazione elettrica. Le sottostazioni elettriche sono assimilabili a una cabina elettrica di trasformazione secondaria (cabine MT/BT). Questo tipo di cabine può generare campi significativi negli edifici vicini soltanto se si tratta di cabine in elevazione e allacciate a linee aeree, ma solo nel caso in cui i conduttori passino vicino agli edifici. Se le cabine esterne sono allacciate in cavo, il campo elettrico e soprattutto quello magnetico che si trovano attorno a tale impianto sono

trascurabili già a pochi metri di distanza dalla parete della cabina stessa (circa 2-3 m), qualunque sia la posizione interna del trasformatore.

La nuova SSE del progetto in esame presenta condizioni favorevoli, poiché distante da altri edifici ed alimentata in cavo interrato realizzato nel pieno rispetto della normativa vigente e quindi senza impatti significati.

Per effettuare un valido studio di dettaglio per il calcolo delle DPA che tenga conto dell'effettivo posizionamento dei trasformatori, dei quadri e delle linee interne, ci si è avvalsi del software previsionale MAGIC (MAGnetic Induction Calculation) della BESHielding S.r.l., software sviluppato anche con la collaborazione del Politecnico di Torino.

Il software di calcolo tridimensionale MAGIC, utilizzato per valutare l'induzione magnetica generata dai componenti elettrici presenti nelle sottostazioni oggetto di analisi, permette di effettuare delle simulazioni considerando la tridimensionalità dei singoli dispositivi elettrici ed una sovrapposizione dei loro effetti in termini di induzione magnetica. In allegato 11 si fornisce il documento di validazione del software attraverso un confronto con software già esistenti e con rilievi sperimentali (Documento di Validazione - Algoritmi di calcolo del software MAGIC - (MAGnetic Induction Calculation)).

Il software tiene conto di tutta una serie di dati di dettaglio per i vari componenti della singola cabina (per i trasformatori ad esempio: potenza nominale, corrente o fattore di carico, tipo di trafo, posizione del trafo in cabina, ...).

Di seguito vengono analizzati i valori di induzione magnetica generati dalle varie sottostazioni nelle aree limitrofe, anche secondo quanto emerso dal confronto con gli Enti nel corso delle sedute della Conferenza dei Servizi per l'approvazione del Progetto Definitivo della Linea Rossa.

Per la tipologia di SSE viene presentato una descrizione della sottostazione, il layout della sottostazione ricostruito dal software, le curve isolivello che riportano i valori di induzione magnetica a 3  $\mu$ T, calcolati su diversi piani XY (paralleli al pavimento del locale Cabina) per le seguenti quote:

- $z = 0,5$  corrispondente ad una quota di 0,5 metri a partire dal pavimento cabina;
- $z = 1,0$  corrispondente ad una quota di 1 metro a partire dal pavimento cabina;
- $z = 1,5$  corrispondente ad una quota di 1,5 metri a partire dal pavimento cabina.

Nelle simulazioni sono stati considerati i trasformatori, i quadri e le linee principali (MT in particolare).

Di seguito si riportano i tipologici di trasformatori utilizzati nelle simulazioni con indicazioni delle correnti:

TRAFO (POTENZA NOMINALE)	TIPOLOGICO DA MODELLO	FATTORE DI CARICO	CORRENTE (A)
1800 kVA	2000 kVA	100%	<b>2886.84</b>
1250 kVA	1250 kVA	100%	<b>1804.27</b>
630 kVA	630 kVA	100%	<b>909.35</b>
160 KVA	160 KVA	100%	<b>230.95</b>

In particolare si segnala che il trafo da 1800 kVA è stato simulato in via cautelativa utilizzando il tipologico da 2000 kVA, considerato al 100% di carico.

Di seguito si riportano i dati disponibili nella presente fase progettuale (in parte utilizzati per le modellazioni); si fa presente che altri dati (es. QBT Posizionamento delle sbarre di collegamento - Distanza tra le fasi, QMT Posizionamento delle sbarre di collegamento - Distanza tra le fasi) si potranno avere solo in fase Esecutiva/Costruttiva in quanto propri dei materiali impiegati per la realizzazione delle SSE.

## SSE 12 Capolinea

### CAVI BT

Tipo Cavo	Conduttore	Isolante	Designazione	Lungh. [m]	Sezione Fase	DIAMETRO FASE mm	RESISTENZA FASE Ohm/KM	RAGGIO DI CURVATURA FASE mm	Sezione Neutro	DIAMETRO NEUTRO mm	RESISTENZA NEUTRO Ohm/KM	RAGGIO DI CURVATURA NEUTRO mm	Sezione PE	DIAMETRO PE mm	RESISTENZA PE Ohm/KM	RAGGIO DI CURVATURA PE mm
Unipolare con guaina	Cu	EPR	FG16R16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	10	1x120	22,4	0,161	202	1x70	17,3	0,272	156	1x70	17,3	0,272	156
Unipolare con guaina	Cu	EPR	FG16R16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	30	1x70	17,3	0,272	156	1x35	14,6	0,554	131	1x35	14,6	0,554	131
Unipolare con guaina	Cu	EPR	FG16R16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	20	1x35	14,6	0,554	131	1x25	13,2	0,78	119	1x16	11,4	1,21	103
Unipolare con guaina	Cu	EPR	FG16R16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	20	1x35	14,6	0,554	131	1x25	13,2	0,78	119	1x16	11,4	1,21	103
Unipolare con guaina	Cu	EPR	FG16R16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	1400	1x185	27,2	0,106	245	1x95	24,4	0,206	220	1x95	24,4	0,206	220
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	800	1x25	32,8	0,78	295								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	300	1x25	32,8	0,78	295								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	50	1x2,5	13,6	7,8	122								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	50	1x2,5	13,6	7,8	122								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	50	1x4	17,3	4,95	156								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	50	1x2,5	15,6	7,8	140								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	50	1x4	17,3	4,95	156								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	20	1x6	18,9	3,3	170								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	20	1x6	18,9	3,3	170								
Unipolare con guaina	Cu	EPR	FG16R16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	20	1x35	14,6	0,554	131	1x25	13,2	0,78	119	1x16	11,4	1,21	103
Unipolare con guaina	Cu	EPR	FG16R16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	1400	1x95	24,4	0,206	220	1x50	16,4	0,386	148	1x95	24,4	0,206	220
Unipolare con guaina	Cu	EPR	FG16R16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	800	1x35	14,6	0,554	131	1x25	13,2	0,78	119	1x25	13,2	0,78	119
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	300	1x25	32,8	0,78	295								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	10	1x2,5	13,6	7,8	122								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	10	1x2,5	13,6	7,8	122								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	10	1x2,5	13,6	7,8	122								
Unipolare con guaina	Cu	EPR	FG16R16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	1600	1x35	14,6	0,554	131	1x25	13,2	0,78	119	1x16	11,4	1,21	103
Unipolare con guaina	Cu	EPR	FG16R16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	900	1x35	14,6	0,554	131	1x35	14,6	0,554	131	1x16	11,4	1,21	103
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	20	1x2,5	13,6	7,8	122								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	20	1x2,5	13,6	7,8	122								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	15	1x2,5	13,6	7,8	122								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	20	1x2,5	13,6	7,8	122								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	20	1x2,5	13,6	7,8	122								
Multipolare	Cu	EPR	FG16OR16-0,6/1 kV - Cca-s3,d1,a3	20	1x2,5	13,6	7,8	122								

## TRASFORMATORI

### N. 2 TRASFORMATORE DI GRUPPO

- POTENZA NOMINALE: 1800 KVA
- TENSIONE NOMINALE: 15KV
- CORRENTE (O FATTORE DI CARICO): deve essere fornito dalla simulazione elettrica
- ISOLAMENTO: in resina
- PERDITE A VUOTO 3.600W
- PERDITE A CARICO 12.000W
- TENSIONE DI CORTO CIRCUITO 8%

### N. 1 TRASFORMATORE AUX

- POTENZA NOMINALE: 160 KVA
- TENSIONE NOMINALE: 15KV
- CORRENTE (O FATTORE DI CARICO): 158,95A
- ISOLAMENTO: in resina
- PERDITE A VUOTO 360W
- PERDITE A CARICO 2.600W
- TENSIONE DI CORTO CIRCUITO 6%

I dati tecnici disponibili impiegati per le simulazioni modellistiche sono riportati di seguito.

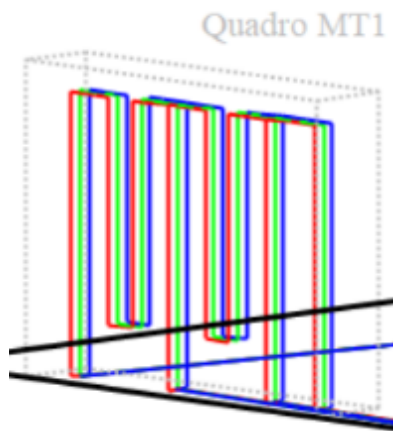
Trasformatori inglobati in resina		Serie : TR-PN		Impiego :		Trazione	
Temperatura ambiente:	[°C]	40	Altitudine:	[m]	1.000	Installazione:	Interno
Potenza nominale:	[kVA]	1800	Norma di riferimento: IEC 60076-11				
Impiego :	Trasformatore di gruppo (sovraccarico in AN)						
Ciclo di carico	secondo Classe VII della tabella A.I delle Norme CEI EN 50329						
100% IB continuo AN - 0,825 In							
150% IB per 2 ore in AN -1,238 In , Intervallo 3 ore							
450% IB per 15 secondi in AN - 3,716 In Intervallo 1800 sec.							
		Avvolg. Primario		Avvolg. Sec. 1		Avvolg. Sec. 2	
Tensione nominale a vuoto:		15		0,59		0,59	
Variazione di tensione:	[%]	±4 x 2,5					
Collegamento:		Triangolo		triangolo		stella	
Terminali		3		3		3	
Materiali avvolgimenti:		ALLUMINIO		ALLUMINIO		ALLUMINIO	
Tipo di avvolgimento:		Ingl. in stampo		Ingl. X impregnazione		Ingl. X impregnazione	
Gruppo vettoriale:		Dd0y11					
Frequenza	[Hz]	50					
Perdite a vuoto :	[W]	3.600					
Perdite in c.c. a 120 °C:	[W]	12.000					
Tensione di c.c.:	[%]	8,0		Base 1800KVA MT/BT1			
Tensione di c.c.:	[%]	6,5		Base 900KVA MT/BT1 eBase 900KVA MT/BT2			
Tensione di c.c.:	[%]	11,1		Base 900KVA BT1/BT2			
Corrente a vuoto:	[%]	0,6					
Val. scariche parziali:	[PC]	≤ 10					
Liv. Potenza sonora LwA:	[dBA]	72					
Liv. Pressione acustica LpA:	[dBA]	58		a 1 mt			
Classe amb./clim./comp. al fuoco:		E2 - C2 - F1					
Classe di isolamento		Avvolg. Primario		Avvolg. Sec. 1		Avvolg. Sec. 1	
Classe di isolamento:	[kV]	17,5/38/95		1,1/3		1,1/3	
Classe termica:		F		F		F	
Sovratemperatura:	[K]	100		100		100	
Sovratemperatura ammessa a fine ciclo di sovraccarico con Temperatura Aambiente = 40°C : 100°C							
Dimensioni di ingombro e peso (Valori indicativi)							
Lunghezza IP 00 :	A [mm]	2.200					
Larghezza IP 00 :	B [mm]	1.200					
Altezza IP 00 :	C [mm]	2.360					
Interasse ruote:	D [mm]	1.000					
Diametro ruote:	R [mm]	160					
Peso Totale (IP00):	[kg]	5.680					
Peso parte attiva:	[kg]						
Peso conduttori:	[kg]						

Trasformatori inglobati in resina			Serie : TR-ECO		Impiego :		Distribuzione	
Temperatura ambiente:	[°C]	40	Altitudine:	[m]	1.000	Installazione:		Interno
Potenza nominale:	[kVA]	160		Norma di riferimento: IEC 60076-11				
		Avvolg. Primario			Avvolg. Sec. 1			
Tensione nominale a vuoto:		15			0,4			
Variazione di tensione:	[%]	±2 x 2,5						
Collegamento:		Triangolo			stella+n			
Terminali		3			3+1			
Materiali avvolgenti:		ALLUMINIO			ALLUMINIO			
Tipo di avvolgimento:		Ingl. in stampo			Ingl. X impregnazione			
Gruppo vettoriale:		Dyn11						
Frequenza	[Hz]	50						
Perdite a vuoto :	[W]	360						
Perdite in c.c. a 120 °C:	[W]	2.600						
Tensione di c.c.:	[%]	6,0						
Corrente a vuoto:	[%]	1,0						
Val. scariche parziali:	[PC]	≤ 10						
Liv. Potenza sonora LwA:	[dBA]	58						
Liv. Pressione acustica LpA:	[dBA]	48			a 1 mt			
Classe amb./clim./comp. al fuoco:		E2 - C2 - F1						
Classe di isolamento		Avvolg. Primario			Avvolg. Sec. 1			
Classe di isolamento:	[kV]	17,5/38/95			1,1/3			
Classe termica:		F			F			
Sovratemperatura:	[K]	100			100			
Dimensioni di ingombro e peso (Valori indicativi)								
Lunghezza IP 00 :	A	[mm]	1.250					
Larghezza IP 00 :	B	[mm]	660					
Altezza IP 00 :	C	[mm]	1.300					
Interasse ruote:	D	[mm]	520					
Diametro ruote:	R	[mm]	100					
Peso Totale (IP00):		[kg]	880					
Peso parte attiva:		[kg]						
Peso conduttori:		[kg]						

Gli output grafici forniti dal software, e di seguito riportati, sono di facile comprensione, in particolare vengono facilmente riconosciuti i simboli dei Trafo, dei quadri e delle linee elettriche in MT in blu.

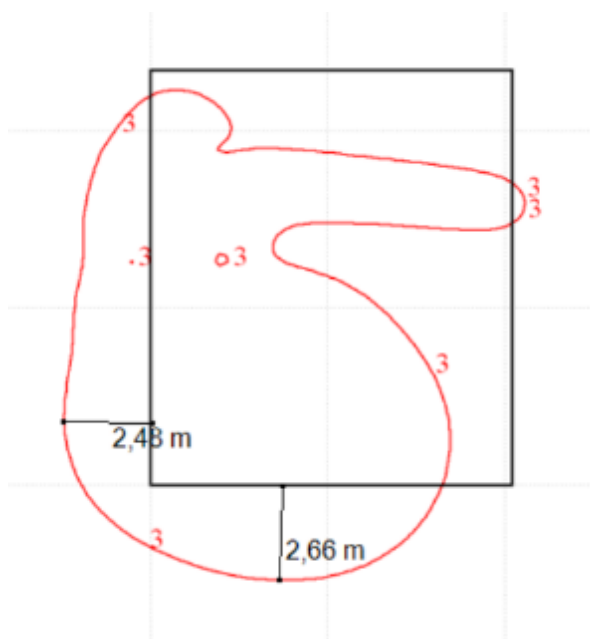


*Esempio simbolo Trafo*



*Esempio simbolo Quadro MT con linee in MT*

Nei grafici con curve isolivello d'induzione magnetica a  $3 \mu T$  si riconosce facilmente la curva in rosso e le pareti della cabina in nero.



*Esempio curve isolivello d'induzione magnetica a  $3 \mu T$*

Come emerso nel corso delle sedute della Conferenza dei Servizi per l'approvazione del Progetto Definitivo della Linea Rossa, nelle quali E-Distribuzione ha chiesto di prevedere sin da subito nei predisposti "locali di consegna MT" la presenza di trasformatori di taglia massima da 630 kVA, si

è provveduto ad effettuare le modellizzazioni delle DPA per la sottostazione SSE12 tenendo conto di tale richiesta.

### Sottostazione SSE12

Questa sottostazione ospita due TRAFI in resina di POTENZA NOMINALE 1800 KVA (Ingressi MT: in cavo RG7H1M1 12-20 KV sez. 3x1x95 mmq). Ospita un TRAFI AUX in resina di POTENZA NOMINALE 160 KVA (Ingressi MT: in cavo RG7H1M1 12-20 KV sez. 3x1x95 mmq; Uscite BT: cavi FG16R16 sez. 3x1x120+1x70+1x70mmq). Ospita un TRAFI E-DISTRIBUZIONE di taglia massima 630 kVA. È presente poi un QUADRO MT con 6 celle e con linea MT in uscita verso la SSE limitrofa in cavo RG7H1M1X 12-20 KV sez. 3x1x240 mmq. Da considerare inoltre un QUADRO BT, con arrivo cavi dal basso.

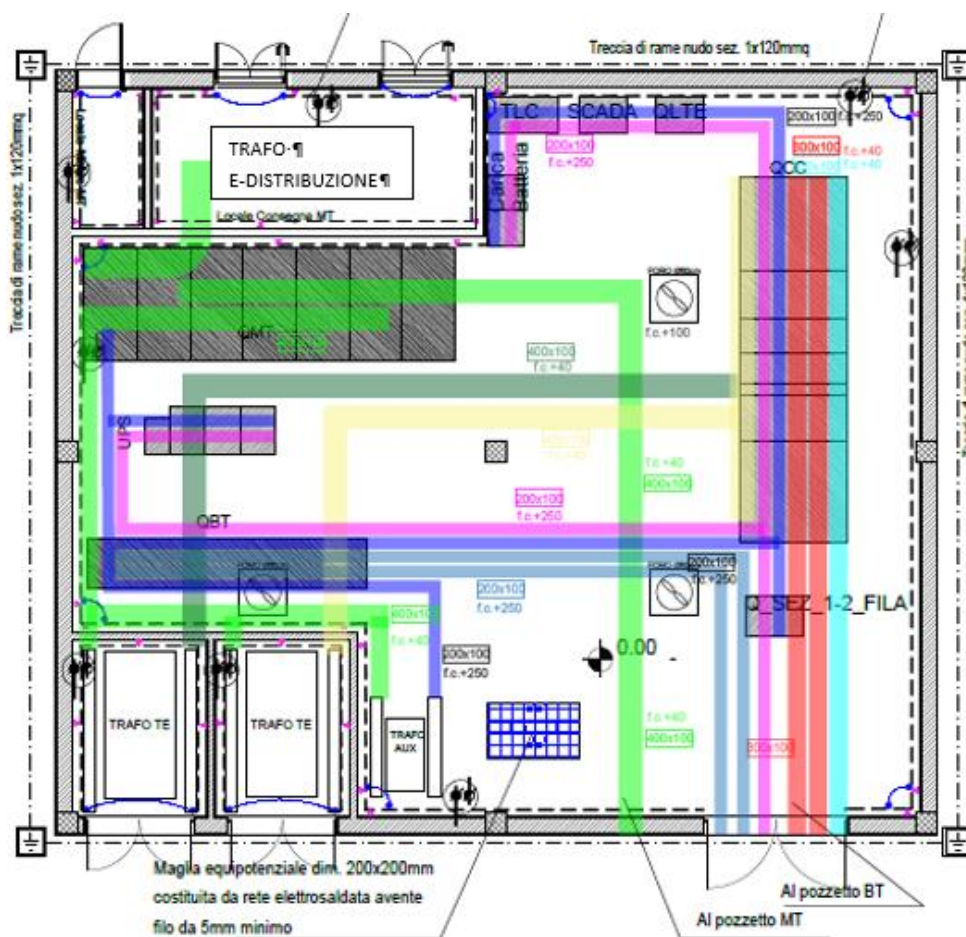


Figura 4-79 – Layout SSE12

Di seguito si riporta il layout ricostruito dal software, le curve isolivello che riportano i valori di induzione magnetica a  $3 \mu\text{T}$ , calcolati su diversi piani XY (paralleli al pavimento del locale Cabina) per le quote  $z = 0,5$ ;  $z = 1,0$ ;  $z = 1,5$ .

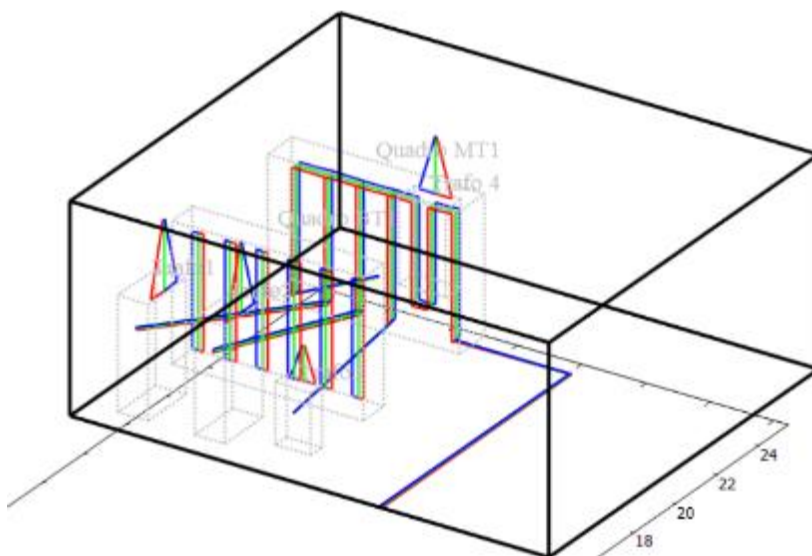


Figura 4-80 – Layout – Vista in assonometria

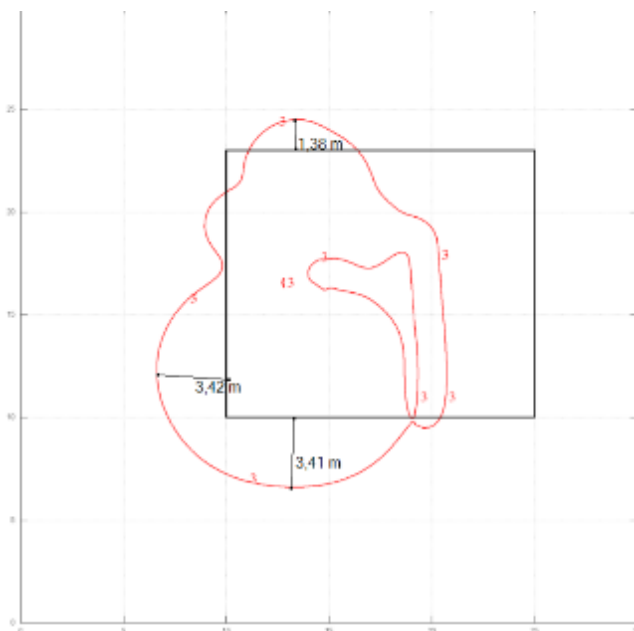


Figura 4-81 – Curve isolivello d'induzione magnetica a  $3 \mu\text{T}$  calcolate su un piano XY per  $z = 0,5 \text{ m}$

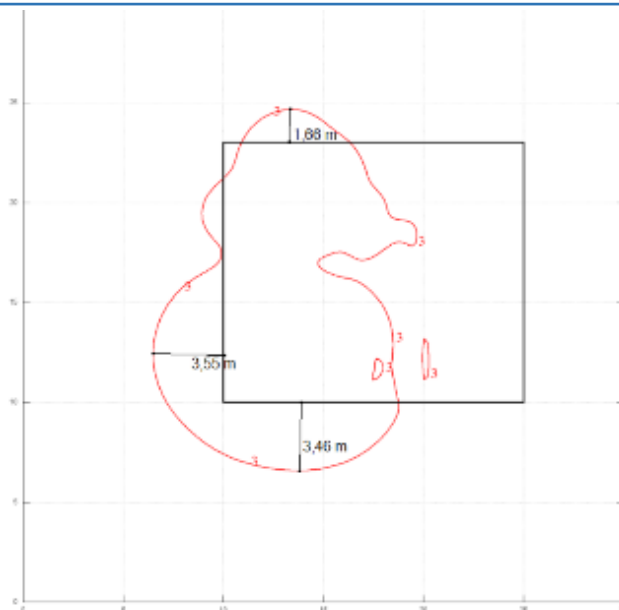


Figura 4-8283 – Curve isolivello d'induzione magnetica a  $3 \mu T$  calcolate su un piano XY per  $z = 1 \text{ m}$

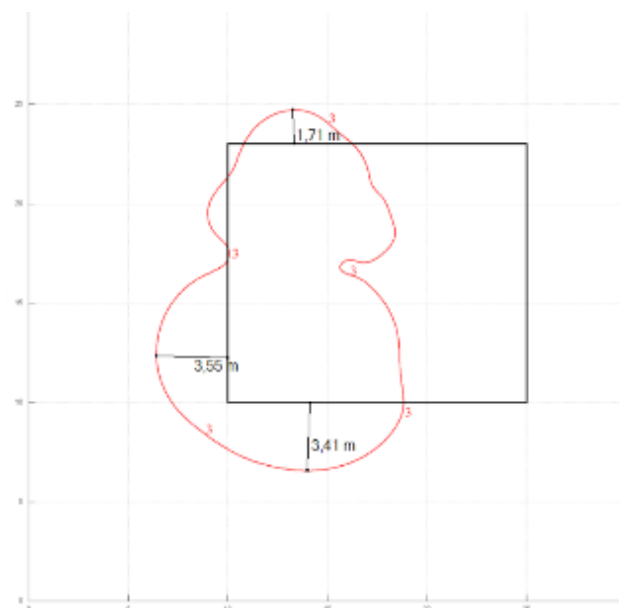


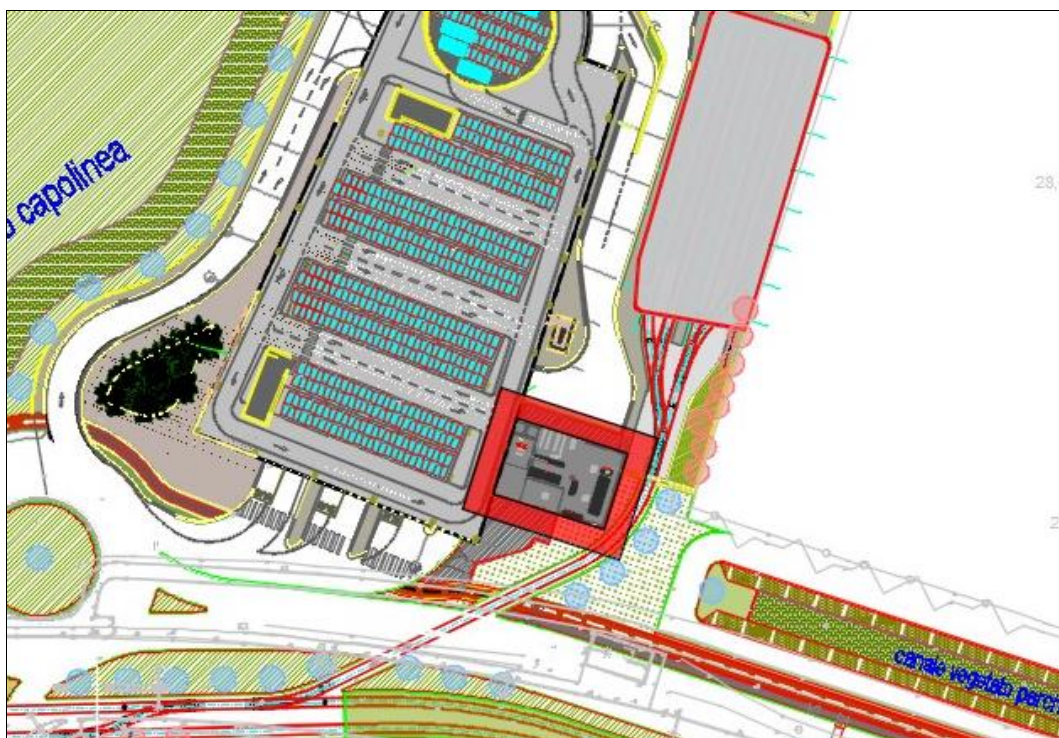
Figura 4-84 – Curve isolivello d'induzione magnetica a  $3 \mu T$  calcolate su un piano XY per  $z = 1,5 \text{ m}$

Sulla base dei risultati delle simulazioni di campo magnetico della sottostazione, è possibile notare che:

- in prossimità di aree adiacenti alla sottostazione, sul medesimo piano della stessa, vi sono dei livelli di induzione magnetica superiori a  $3 \mu T$ ;

- le aree sono contenute entro i 4 metri dal bordo cabina. In via cautelativa si può quindi stimare la DPA a 4 metri dal confine della cabina;
- le aree interessate non prevedono la presenza continuativa di persone superiore alle 4 ore giornaliere. In ogni caso, per maggior tutela, si prevede, in analogia a quanto fatto per la Linea Rossa, l'installazione di un sistema schermante appositamente progettato per la schermatura di campi elettromagnetici da 0 Hz a 150 kHz, realizzato con tessuto metallico flessibile spesso 0,73 mm in trama ed ordito, protetto dalla corrosione e rivestimento con alluminio spesso 150 µm su entrambi i lati, finalizzato al rispetto dell'obiettivo di qualità di  $B \leq 3 \mu T$  (D.P.C.M. 8/7/2003), verificato secondo norma CEI 211-6, senza aggiunta di ulteriori elementi conduttivi e/o placcato con elementi elettroconduttivi ed equipotenziali. La schermatura sarà in adesione a pareti/pavimento in corrispondenza delle sorgenti di campi elettromagnetici

Si riporta di seguito la planimetria di ubicazione della SSE12 con l'indicazione della DPA:





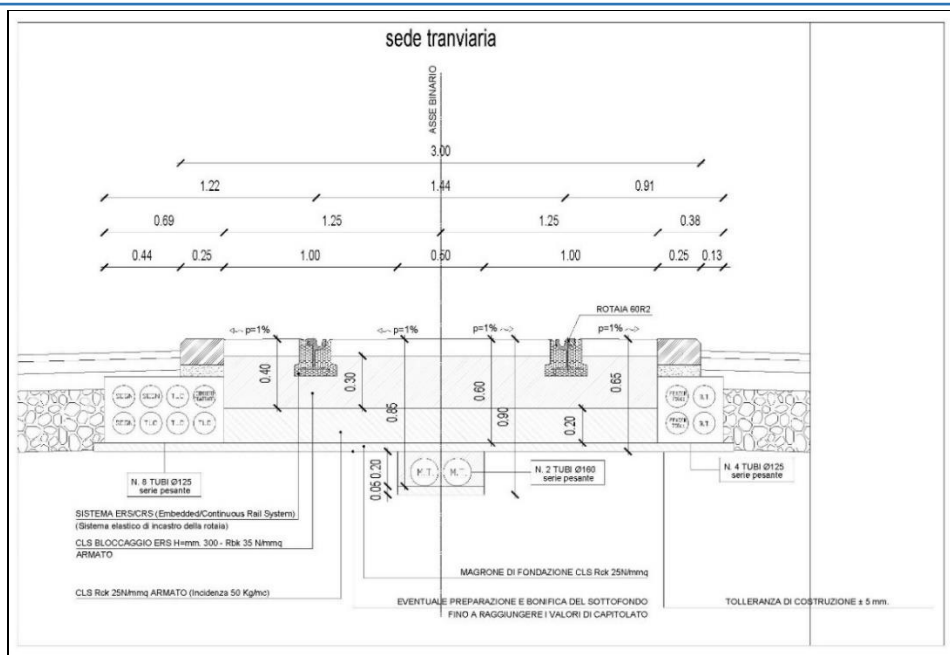
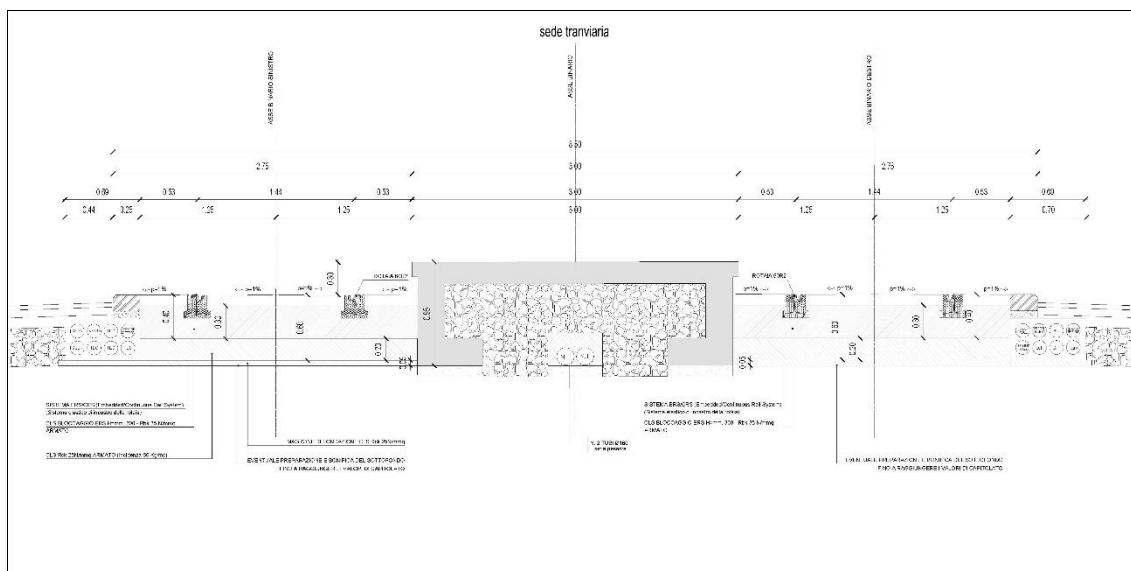


Figura 4-86 – Tracciato con doppio binario

In corrispondenza delle banchine di fermata (laddove la fermata ricade in asse tra i due binari), saranno posate ad una profondità di 95 cm, come da sezione sotto riportata:



Per il nuovo elettrodotto si applicano le prescrizioni di cui all'art. 4 del D.P.C.M. 08/07/03 che fissa per il valore dell'induzione magnetica l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T in corrispondenza di aree con permanenza non inferiore a quattro ore giornaliere.

L'utilizzo di cavi ad elica visibile fa sì che detta tipologia di linea sia esclusa dalla valutazione, in base a quanto prescritto dal D.M. 29/05/2008 al punto 3.2 ed a quanto indicato nella norma CEI 106-11 ai punti 7.1.1 e 7.1.2 in quanto il rispetto della normativa tecnica in vigore, DM 16.01.1991 e DM 21.3.1988 n. 449 e s.m.i., garantisce anche il conseguimento dell'obiettivo di qualità prescritto dal DPCM 08/07/2003.

A livello regionale però vengono individuate in dettaglio, in una apposita direttiva (in applicazione all'art. 2 della L.R. n. 10/1993), alcune tipologie di linee elettriche in media tensione in cavo cordato ad elica, sotterranee o aeree su pali, di cui al suddetto D.M. 29/05/2008, escluse dalle valutazioni preventive di Arpa in materia di verifica dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.

Le linee da escludere sono individuate nella "DIRETTIVA PER L'ATTUAZIONE DELL'ART. 2 DELLA L.R. N. 10/1993 E L'AGGIORNAMENTO DELLE DISPOSIZIONI DI CUI ALLE DELIBERAZIONI N. 1965/1999 E N. 978/2010 IN MATERIA DI LINEE ED IMPIANTI ELETTRICI FINO A 150 MILA VOLTS", in particolare nell'Allegato alla Direttiva vengono escluse le LINEE IN CAVO SOTTERRANEO IN TUBAZIONE - POSA DI N.1 CAVO SU TERRENO DI QUALSIASI NATURA (3 x 185 mm<sup>2</sup>), pertanto viene esclusa da valutazione preventiva la tipologia di linea utilizzata per l'interconnessione di cui al progetto in esame.

#### 4.10.5.3 *Verifica rispetto limite 100 microtesla*

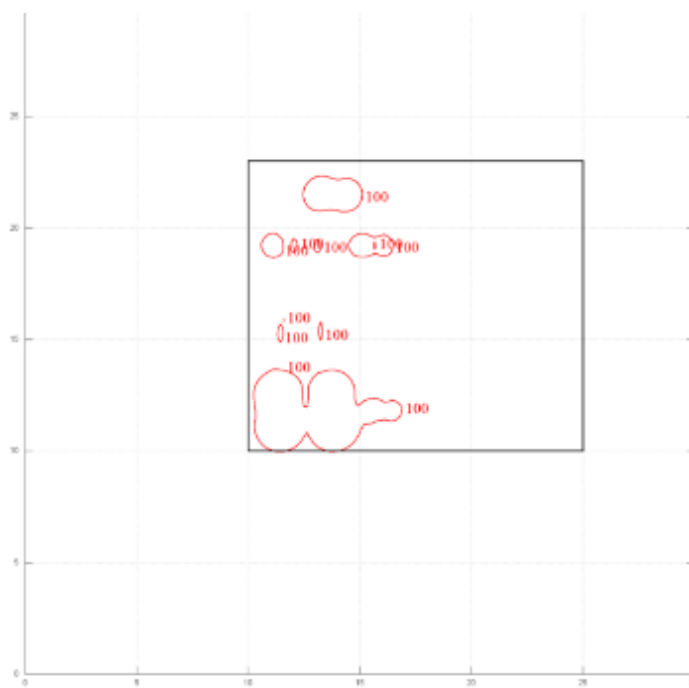
Con riferimento all'art. 3 "Limiti di esposizione e valori di attenzione" del DPCM 08/07/2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50. Hz) generati dagli elettrodotti, G.U. 28 agosto 2003, n. 200", si è fatta la verifica di rispetto del limite di esposizione dei 100 µT considerando le stesse configurazioni per il calcolo delle DPA.

Di seguito si riportano le curve isolivello che riportano i valori di induzione magnetica a 100 µT, calcolati su diversi piani XY (paralleli al pavimento del locale Cabina).

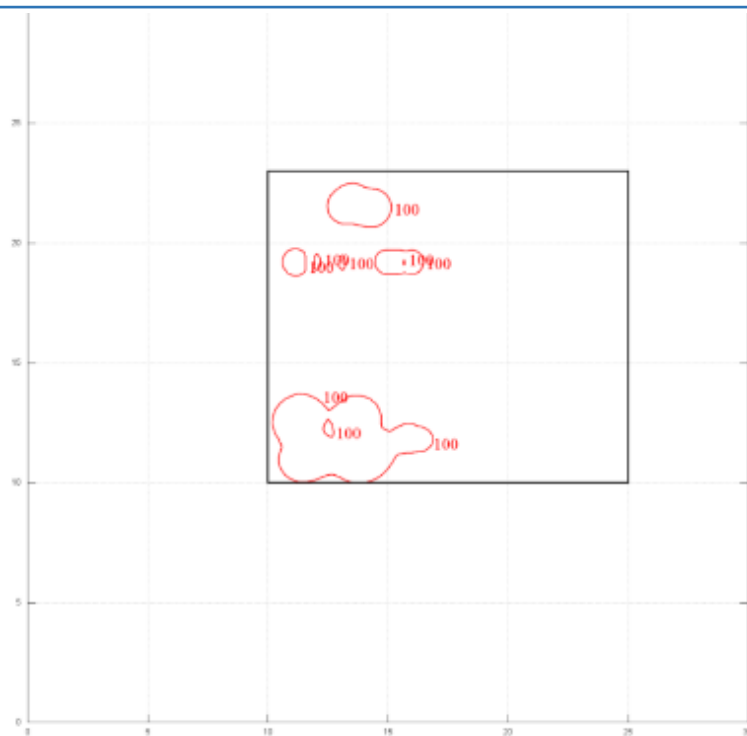
Per la SSE fuori terra si sono considerate le quote  $z = 0,5$ ;  $z = 1,0$ ;  $z = 1,5$ , tutte rispetto al pavimento della cabina.

Sulla base dei risultati delle simulazioni effettuate, riportati nelle figure che seguono; è possibile osservare che le curve isolivello di induzione magnetica a  $100\mu\text{T}$  sono tutte contenute all'interno delle cabine.

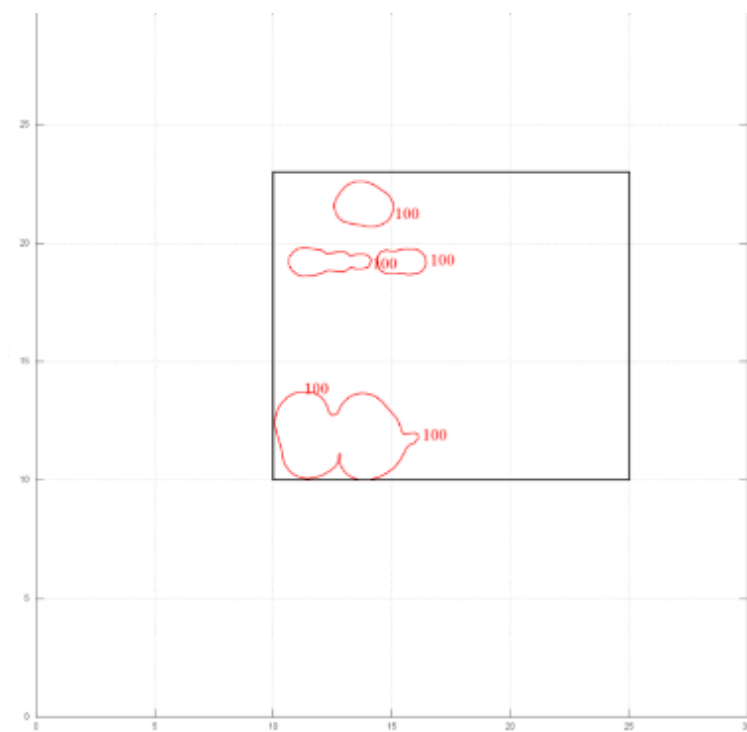
*SOTTOSTAZIONE FUORI TERRA SSE12*



Curve isolivello d'induzione magnetica a  $100\mu\text{T}$  calcolate su un piano XY per  $z = 0,5\text{ m}$



Curve isolivello d'induzione magnetica a 100  $\mu$ T calcolate su un piano XY per  $z = 1,0$  m



Curve isolivello d'induzione magnetica a 100  $\mu$ T calcolate su un piano XY per  $z = 1,5$  m

#### 4.10.6 CONSUMI DI ENERGIA

Dal 2021 all'interno del procedimento di Verifica di assoggettabilità a VIA (Screening), così come in tutti i documenti progettuali di carattere ambientale, entra a far parte il "tool energia", uno strumento che permette una analisi dei consumi energetici della infrastruttura, andando a quantificare l'utilizzo dell'energia certificata verde e quella autoprodotta da fonti energetiche rinnovabili, e a definire gli impatti in termini di emissione di CO<sub>2</sub>.

Per rendere l'infrastruttura meno onerosa dal punto di vista energivoro, per quanto attiene il fabbisogno di energia per usi civili, è stata prevista l'installazione di impianti fotovoltaici con una potenza nominale che rispettasse le richieste della normativa attualmente in vigore in materia di regolamento edilizio per nuove costruzioni, in particolare il DGR n. 967/2015 – Definizione dei requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici, la Delibera n. 1275/2015 – Disposizioni in materia di attestazione della prestazione energetica degli edifici e il DGR 304/2016 – Modifiche alla Delibera 1275 e allegati.

In fase di progettazione il dimensionamento della potenza da energia rinnovabile, è stata quindi calcolata sulla base del D. Lgs. 28/2011 e seguendo le richieste riportate nei CAM, in modo tale da rispondere al 100% del fabbisogno dei consumi derivanti da usi civili.

Per quanto riguarda il fabbisogno residuo, necessario per l'esercizio della infrastruttura, esso attingerà, in proporzione sempre maggiore, da energia elettrica acquistata da rete certificata verde, secondo l'obiettivo della città di Bologna di arrivare ad un impatto climatico zero entro il 2030, aderendo alla così detta "missione per la città", proposta dalla Commissione Europea.

Dal punto di vista dei consumi di energia, nella tabella che segue si riporta una stima dei dati relativi alla potenza totale e ai consumi annui stimati:

Attività	Potenza totale [kW]	Consumo annuo [kWh/anno]
Trazione elettrica	1.453,00 (potenza media SSE11 824 kW e SSE12 629 kW)	3.813.474 (considerando 1.235 kW (85% potenza massima) per 6h di punta +

		618 kW per 6h di morbida per 343 giorni di pieno servizio)
Fermate e impianti lungo linea (LFM, sistemi trasmissivi e informativi e segnalamento)	117 (9,0 kW per 12 fermate più un capolinea)	512.460 (il consumo è stato calcolato per 12h/giorno di pieno servizio)
Deposito (incremento attività)	311,542 22,354 kW per nuova vettura	2.046.831 il consumo indotto è stato calcolato per 18 h/giorno

I dati relativi ai moduli fotovoltaici sono i seguenti:

#### Moduli Fotovoltaici

Rimessa Corticella	25 116	kWh anno
Parcheggio via Saliceto	227 885	kWh anno
Parcheggio Corticella	284 856	kWh anno
Totale	537 857	kWh anno

Di seguito si riporta invece la stima dei consumi dei vettori per gli usi considerati (trasporto privato e TPL) per l'anno 2017, lo scenario di Riferimento al 2026 e la variazione indotta dall'esercizio del tram della Linea Verde sui consumi legati alla modifica della rete di trasporto pubblico esistente e del trasporto privato.

Stima dei consumi dei vettori per i diversi usi finali [kWh/anno]					
Componente	Attuale	Riferimento	Progetto	Variazione al 2026	
	2017	2026	2026		
<i>TPL - bus</i>	32.402.056	26.110.961	23.149.653	-2.961.308	-11,34%
<i>TPL - tram</i>	0	11.743.003	18.115.768	6.372.765	54,27%
<i>TPL - filobus</i>	20.218.664	35.132.494	29.951.760	-5 180.734	-14,75%
Trasporto pubblico	52.620.720	72.986.458	71.217.181	-1.769.277	-2,42%
Trasporto privato	2.320.028.328	2.122.233.837	2.075.511.155	-46.722.682	-2,20%
Complessivo	<b>2.372.649.048</b>	<b>2.195.220.295</b>	<b>2.146.728.336</b>	<b>-48.491.959</b>	<b>-2,21%</b>

Sulla base dei dati sopra esposti, si evince, per lo scenario 2026, a livello di Bologna e prima corona metropolitana, una diminuzione dei consumi di energia per la mobilità pari al -2,4% per quanto riguarda il trasporto pubblico e pari a circa -2,2% per il trasporto privato per una riduzione complessiva sulla mobilità di ca. 2,2%.

## 5. IMPATTI AMBIENTALI DEL PROGETTO E MISURE DI MITIGAZIONE ADOTTATE

Nella presente sezione si riportano, per ciascuna matrice ambientale esaminata al capitolo precedente, i potenziali impatti individuati durante le fasi di realizzazione e di esercizio dell'opera. Sono altresì individuate le misure di mitigazione adottate per ridurre/eliminare gli eventuali impatti individuati.

Il metodo di valutazione individuato per la stima degli impatti relativi al progetto è basato su confronti prevalentemente qualitativi degli impatti prodotti, confrontando separatamente gli impatti di ogni componente ambientale. Lo studio è incentrato sulle azioni di progetto e sugli impatti ambientali che risultano essere significativi, cioè che rivestono maggior importanza nell'ambito del processo decisionale, o che hanno un maggior livello di incidenza.

### 5.1 MOBILITÀ E TRAFFICO

#### 5.1.1 IMPATTI

##### 5.1.1.1 Fase di cantiere

L'unico impatto in fase di cantiere si ritiene collegato alla presenza di interferenze, sebbene temporanee e localizzate, con l'attuale sistema della mobilità.

##### 5.1.1.2 Fase di esercizio

Gli interventi in progetto sono finalizzati alle esigenze di snellimento dei flussi di traffico cittadino, oltre che alla riduzione dell'inquinamento atmosferico e di rumore nei confronti della comunità che abita e frequenta tali aree e ad aspetti legati alla sicurezza stradale soprattutto nei confronti degli utenti della mobilità dolce (pedoni, ciclisti, ecc.).

Sulla base di ciò, si può evincere che gli interventi in progetto determineranno un effetto globale positivo sulla componente, andando in sintesi a:

- migliorare l'accessibilità dei cittadini in particolare verso e dai poli attrattori (es. centro storico, stazione centrale, ecc.);
- ridurre sensibilmente i fattori di rischio (inquinamento atmosferico, rumore, incidenti, ecc.);

- contribuire al riequilibrio modale della mobilità;
- produrre un effetto propulsore della qualità urbana e della vivibilità delle aree interessate dal progetto ai fini della loro attrattività.

In particolare, le valutazioni che evidenziano il miglioramento della situazione a livello di traffico veicolare tra la precedente soluzione progettuale (PFTE) e quella aggiornata (Progetto Definitivo) non possono prescindere da un riepilogo delle variazioni alla configurazione del sistema di mobilità intercorse negli ultimi anni tra i due momenti di progettazione.

Ad esempio, con l'approvazione del Piano Particolareggiato del Traffico Urbano (PPTU) "Bologna Città 30", Bologna dà attuazione ai piani internazionali, europei, nazionali e locali per la sicurezza stradale e diventa la prima grande città in Italia a 30 chilometri orari con l'obiettivo di rendere più sicure, belle e vivibili le strade e piazze cittadine, migliorare la sicurezza stradale, promuovere la mobilità sostenibile e aumentare qualità e fruibilità dell'ambiente e dello spazio pubblico.

La delibera prevede che i 30 km/h diventino di fatto la normalità sulle strade urbane e che solo alcune strade della città, con particolari caratteristiche, rimangano ai 50 km/h.

Questa misura, che impatta già dalle analisi dello Scenario di Riferimento, massimizza le potenzialità di carico soprattutto nello Scenario di Progetto nel quale è previsto l'esercizio della nuova linea tranviaria, poiché l'asse di penetrazione urbana rappresentato da via di Corticella, unica infrastruttura che può svolgere tale funzione in quella porzione di territorio, risulta fortemente rimodulata dall'intervento progettuale (con conseguenze in termini di riduzione delle velocità e capacità della strada).

A conferma di ciò, dal confronto tra le risultanze dello Scenario di Progetto e quello di Riferimento, la riduzione degli spostamenti stimata nell'arco dell'intera giornata sulle infrastrutture nella porzione di territorio è combinazione dell'effetto di riduzione del numero di automobili e del cambio di itinerario di una parte degli utenti. I valori stimati di riduzione del flusso raggiungono su:

- via Bentini – via di Corticella: fino a circa -3.500 veicoli/gg

- Tangenziale Nord versante occidentale: fino a circa 1.000 veicoli/gg

Se, invece, confrontiamo tali indicatori tra lo Scenario di Progetto del Progetto Definitivo e lo Scenario di Progetto del PFTE si ottiene una ancora maggiore riduzione su via Bentini-via di Corticella (circa 3.000 veicoli/giorno in prossimità del nodo intermodale e fino a 5.000 veicoli/giorno all'altezza dell'incrocio con via Colombarola) poiché l'introduzione della Città 30 e le inevitabili ripercussioni sulle velocità medie di percorrenza fanno sì che il servizio tranviario risulti ancor più competitivo per gli spostamenti di penetrazione al capoluogo.

L'impatto del parcheggio di scambio nel nuovo nodo intermodale, anche per le dimensioni piuttosto contenute, movimentata ogni giorno una quota di spostamenti e veicoli di un ordine di grandezza inferiore rispetto alla riduzione dei flussi sulla direttrice; pertanto, non è da considerare una criticità e risulta irrilevante ai fini del funzionamento della rete stradale.

### 5.1.2 MITIGAZIONI

#### 5.1.2.1 Fase di cantiere

In fase di cantiere si provvederà ad adottare le seguenti misure di mitigazione al fine di limitare le interferenze con il sistema della mobilità nelle aree interessate dai lavori:

- Garantire gli accessi ai passi carrai;
- Garantire gli accessi ai mezzi di emergenza;
- Garantire la viabilità trasversale al tracciato della linea tranviaria (le zone di lavoro dovranno essere interrotte in corrispondenza delle intersezioni laterali; il periodo di blocco di tali intersezioni dovrà essere limitato per il tempo strettamente necessario ai lavori);
- Garantire la realizzazione di itinerari alternativi per il traffico pubblico e privato in grado di garantire il più possibile livelli di sicurezza e livelli di prestazione analoghi a quelli originali;
- Garantire la movimentazione dei mezzi pesanti al di fuori degli orari di punta del traffico cittadino;

- Studiare la viabilità alternativa in funzione dell'entità del cantiere e della tipologia dello stesso;
- Predisporre tutta la segnaletica orizzontale e verticale necessaria per la viabilità provvisoria; essa dovrà garantire condizioni di sicurezza, chiarezza e visibilità per il traffico pubblico e privato;
- Predisporre una campagna di informazione e di concentrazione tra tutte le organizzazioni coinvolte per quanto riguarda il traffico, la viabilità provvisoria, gli interventi sui sottoservizi, gli accessi carrai, l'accesso agli esercizi commerciali, ecc... (cittadini, esercenti commerciali, pubblici servizi, vigilanza urbana, organi comunali, ecc.).

#### 5.1.2.2 Fase di esercizio

Non si prevedono mitigazioni.

## 5.2 ATMOSFERA

### 5.2.1 IMPATTI

#### 5.2.1.1 Fase di cantiere

Le tipologie di emissioni che si potranno determinare durante le lavorazioni in cantiere sono associate principalmente al trasporto dei materiali (inerti, terre, ecc.) al fronte di avanzamento, ossia alle attività lungo il tracciato tranviario, alle attività presso le aree di cantiere fisso (es. stoccaggio materiali, ecc.).

Le attività non prevedono, in ogni caso, la formazione di emissioni convogliate, pertanto non è necessario presentare domanda ai sensi dell'art. 269 del D. Lgs. 152/06.

Ulteriore fonte di inquinamento per l'atmosfera è rappresentata dal traffico degli automezzi impiegati nei trasporti dei materiali e dagli scarichi delle macchine operatrici. Considerando la temporaneità delle lavorazioni di cantiere e il contesto cittadino in cui si inserisce l'opera, unitamente alla presenza in prossimità del tracciato, di infrastrutture viarie di rilievo, si ritiene che il traffico indotto dall'attività non risulti impattante per la zona in studio.

In ogni caso, in fase di cantierizzazione dell'opera, come richiesto nella Determina di Screening n. 6531 del 27/03/2023, si provvederà ad effettuare:

- una valutazione delle emissioni dalle attività di cantiere, secondo le *“Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti”* predisposte da ARPA Toscana ed adottate dalla Provincia di Firenze con DGP 213-09, che tenga conto anche delle attività svolte nei cantieri più critici (sottopasso via Mazza, sottovia FFSS e capolinea Nord), dando indicazione anche del numero di mezzi pesanti e privati che accedono al cantiere e dei mezzi che operano sul campo. Sarà valutata non solo la componente diffusa del particolato, ma anche il contributo derivante dalle macchine operatrici e dai mezzi pesanti per gli inquinanti NOx, PM10;
- una valutazione circa il numero di mezzi pesanti impiegati per l'approvvigionamento materiali e l'allontanamento terre;
- un dettaglio delle misure indicate per la mitigazione e il contenimento della polverosità delle aree di cantiere in termini di modalità operative di attuazione e modalità gestionali di buona pratica.

#### 5.2.1.2 Fase di esercizio

In fase di esercizio non si prevedono impatti sulla componente atmosfera, in quanto l'esercizio del tram non comporta un aggravio del quadro emissivo delle aree interessate dal suo passaggio, bensì consentirà di ottenere importanti benefici in termini di miglioramento della qualità dell'aria legati a:

- riduzione della congestione di traffico;
- riduzione del transito di mezzi del trasporto pubblico su gomma;
- riduzione del consumo di carburanti da fonti fossili.

Sulla base delle simulazioni effettuate si evince infatti che, come ipotizzabile dalla redistribuzione dei flussi per l'entrata in esercizio delle nuove linee tramviarie, il nuovo quadro emissivo conduce

ad una diminuzione generalizzata degli inquinanti legati al traffico stradale. Si consideri inoltre che i risultati per gli scenari futuri sono stati ottenuti considerando i medesimi fattori di emissione dello stato di fatto e che il loro effettivo decremento nel tempo porterà ad una conseguente ulteriore diminuzione delle concentrazioni e delle quantità previste nello studio effettuato.

## 5.2.2 MITIGAZIONI

### 5.2.2.1 Fase di cantiere

La definizione delle misure da adottare per la mitigazione degli impatti generati dalle polveri sui ricettori prossimi alle aree di cantiere è basata sul criterio di impedire il più possibile la fuoriuscita delle polveri dalle stesse aree ovvero, ove ciò non riesca, di trattenerle al suolo impedendone il sollevamento mediante l'impiego di processi di lavorazione ad umido e pulizia delle strade esterne impiegate dai mezzi di cantiere.

Per la corretta gestione dell'attività di cantiere, saranno pertanto seguiti i seguenti accorgimenti operativi per la riduzione e/o il contenimento delle emissioni:

- le superfici di transito degli automezzi internamente alle aree di cantiere saranno periodicamente bagnate, qualora necessario e con frequenza in funzione dell'andamento stagionale, in modo da prevenire l'eventuale sollevamento di polveri;
- saranno adottate opportune operazioni di bagnatura dei cumuli, con frequenza in funzione dell'andamento stagionale, al fine di evitare fenomeni di dispersione e trasporto eolico. In caso di condizioni climatiche particolari, si potrà inoltre provvedere alla copertura dei cumuli con teli impermeabili;
- al fine di evitare o contenere al massimo i fenomeni di deposito sulla viabilità pubblica del materiale particolato terrigeno che dovesse essere trasportato dalle ruote dei mezzi pesanti, con conseguente possibilità di produzione e risospensione di polveri, si potrà valutare l'installazione di impianti di lavaggio delle ruote;
- i mezzi d'opera dovranno rispettare una bassa velocità di transito all'interno dell'area di cantiere;

- i mezzi operativi in uscita dal cantiere saranno opportunamente coperti se adibiti al trasporto d'inerti pulverulenti;
- sulla viabilità esterna interessata dal traffico dei mezzi di cantiere, nei tratti prossimi alle aree di cantiere, qualora necessario si adotteranno misure di abbattimento della polverosità tramite spazzolatura ad umido;
- spegnimento dei mezzi d'opera in sosta;
- studio della disposizione temporale delle attività.

Infatti, le principali problematiche indotte dalla fase di realizzazione delle opere in progetto sulla componente ambientale atmosfera riguardano essenzialmente la produzione di polveri che si manifesta principalmente nelle aree di cantiere.

In virtù della presenza di diversi ricettori nei pressi delle aree di intervento, si prevede la necessità di introdurre adeguate misure di mitigazione.

La definizione delle misure da adottare per la mitigazione degli impatti generati dalle polveri sui ricettori circostanti le aree di cantiere è stata basata sul criterio di impedire il più possibile la fuoriuscita delle polveri dalle stesse aree ovvero, ove ciò non riesca, di trattenerle al suolo impedendone il sollevamento tramite impiego di processi di lavorazione ad umido (sistematica bagnatura dei cumuli di materiale sciolto e delle aree di cantiere non impermeabilizzate) e pulizia delle strade esterne impiegate dai mezzi di cantiere.

### **Impianti di lavaggio delle ruote degli automezzi**

Si tratta di impianti costituiti da una griglia sormontata da ugelli disposti a diverse altezze che spruzzano acqua in pressione con la funzione di lavare le ruote degli automezzi in uscita dai cantieri e dalle aree di lavorazione, per prevenire la diffusione di polveri, come pure l'imbrattamento della sede stradale all'esterno del cantiere.

L'appaltatore provvederà all'installazione di tali tipologie di impianti immediatamente all'uscita dalle aree di cantiere nelle quali le lavorazioni eseguite potrebbero comportare la diffusione di polveri, tramite le ruote degli automezzi, all'esterno delle aree stesse.

L'installazione di tali impianti è compresa e compensata negli oneri della cantierizzazione.

### **Bagnatura delle aree di cantiere**

Saranno predisposti gli opportuni interventi di bagnatura delle superfici di cantiere e delle aree di stoccaggio terreni che consentiranno di contenere la produzione di polveri.

Tali interventi saranno effettuati tenendo conto del periodo stagionale con incremento della frequenza delle bagnature durante la stagione estiva. Si osserva che l'efficacia del controllo delle polveri con acqua dipende essenzialmente dalla frequenza delle applicazioni e dalla quantità d'acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario ed al potenziale medio di evaporazione giornaliera del sito. Si prevede di impiegare circa 1 l/m<sup>2</sup> per ogni trattamento di bagnatura.

In maniera indicativa, è possibile prevedere un programma di bagnature articolato su base annuale che tenga conto del periodo stagionale e della tipologia di pavimentazione dell'area di cantiere.

Per contenere le interferenze dei mezzi di cantieri sulla viabilità sarà necessario prevedere la copertura dei cassoni dei mezzi destinati alla movimentazione dei materiali con teli in modo da ridurre eventuali dispersioni di polveri durante il trasporto dei materiali. Al fine di evitare il sollevamento delle polveri i mezzi di cantiere dovranno viaggiare a velocità ridotta.

Le eventuali aree destinate allo stoccaggio dei materiali dovranno essere bagnate o in alternativa coperte al fine di evitare il sollevamento delle polveri.

### **Spazzolatura del primo tratto di strada impegnato dal passaggio dei mezzi in uscita dal cantiere**

Si prevede la periodica spazzolatura ad umido di un tratto della viabilità esterna in uscita dal cantiere per una estensione, calcolata dal punto di accesso del cantiere, di media 150 metri, per una sezione media di 7,5 m per tutto il periodo in cui tali viabilità saranno in uso da parte dei mezzi di cantiere.

I mezzi di cantiere dovranno essere provvisti di sistemi di abbattimento del particolato a valle del motore, di cui occorrerà prevedere idonea e frequente manutenzione e verifica dell'efficienza anche attraverso misure dell'opacità dei fumi;

Per i mezzi di cantiere dovranno, inoltre, essere adottate le idonee misure per la vigilanza sul rispetto delle regole di trasporto degli inerti, affinché sia sempre garantita la copertura dei cassoni quando caricati ed il rispetto delle velocità all'interno dell'area di cantiere.

### Procedure operative

Oltre agli interventi di mitigazione sopra descritti, durante la fase di realizzazione delle opere verranno applicate misure a carattere generale e procedure operative che consentono una riduzione della polverosità in fase di cantiere, oltre ad una "buona prassi di cantiere". In particolare, verranno adottate misure che riguardano l'organizzazione del lavoro e del cantiere, verrà curata la scelta delle macchine e delle attrezzature e verranno previste opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature.

#### 5.2.2.2 Fase di esercizio

Non si ritengono necessarie misure mitigative, in quanto l'esercizio del tram non comporta un aggravio del quadro emissivo delle aree interessate dal suo passaggio.

## 5.3 RUMORE

### 5.3.1 IMPATTI

#### 5.3.1.1 Fase di cantiere

Di seguito si illustrano i risultati dello studio sul rumore emesso in fase di cantiere e, nel paragrafo successivo, si descrivono le mitigazioni previste per ridurre l'impatto sui recettori. Sono stati valutati gli impatti sugli edifici circostanti generati dai cantieri di realizzazione della linea tranviaria prendendo per analogia delle attività e per l'ubicazione delle medesime le simulazioni realizzate per i cantieri tipologici della linea rossa.

Approfondendo i temi progettuali, si sono confermate le attività di cantiere a maggior impatto acustico. Esse sono legate sia al livello di emissione sonora, sia alla durata delle lavorazioni e vengono riportate, per completezza di informazione, nella sezione dedicata alle sorgenti sonore.

Per il calcolo del rumore emesso durante la realizzazione delle diverse opere sono state valutate le relative fasi di lavoro, individuando quelle più rumorose. Per tali fasi sono state individuate le sorgenti sonore attive con i relativi livelli di potenza sonora, ed inserite nel modello di simulazione in cantieri tipo, sui quali sono state effettuate simulazioni per consentire la determinazione dell'impatto acustico.

### ***Limiti di zonizzazione***

I dati derivanti dalle simulazioni sono stati messi a confronto con i limiti contemplati dalla zonizzazione acustica comunale, per verificare la necessità di deroghe. In generale, per quanto riguarda i limiti di zonizzazione delle aree simulate, non essendo previste lavorazioni in orario notturno, vale per tutti il limite diurno di 65 dB(A) della classe di zonizzazione IV, eccettuati alcuni cantieri dove vale il limite di 60 dB(A) della classe III.

Per quanto riguarda l'area in esame non sono previste lavorazioni in orario notturno, in questi casi vale, per tutti i ricettori prossimi ai cantieri, il limite diurno di 65 dB(A) della classe di zonizzazione IV, eccettuati i cantieri prossimi ad aree protette, scuole o parchi, dove vale il limite di 50 dB(A) della classe I.

### ***Cantieri lungo linea***

Per quanto riguarda le fasi di lavorazione lungo linea, ognuno dei cantieri in cui è suddivisa la linea tranviaria prevede tre fasi principali. Le prime due sono identiche e simmetriche rispetto alla mezzera della carreggiata e, nelle considerazioni che seguono, possono essere considerate come un unicum: durante le prime due fasi infatti, si riorganizzeranno i sottoservizi, chiudendo metà strada alla volta (questa tipologia di cantiere sarà chiamata nel seguito "realizzazione polifore"). Durante la terza fase, al centro della strada, verrà ricavato il cantiere per la

realizzazione della linea tranviaria (questa tipologia di cantiere sarà chiamata nel seguito “realizzazione sede tranviaria”).

La fase più critica in entrambe queste “fasi” è la parte di asportazione del pacchetto stradale, mediante scarifica, in quanto, per generazione di rumore, polveri e durata continua è la più impattante. Tale lavorazione, presente in tutte le fasi, è stata scelta nelle simulazioni acustiche per rappresentare l’impatto massimo del cantiere, in quanto la potenza sonora è quella massima prevista.

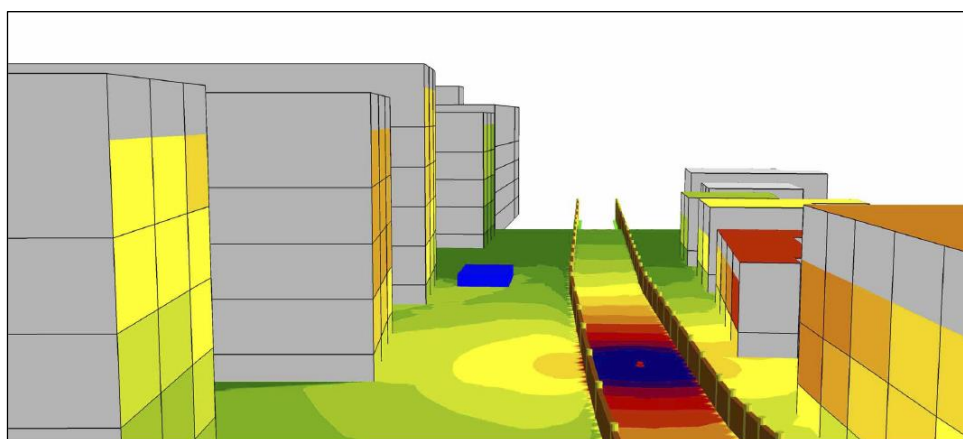
Per la realizzazione delle simulazioni acustiche, per l’area in esame, è stato considerato significativi la tipologia di cantiere periferico, già sviluppato per l’area di Corticella.

Cantiere periferico tipologico Nell’area periferica di Bologna l’edificato progressivamente si dirada e si impoverisce rispetto ai palazzi del centro. Non sono più presenti portici e la presenza di attività commerciali è molto ridotta rispetto alle vie centrali.

Il tratto interessato dalla simulazione è a Nord della tangenziale.

La sede stradale è larga circa dieci/dodici metri ed i palazzi circostanti sono nella maggior parte dei casi alti da due a quattro piani.

La rarefazione dell’edificato, dal punto di vista acustico, permette al rumore di disperdersi più facilmente perché ai lati della sede stradale sono presenti ampi marciapiedi irregolarmente spaziati prima di giungere agli edifici che sorgono piuttosto arretrati rispetto al limite stradale.



### *Modello di simulazione utilizzato*

La determinazione dei livelli di rumore indotti è stata effettuata con l'ausilio del modello previsionale di calcolo SoundPLAN 8.2.

La scelta di applicare tale modello di simulazione è stata effettuata in considerazione delle caratteristiche del modello, del livello di dettaglio che è in grado di raggiungere e, inoltre, della sua affidabilità ampiamente garantita dalle applicazioni già effettuate in altri studi analoghi.

SoundPLAN è un modello previsionale ad “ampio spettro” in quanto permette di studiare fenomeni acustici generati da rumore stradale, ferroviario, aeroportuale e industriale utilizzando di volta in volta gli standard internazionali più ampiamente riconosciuti.

Nel caso specifico si utilizza come riferimento la norma ISO 9613 “dedicata” al problema della propagazione in ambiente esterno.

Per quanto riguarda i cantieri per la realizzazione delle opere e dei manufatti in progetto, non essendo al momento possibile determinare le caratteristiche di dettaglio dei macchinari di cantiere, con le relative fasi di utilizzo (queste dipenderanno infatti dall’organizzazione propria dell’appaltatore), sono state eseguite le simulazioni ipotizzando quantità, tipologie e orari standard.

Per il calcolo del rumore emesso durante la realizzazione delle opere in progetto sono state valutate le relative fasi di lavoro, individuando quelle più impattanti; per tali fasi sono state individuate le sorgenti sonore attive con i relativi livelli di potenza sonora, ed inserite nel modello di simulazione SoundPLAN nei cantieri precedentemente descritti.

#### Norma ISO 9613

La norma internazionale ISO 9613 è dedicata alla modellizzazione della propagazione acustica nell’ambiente esterno, ma non fa riferimento alcuno a sorgenti specifiche di rumore (traffico, rumore industriale...), anche se è invece esplicita nel dichiarare che non si applica al rumore aereo (durante il volo dei velivoli) e al rumore generato da esplosioni di vario tipo. L’Unione Europea ha scelto tale norma come riferimento ad interim per la modellizzazione del rumore industriale.

È una norma di tipo ingegneristico rivolta alla previsione dei livelli sonori sul territorio, che prende origine da una esigenza nata dalla norma ISO 1996 del 1987, che richiedeva la valutazione del livello equivalente ponderato “A” in condizioni meteorologiche “favorevoli alla propagazione del suono”; la norma ISO 9613 permette, in aggiunta, il calcolo dei livelli sonori equivalenti “sul lungo periodo” tramite una correzione forfettaria.

La prima parte della norma (ISO 9613-1:1993) tratta esclusivamente il problema del calcolo dell'assorbimento acustico atmosferico, mentre la seconda parte (ISO 9613-2:1996) tratta in modo complessivo il calcolo dell'attenuazione acustica dovuta a tutti i fenomeni fisici di rilevanza più comune, ossia:

- la divergenza geometrica;
- l'assorbimento atmosferico;
- l'effetto del terreno: le riflessioni da parte di superfici di vario genere;
- l'effetto schermante di ostacoli;
- l'effetto della vegetazione e di altre tipiche presenze (case, siti industriali).

La norma ISO, come abbiamo già rimarcato, non si addentra nella definizione delle sorgenti, ma specifica unicamente criteri per la riduzione di sorgenti di vario tipo a sorgenti puntiformi.

In particolare, viene specificato come sia possibile utilizzare una sorgente puntiforme solo qualora sia rispettato il seguente criterio:

$$d > 2 H_{\max}$$

dove  $d$  è la distanza reciproca fra la sorgente e l'ipotetico ricevitore, mentre  $H_{\max}$  è la dimensione maggiore della sorgente.

L'equazione che permette di determinare il livello sonoro  $LAT(DW)$  in condizioni favorevoli alla propagazione in ogni punto ricevitore è la seguente:

$$LAT(DW) = L_w + D_c - A$$

dove  $L_w$  è la potenza sonora della sorgente (espressa in bande di frequenza di ottava) generata dalla generica sorgente puntiforme,  $D_c$  è la correzione per la direttività della sorgente e  $A$  l'attenuazione dovuti ai diversi fenomeni fisici di cui sopra, espressa da:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

con

- Adiv attenuazione per la divergenza geometrica,
- Aatm attenuazione per l'assorbimento atmosferico,
- Agr l'attenuazione per effetto del terreno,
- Abar l'attenuazione di barriere,
- Amisc l'attenuazione dovuta agli altri effetti non compresi in quelli precedenti.

#### Tipologia di simulazioni eseguite

Sono state eseguite tre tipi di simulazioni acustiche: mappe di rumore, sezioni e livelli in facciata.

- *Mappe di rumore*: Le mappe di rumore sono state eseguite ad un'altezza dal suolo di 1,5 metri per rappresentare il clima acustico nel quale si troverebbe una persona all'aperto nei dintorni del cantiere.
- *Sezioni acustiche (per i tipologici dei cantieri di linea)*: A questo tipo di calcolo è stato affidato il compito di illustrare l'andamento del rumore verso gli edifici e l'interazione tra le riflessioni sui portici, sugli edifici e sulle mitigazioni acustiche per valutarne l'efficacia schermante.
- *Livelli di rumore in facciata*: A questo calcolo è stato affidato il compito di descrivere l'impatto acustico sui ricettori abitativi, fornendo le indicazioni di dettaglio sulla efficacia delle mitigazioni nel ridurre per quanto possibile, viste le difficili condizioni di propagazione, i livelli di pressione sonora.

#### Rappresentazione dei dati simulati

Le tavole riproposte nel seguito presentano graficamente le informazioni ricavate dalle simulazioni, tale rappresentazione è stata preferita alla presentazione di tabelle numeriche perché fornisce maggiore immediatezza di lettura e permette di avere una percezione immediata dell'estensione dei fenomeni acustici.

Tutte le tavole hanno la medesima scala cromatica per i livelli di pressione sonora in modo da essere immediatamente confrontabili tra loro. Inoltre la scala è suddivisa a step di 2,5 dB ognuno, in modo da fornire, con un dettaglio intermedio, immediato confronto con i vari limiti di classificazione acustica.

Per ognuno dei cantieri tipologici di linea simulati sono state presentate sei tavole in due gruppi di tre, rappresentanti le due fasi di lavorazione simulate, la realizzazione polifora e la realizzazione sede tranviaria. In ogni serie di tre tavole la prima rappresenta una coppia di mappe isofoniche ricavate ad un'altezza di 1,5 metri da terra.

Le mappe evidenziano la situazione acustica generata da una lavorazione con e senza le opere di mitigazione rappresentate, come detto, da barriere antirumore alte tre o cinque metri.

La seconda tavola riporta nella parte in alto una visualizzazione tridimensionale dell'area di cantiere, completa di mitigazioni acustiche, dove sono riportate contemporaneamente la mappa di rumore a 1,5 metri ed il risultato dei calcoli dei livelli in facciata sugli edifici. Nella parte in basso è invece riportata la mappa di rumore con riportata l'indicazione del livello di pressione sonora massimo a cui è soggetto l'edificio.

La mappa copre parte della situazione rappresentata: essendo calcolata e rappresentata a 1,5 metri di altezza dal suolo altera le proporzioni degli edifici: la coppia di immagini riportate sotto mostra il tipo di dettaglio coperto.

La terza tavola è una coppia di sezioni acustiche rappresentanti sempre il cantiere senza e con le mitigazioni acustiche ipotizzate.

In una successiva fase di progettazione, a lay-out dei cantieri più definito, si dovrà valutare la possibilità di inserire barriere acustiche più alte di tre metri, compatibilmente con le necessità di assicurarne la stabilità, in quanto le barriere da tre metri di altezza sono efficaci nel proteggere i ricettori a terra, ma non i ricettori abitativi, visto la presenza di edifici con molti piani.

Sorgenti sonore cantieri di linea

Si riportano, per completezza di trattazione, le informazioni sulle macchine e sulle dotazioni di cantiere utilizzate nel presente studio.

Macchine	Potenza sonora (LwA)	Utilizzo
Minipala per fresatura asfalto	108	Utilizzata nelle fasi di demolizione di pavimentazioni mediante fresatura del materiale nelle fasi di spostamento
Fresa per asfalti	115	Utilizzata nelle fasi di demolizione di aree estese di pavimentazioni insieme ad un autocarro per la raccolta dell'asfalto fresato durante la fase di fresatura
Escavatore 160q.li	102	Utilizzate in ogni operazione di scavo, stesa materiali inerti, demolizioni tratti di pavimentazioni, etc.
Minipala bobcat	102	Utilizzate in ogni operazione di movimentazioni materiali e stesa inerti
Miniescavatore	96	Utilizzate in ogni operazione di scavo, stesa materiali inerti, demolizioni tratti di pavimentazioni, etc.
Autocarro	98	Movimentazione terra e trasporto materiali
Autobetoniera	100	Getti di cls
Pompa CLS	108	Getti di cls
Vibrofinitrice	108	Stesa bitume nella pavimentazione in asfalto
Rullo compattatore	105	Rullo compattatore e vibrocompattatore utilizzato nelle fasi di costipazione dei rilevati e nella compattazione dell'asfalto
Autogru	108	Fasi di trasporto materiali e movimentazione travi
Sollevatore a forche	104	Utilizzato nelle operazioni di movimentazione materiali all'interno del cantiere
Gruppo elettrogeno	100	Alimentazione apparecchiature elettriche

Come già accennato precedentemente, la lavorazione più impattante per i cantieri di realizzazione della linea tranviaria è l'asportazione del pacchetto stradale tramite scarificatrice. Tale sorgente è stata inserita nel modello di simulazione imponendo per i due mezzi che costituiscono la squadra di lavorazione le seguenti caratteristiche:

- scarificatrice: potenza sonora  $L_w$  115,0 dB(A) spettro da libreria "Tracked semi mobile crusher"
- camion di supporto:  $L_w$  97,8 dB(A) spettro da libreria "Dump truck"

La sorgente in questo caso non è stata composta a partire dalle potenze delle sue componenti perché la distanza reciproca tra i mezzi non lo ha consentito, per cui sono state inserite nelle simulazioni due sorgenti ad una distanza reciproca di tre metri orientate nel senso di marcia della scarificatrice:

Fase/Macchina	Lw [dBA]	% utilizzo	Lw [dBA]
Scarifica			
scarificatrice	115.0	100%	<b>115.0</b>
Camion di supporto	97.8	100%	<b>97.8</b>

Per quanto riguarda la tempistica di funzionamento sono state considerate 8 ore di funzionamento, tutte nel tempo di riferimento diurno.

Le sorgenti sonore sono state posizionate ad un metro dal terreno.

### ***Mitigazioni acustiche***

#### Barriere mobili di cantiere

La barriera ipotizzata per i cantieri lungo linea è una barriera autoportante, certificata H2 senza vincolo fisso a terra, alta tre metri, con una base limitata al massimo a 1,2 metri di larghezza, fonoassorbente da ambo i lati, con una classe di fonoassorbenza almeno pari alla A4.

Tornando alle caratteristiche delle barriere, la richiesta di essere autoportante e certificata senza appoggio fisso a terra, pur mantenendo una ridotta impronta al suolo (1,2 metri max), è dovuta alla necessità di assicurare la massima sicurezza in un contesto caratterizzato da spazi ristretti, sia per il traffico urbano che per i mezzi di cantiere, pur permettendo la possibilità di adattare rapidamente il cantiere a mutate esigenze di spazio, senza danneggiare le pavimentazioni e senza perdite di tempo e danneggiamenti dovute alle operazioni di disancoraggio degli elementi di barriera.

Per quanto riguarda l'altezza, barriere con le stesse caratteristiche di stabilità e sicurezza sono prodotte anche con altezza cinque metri, ma scontano una base molto larga, che quindi introduce limitazioni al movimento dei mezzi da ambo i lati della barriera, influenzando così sia il cantiere sia il traffico nelle aree stradali, inoltre la loro resistenza alle sollecitazioni dovute al vento è ridotta, per cui se ne è ritenuto non idoneo l'utilizzo nel particolare contesto operativo

di questa cantierizzazione, caratterizzata più che dalla possibilità di azioni ribaltanti da parte del vento, dalla possibilità di leggeri urti nella parte alta.

### ***Risultati delle simulazioni***

Vista l'impostazione delle simulazioni, realizzate attorno alla sorgente più disturbante, la differenza nei livelli generati dalle due fasi analizzate dipende dalla posizione delle sorgenti e delle mitigazioni mobili.

La fase di cantiere denominata "realizzazione polifore" in assenza di mitigazioni impatta, ad altezza uomo, oltre i 65 dB(A) per 120 metri, 60 prima e 60 dopo la macchina al lavoro.

Con le mitigazioni inserite, l'area impattata si dimezza, circa 30 metri prima ed altrettanti dopo la macchina.

In un ambiente complesso come quello di una via urbana, il tempo necessario alle operazioni di scavo non è completamente quantificabile perché dipende dalla presenza di tombini, sottoservizi superficiali ed altri manufatti sepolti. La presenza di ognuno di questi oggetti causa un arresto del lavoro di scavo che deve essere completato con mezzi diversi per l'isolamento dell'oggetto disturbante e la sua rimozione, poi la scarifica può riprendere oltre l'ostacolo.

La velocità teorica di questo tipo di macchine è di circa 100 metri/ora, cioè 6 Km/h, ma è un dato del tutto aleatorio, si può comunque considerare che sia possibile ipotizzare che i 60 metri complessivi nei quali la macchina induce livelli oltre i limiti di legge possano essere completati nel tempo di un giorno lavorativo.

L'impatto del cantiere di realizzazione della sede tranviaria è simile, solo leggermente superiore per via della maggiore apertura delle barriere rispetto alla sorgente, per cui si può ipotizzare che questa sorgente impatterà nell'arco dei 6 – 7 mesi di durata complessiva del cantiere per tre giorni oltre il limite di legge.

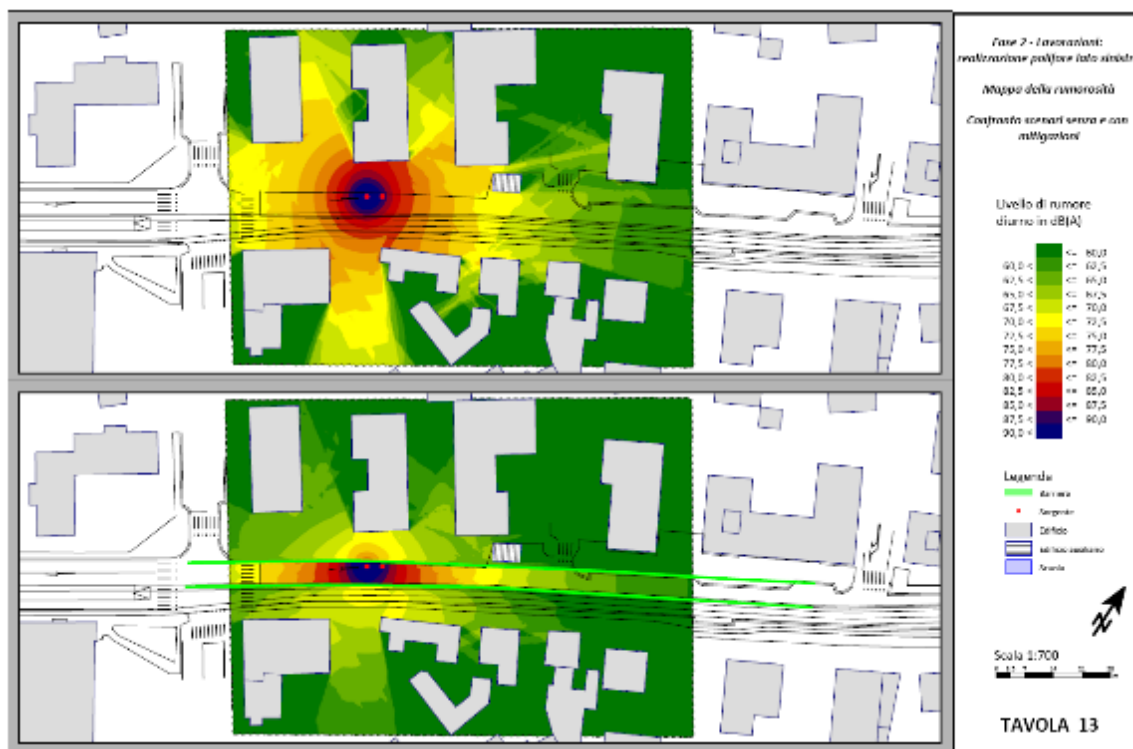
Per quanto riguarda le altre sorgenti, la loro ridotta potenza sonora rispetto a quella considerata e la diluita attività temporale delle lavorazioni rendono meno impattanti le emissioni acustiche.

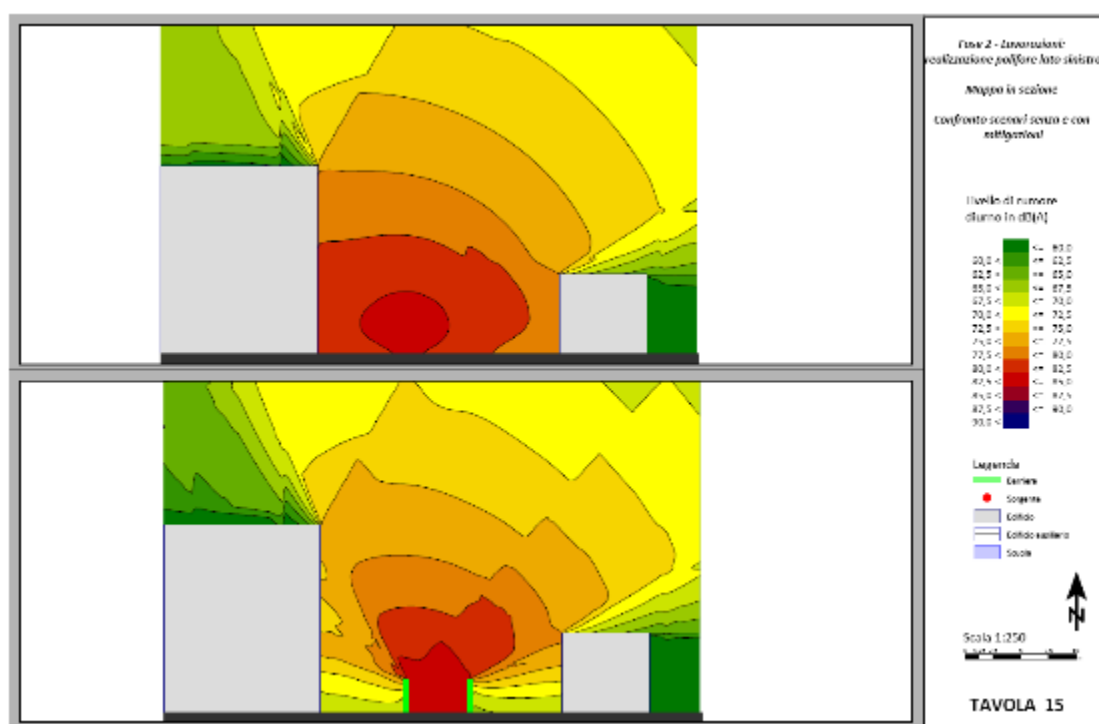
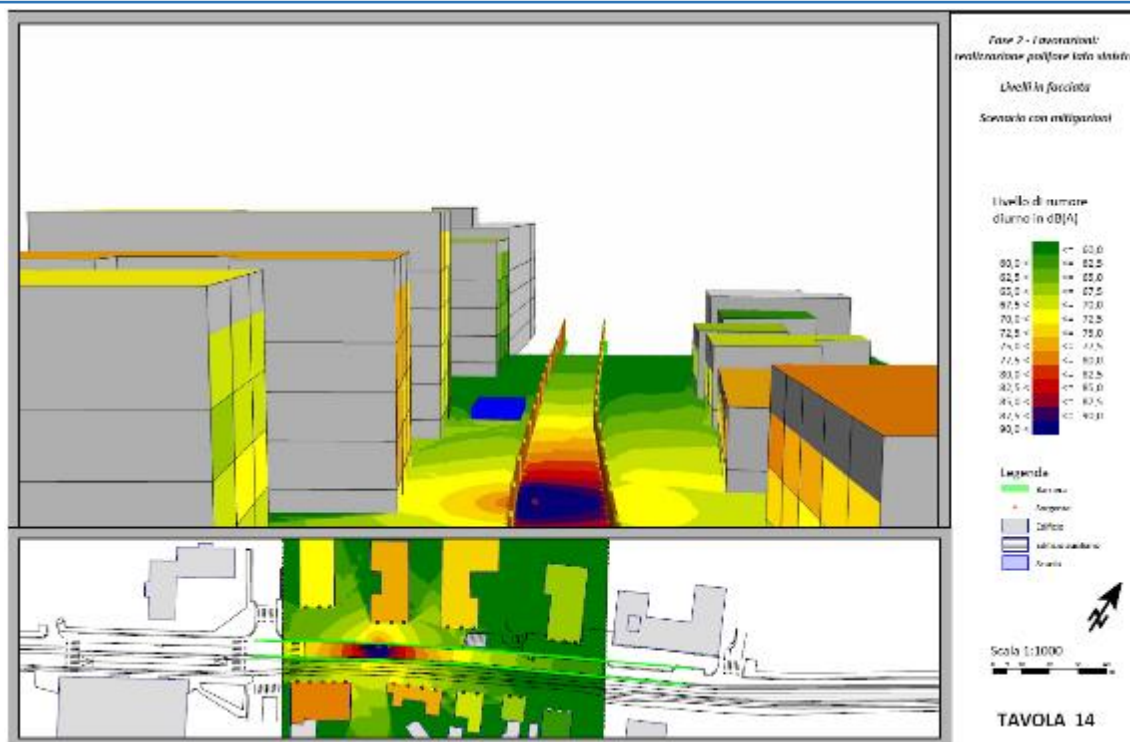
Per quel che concerne il livello presso i ricettori abitativi, il livello massimo raggiunto in facciata è di poco superiore agli 80 dB(A), non si prevedono risultati superiori agli 82,5 dB(A), limitatamente ai piani bassi degli edifici, il primo ed il secondo sopra il portico; mentre i piani più alti avranno livelli variabili tra 75 ed 80 dB(A).

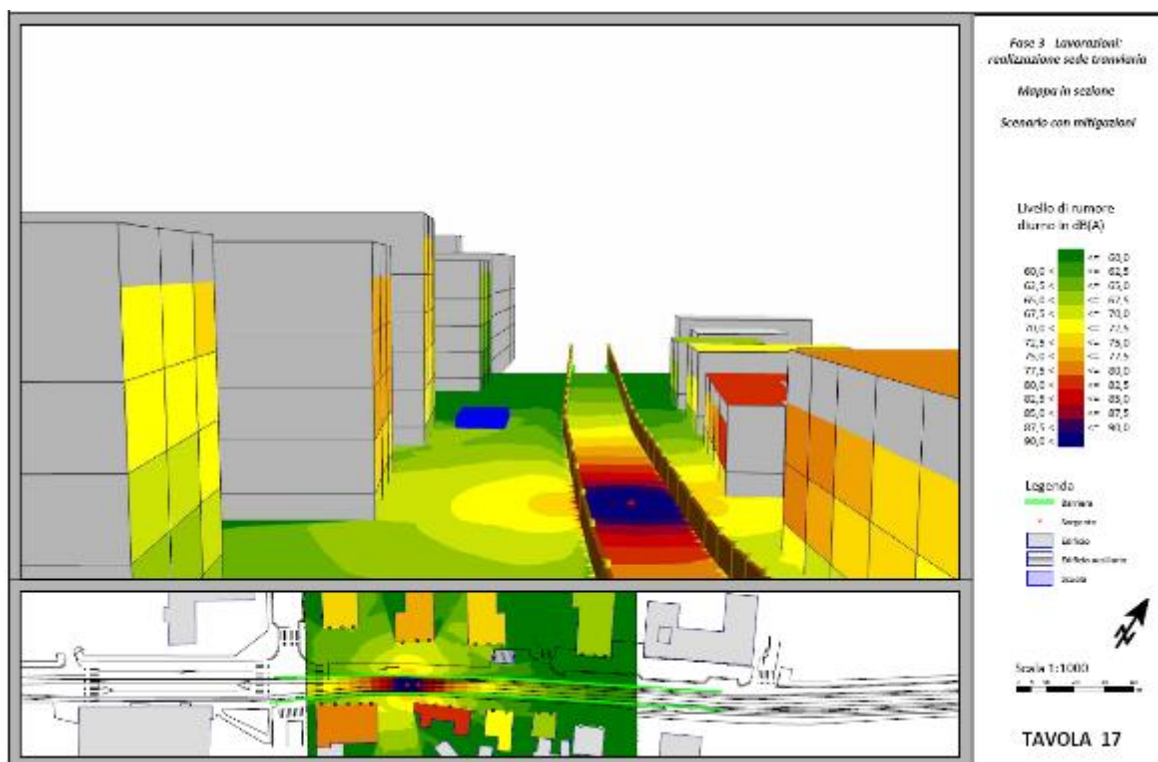
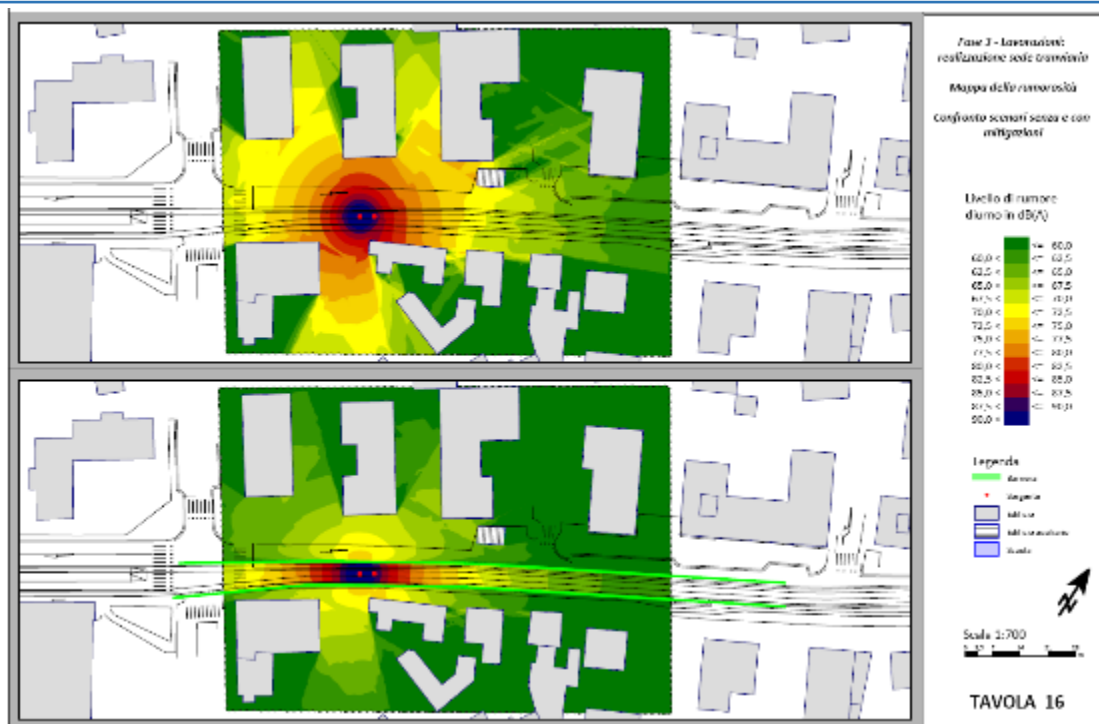
Questi livelli saranno limitati alla porzione di facciata immediatamente sopra la macchina, circa 10 metri di ampiezza, per cui raggiungibili per un tempo molto ridotto, dell'ordine dei minuti, al massimo delle ore.

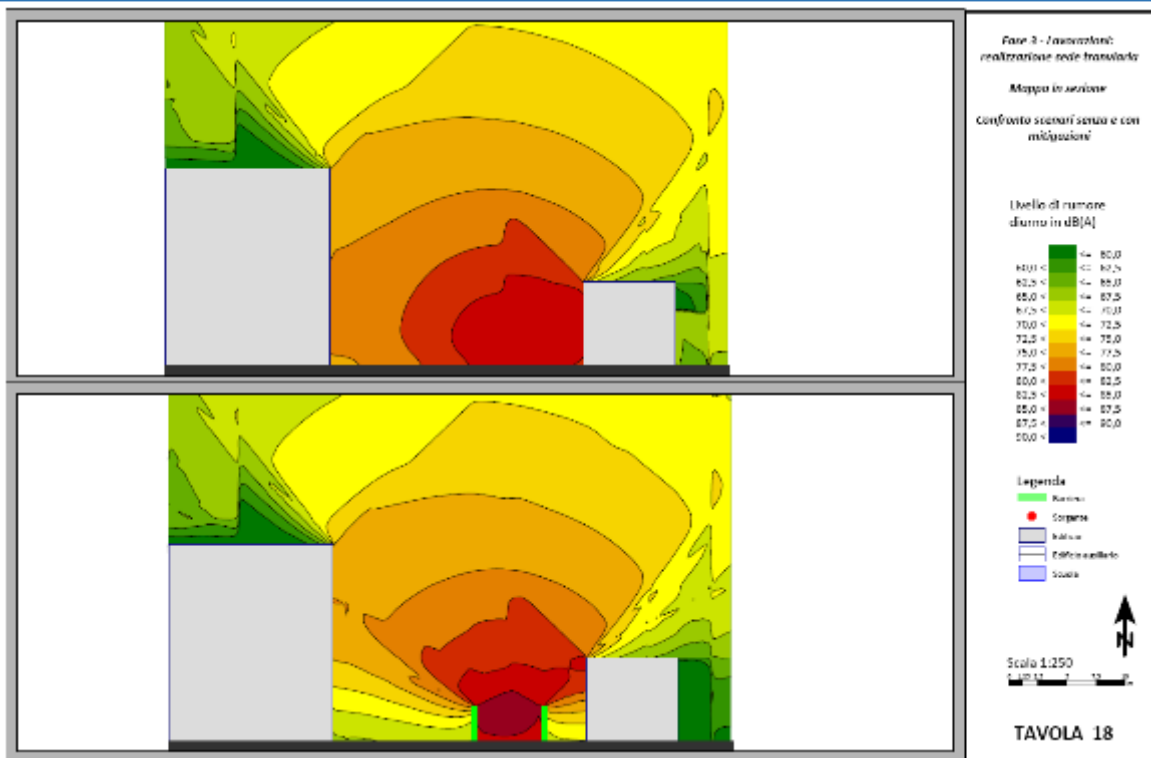
L'area sulle facciate impattata oltre i 65 dB(A) sarà di circa 120 metri, analoga all'area impattata senza mitigazioni.

#### Cantiere tipologico in zona periferica









#### 5.3.1.2 Fase di esercizio

Dalle simulazioni sviluppate riassunte nei risultati delle tabelle sopra esposte si evince che nello scenario di progetto, ossia con il passaggio della linea tranviaria si assiste ad un miglioramento dei valori di pressione acustica, al netto della tolleranza modellistica (+/-0,5 dB), su quasi tutti i recettori individuati lungo il tracciato dell'infrastruttura e non si ha nessun nuovo superamento del limite normativo per alcun recettore.

Gli unici recettori per i quali si stima una variazione positiva del livello di pressione sonora sono ubicati in prossimità di viabilità lungo le quali è previsto un incremento del traffico stradale, ossia lungo Via di Corticella (nel tratto compreso tra la Via delle Fonti) e Via Byron (nel tratto compreso tra la Via Sant'Anna e Via Shakespeare).

Dove sono stati stimati peggioramenti dello scenario di progetto rispetto all'attuale, gli incrementi di pressione sonora si attestano sostanzialmente al di sotto di 1 dB(A) sia nel periodo diurno (6-22) che notturno (22-6) ad esclusione dei recettori ubicati in prossimità delle vie

interessate da un incremento del traffico veicolare, ma non impattate dall'infrastruttura in progetto.

### 5.3.2 MITIGAZIONI

#### 5.3.2.1 Fase di cantiere

In merito alle mitigazioni per la fase di cantiere si faccia riferimento a quanto riportato nel paragrafo 5.3.1, in quanto sono state riportate in quella sezione per organicità di trattazione.

Le mitigazioni ipotizzate nelle simulazioni per i cantieri lungo linea sono costituite da barriere autoportanti, certificate H2 senza vincolo fisso a terra, alte tre metri, con una base limitata al massimo a 1,2 metri di larghezza, fonoassorbenti da ambo i lati, con una classe di fonoassorbenza almeno pari alla A4.

#### 5.3.2.2 Fase di esercizio

Al fine di contenere l'impatto acustico relativo all'incremento del traffico veicolare privato e pubblico, si prevede la posa di asfalto fono assorbente lungo le seguenti tratte stradali quale intervento di mitigazione acustica:

- Via di Corticella (nel tratto compreso tra la Via delle Fonti) per una lunghezza di circa m. 550;
- Via Byron (nel tratto compreso tra la Via Sant'Anna e Via Shakespeare) per una lunghezza di circa m. 550;
- Via Goethe tutta, per una lunghezza di circa m. 180.

Mentre per ridurre la variazione positiva relativa all'infrastruttura in progetto è stata ridotta la velocità di tragitto della tramvia di circa 10 km/ora lungo le seguenti tratte:

- Via Sant'Anna (nel tratto compreso tra la Via Bentini e Via Byron);
- Via Byron (nel tratto compreso tra la Via Sant'Anna e Via Shakespeare).

Per le aree nelle quali la variazione positiva acustica si presuppone legata anche al passaggio della tramvia, ossia lungo Via Byron (nel tratto compreso tra la Via Sant'Anna e Via Shakespeare), si potranno valutare opportuni accorgimenti quali:

- lubrificazione del sistema rotaia/ruota mediante l'utilizzo di grasso biodegradabile per ridurre lo stridio;
- utilizzo di sistema di "armamento massivo" con utilizzo di materassino antivibrante da posare sotto la soletta di cemento su cui sono appoggiate le rotaie;
- utilizzo di una gomma per il rivestimento dei binari, efficace anche contro le vibrazioni;
- modifica del profilo delle ruote;
- riduzione della velocità della tramvia.

Infine nei casi in cui gli sforzi effettuati per contenere i livelli sonori non risultino sufficienti, si può ipotizzare il ricorso ad interventi puntuali di mitigazione del rumore, quali ad esempio il raddoppio degli infissi e/o l'installazione di finestre fonoisolanti/silenti, atti a non conseguire la variazione acustica positiva evidenziata.

Inoltre, qualora la Stazione Appaltante decidesse di propendere per l'impiego di vetture ad assi sterzanti, gli effetti riportati nello studio acustico non potranno che migliorare: l'entità di tale miglioramento non potrà essere valutato fino alla effettiva determinazione delle caratteristiche tecniche delle nuove vetture.

## 5.4 VIBRAZIONI

### 5.4.1 IMPATTI

#### 5.4.1.1 Fase di cantiere

In fase di cantiere i potenziali impatti legati alle vibrazioni sono legati ai macchinari impiegati per le lavorazioni, alle attività di trasporto dei materiali e dai mezzi in transito.

Gli aspetti da considerare per definire le azioni di mitigazione degli impatti durante il trasporto dei materiali sono di diversa natura e contemplano:

- norme di sicurezza per il personale;
- verifica dello stato di manutenzione dei mezzi;

- verifiche interferenza con la viabilità;
- verifica esistenza di percorsi storici, siti archeologici, insediamenti ad elevata sensibilità;
- scelta delle alternative di percorrenza dei mezzi;
- verifica di contemporaneità con attività di altre opere/interventi;
- scelta degli orari di lavoro;
- regolamentazione e controllo del traffico;
- segnaletica di percorrenza dei mezzi di trasporto nei punti critici per il traffico;
- accorgimenti per limitare le emissioni acustiche;
- accorgimenti per limitare le emissioni di polveri;
- accorgimenti per limitare le dispersioni liquide inquinanti.

#### 5.4.1.2 Fase di esercizio

La produzione di vibrazioni non è funzione primaria del materiale rotabile, ma dipende in maniera predominante dal sistema di armamento adottato e il valore istantaneo massimo di eccitazione e la lunghezza del convoglio (e quindi il numero di carrozze o comunque più in generale dalla sua composizione) non hanno alcuna influenza sul valore rilevato, così come il numero dei tram che transitano nel periodo diurno e notturno.

Sulla base dello studio di impatto effettuato si evince il rispetto dei valori limite proposti dalla normativa tecnica volontaria e nello specifico UNI 9916:2014 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici” e la UNI 9614:2017 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”.

#### 5.4.2 MITIGAZIONI

##### 5.4.2.1 Fase di cantiere

Per far fronte ad eventuali problematiche relative alle vibrazioni durante la fase di cantiere, vengono di seguito indicate le principali azioni che potranno essere intraprese:

- effettuare controlli preventivi e in corso d’opera, es. controllo delle caratteristiche generali e dei dati di gestione nonché della struttura e delle attività svolte in fase costruttiva. Tale

controllo dovrà essere previsto anche per l'ambiente esterno ai cantieri e al fronte di lavoro attraverso il controllo della destinazione dei ricettori identificati come ricettori di attenzione. Al fine di facilitare le suddette verifiche durante le attività di costruzione potranno essere predisposte delle apposite schede di controllo (check list) relativamente alle attività di cantiere e al fronte di avanzamento, che contengano un elenco di dati/parametri da controllare durante le diverse fasi di realizzazione dell'opera. La situazione ambientale è influenzata durante la fase di costruzione da numerosi parametri (numero e tipologia di mezzi, durata attività, risorse impiegate, ecc.). Queste schede dovranno tenerne conto individuando quelli più significativi da tenere sotto controllo per mantenere una visione completa e aggiornata della situazione ambientale nei dintorni delle aree di lavoro;

- adottare regole di buon comportamento tra cui:
  - attrezzature e mezzi dovranno essere utilizzati secondo le istruzioni del costruttore; facendo attenzione a eliminare attriti attraverso operazioni di lubrificazione, sostituire i pezzi usurati e che lascino giochi, serrare le giunzioni, porre attenzione alla bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive, verificare la tenuta dei pannelli di chiusura dei motori;
  - i materiali, quando praticabile, dovranno essere sollevati e non trascinati, appoggiati e non lasciati cadere da altezze eccessive;
  - evitare di effettuare trasporti di materiale o comunque carichi potenzialmente rumorosi senza fissarli e/o isolarli adeguatamente;
  - evitare frenate ed accelerazioni brusche;
  - evitare di scaricare e caricare materiali pesanti in maniera violenta;
  - si suggerisce, per i mezzi di trasporto, di cambiare le marce in corrispondenza del numero corretto dei giri del motore;
  - si segnala che esistono, inoltre, articoli contenuti nel "Nuovo Codice della Strada" che dettano norme comportamentali generali da rispettare durante la circolazione e che potrebbero costituire un ulteriore riferimento;

- attuare interventi di mitigazione: qualora il rispetto delle regole di comportamento e gli accorgimenti sopra elencati non dovessero essere sufficienti per contenere le vibrazioni, si potrà provvedere a:

- interrompere le attività maggiormente impattanti e eseguire le stesse in orari più consoni e non contemporaneamente;
- trovare mezzi e metodologie differenti per eseguire le stesse lavorazioni in modo da impattare meno sull'ambiente circostante.

#### 5.4.2.2 Fase di esercizio

Il progetto prevede, in funzione della variabilità delle situazioni incontrate lungo il tracciato, l'utilizzo di tipologie di armamento, aventi caratteristiche di isolamento vibrazionale differenziate mediante l'inserimento di materassini elastomerici di spessore adeguato. Di seguito si riporta la sintesi degli interventi previsti, per maggiori dettagli si faccia riferimento agli elaborati progettuali del sottocapitolo "Progetto ferrotramviario".

Sono state definite le relative sezioni dell'armamento, in particolare:

- o Sezione tipo L0 "livello 0": la sezione tipo dell'armamento della tranvia definita L0 è composta da una rotaia incamiciata in profili avvolgenti in gomma che determinano un appoggio continuo elastico (definita con termine inglese "ERS/CRS Embedded Rail System / Continuous Rail System"). Si assume che la sezione tipo L0 non abbia uno specifico smorzamento delle vibrazioni malgrado la gomma che riveste le rotaie dia comunque un certo contributo in tal senso;
- o La sezione tipo dell'armamento della tranvia definita L2 è composta da una rotaia incamiciata in profili avvolgenti in gomma che determinano un appoggio continuo elastico (definita con termine inglese "ERS/CRS Embedded Rail System / Continuous Rail System"). A partire dalla sezione tipo L0 corrispondente al livello 0 di smorzamento, semplicemente interponendo materiali resilienti tra la piastra di fondazione ed il getto di bloccaggio, si determinano due sezioni ammortizzate con performance ordinate in base al grado di smorzamento richiesto. Il livello cosiddetto L2 «Livello 2» corrisponde a uno smorzamento medio delle vibrazioni;

- Sezione tipo L3 “livello 3”: il “Livello 3” è tipologicamente simile al “Livello 2”. La sezione tipo L3 pertanto si distingue rispetto alla L2 per l'inserimento di un materassino elastomerico più efficiente (spessore 40 m) sotto la soletta di calcestruzzo del binario. La sezione tipo “Livello 3” sarà utilizzata in aree in cui è richiesto un alto livello di attenuazione delle vibrazioni. Tale sistema si è rivelato ottimo in quelle sezioni tranviarie in cui la distanza tra edifici e binario è molto ridotta (aree sensibili e  $d < 7$  m).

## 5.5 ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

### 5.5.1 IMPATTI

#### 5.5.1.1 Fase di cantiere

I potenziali impatti in questa fase possono essere legati a:

- produzione di acque di lavorazione e acque di dilavamento in corrispondenza delle aree di cantiere e di lavorazione;
- consumi idrici in corrispondenza delle aree di cantiere fisso;
- lavorazioni in corrispondenza di ambienti acquatici (canale Navile);
- generazione di polveri che, trasportate dal vento, possono ricadere all'interno di corsi d'acqua;
- realizzazione di opere fondazionali in sotterraneo (es. pali), con rischio teorico di interferenza con la falda idrica sotterranea.

Ulteriori potenziali impatti che le attività di cantiere possono provocare sulla qualità delle acque superficiali e sotterranee sono legati a eventuali sversamenti accidentali di combustibili e oli, qualora tali episodi non siano prevenuti grazie ad adeguate disposizioni per le maestranze ed accorgimenti nella fase di installazione del cantiere (es. dotazione di sistemi di contenimento e raccolta di eventuali sversamenti).

#### 5.5.1.2 Fase di esercizio

I possibili impatti in fase di esercizio sono legati ai seguenti aspetti:

- interferenza con la circolazione idrica sotterranea;
- invarianza idraulica a seguito di impermeabilizzazione di suolo/aree verdi;
- interferenze con reticolo idraulico;
- incremento del rischio idraulico;
- interferenze con aree a pericolosità P2;
- dilavamento delle acque meteoriche;

Per quanto esposto al par. 4.6.1.3, il tracciato della tranvia in progetto si colloca all'interno di un sistema acquifero multilivello, idrostratigraficamente ospitato nei depositi quaternari della porzione sommitale del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore; più precisamente risulta interessato il complesso acquifero A1 ospitante i livelli acquiferi SUP1-2 e SUP3-4 (questi ultimi due non sempre ben differenziabili e pertanto, alla scala dell'opera, considerati l'uno l'estensione dell'altro).

La complessità intrinseca della geometria del sistema acquifero multilivello e l'eterogeneità dei relativi parametri idrogeologici lungo il tracciato, comporterà una risposta dell'acquifero alle opere in progetto significativamente diversa, a seconda della progressiva di avanzamento. Nel caso di opere in superficie, verranno realizzati interventi di sostegno e di drenaggio, così come di impermeabilizzazione. Viceversa, per quanto riguarda le opere in sotterraneo, qualora sussistano condizioni per un effetto barriera persistente ai fini del flusso idrico sotterraneo, saranno previste opere di mitigazione così come riportato al par. 5.5.2.2.

In merito all'impatto sulle acque superficiali si riporta di seguito una descrizione delle principali opere previste nell'area di interesse del presente studio.

#### Terminal bus e ricovero mezzi

L'area risulta inserita in aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (P2) nel PGRA.

La modellistica idraulica di dettaglio eseguita sul reticolo principale e di bonifica attesta l'assenza di fenomeni di allagabilità sull'area per eventi con tempo di ritorno duecentennale.

Dai risultati della modellistica idraulica bidimensionale risulta un livello idrometrico di 28.70 mslm.

### **Nuovo attraversamento del Canale Navile**

Il tracciato della nuova linea tramviaria prevede l'attraversamento del Canale di Navile mediante un nuovo ponte adiacente all'esistente ponte stradale esistente di Via Bentini.

A tal fine sono state condotte indagini idrologiche ed idrauliche sul canale Navile per accertare il livello di piena duecentennale, mutuando le sollecitazioni idrologiche direttamente dalla pianificazione di bacino vigente (PSAI Navile Savena Abbandonato).

Le verifiche idrauliche di dettaglio effettuate sul Canale del Navile attestano che il ponte di Via Genunzio Bentini su cui passerà in attraversamento la nuova linea tramviaria risulta verificato per l'evento TR=200 anni.

### **Parcheggi**

L'area destinata ai nuovi parcheggi risulta inserita in aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (P2) nel PGRA.

La modellistica idraulica di dettaglio eseguita sul reticolo principale e sul reticolo di bonifica attesta l'assenza di fenomeni di allagabilità su tali aree per eventi con tempo di ritorno duecentennale.

### **Sottostazioni elettriche**

Presso l'area sarà presente la nuova SSE12 conversione dell'energia da 15 kVca e 750 Vcc.

L'area destinata alla nuova SSE risulta inserita in aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (P2) nel PGRA.

La modellistica idraulica di dettaglio di tipo bidimensionale eseguita sul reticolo principale e di bonifica attesta l'assenza di fenomeni di allagabilità su tali aree per eventi con tempo di ritorno duecentennale.

La SSE ubicata nell'area di ricovero mezzi risulta in quota di messa in sicurezza idraulica perché in quota con tutta l'area di progetto.

### 5.5.2 MITIGAZIONI

#### 5.5.2.1 Fase di cantiere

Per la corretta gestione dell'attività di cantiere, saranno seguiti i seguenti accorgimenti operativi atti alla riduzione e/o al contenimento degli impatti:

- le superfici di transito degli automezzi internamente alle aree di cantiere e le aree di lavoro saranno periodicamente bagnate, qualora necessario e con frequenza in funzione dell'andamento stagionale, in modo da prevenire l'eventuale sollevamento di polveri. Tale operazione sarà comunque eseguita in maniera tale da evitare che le acque possano eventualmente fluire direttamente verso un corso d'acqua, trasportandovi dei sedimenti (a questo fine si provvederà, qualora necessario, a realizzare fossi di guardia a delimitazione delle aree di lavoro);
- al fine di evitare o contenere al massimo i fenomeni di deposito sulla viabilità pubblica del materiale particolato terrigeno che dovesse essere trasportato dalle ruote dei mezzi pesanti, con conseguente possibilità di produzione e risospensione di polveri, si potrà valutare l'installazione di impianti di lavaggio delle ruote;
- i mezzi d'opera dovranno rispettare una bassa velocità di transito all'interno dell'area di cantiere;
- i mezzi operativi in uscita dal cantiere saranno opportunamente coperti se adibiti al trasporto d'inerti pulverulenti;

- sulla viabilità esterna interessata dal traffico dei mezzi di cantiere, nei tratti prossimi alle aree di cantiere, qualora necessario si adotteranno misure di abbattimento della polverosità tramite spazzolatura ad umido;
- opportuni sistemi di raccolta, trattamento e smaltimento delle acque.

#### *Cantieri di linea*

Le aree di cantiere predisposte lungo la viabilità esistente per la realizzazione della linea tranviaria sono generalmente realizzate per tratte di lunghezza inferiore ai 500 m, parzializzando l'occupazione della sede stradale in più sottofasi, anche al fine di garantire la circolazione degli autoveicoli lungo le direttrici di traffico.

Durante le fasi di scavo della “vasca” per la realizzazione della sede tranviaria sarà effettuata una distinzione delle acque tra interne, afferenti alle aree di scavo, ed esterne, afferenti alle aree pavimentate. Le acque interne verranno raccolte e recapitate con allacci provvisori (preventivamente autorizzati dall'Ente Gestore delle fognature) nel sistema fognario, mentre le acque esterne saranno direttamente recapitate nel sistema di drenaggio stradale esistente e/o di progetto (a seconda delle diverse fasi di cantierizzazione interessate).

#### *Cantieri fissi di grandi dimensioni*

Per tali aree dovrà essere previsto, nella successiva fase di progettazione, un sistema di drenaggio delle acque meteoriche dilavanti di cantiere che tenga conto delle diverse fasi di cantiere e dello stato dei luoghi finale.

#### *5.5.2.2 Fase di esercizio*

In fase di esercizio una possibile causa di inquinamento delle acque superficiali e sotterranee è costituita dal dilavamento delle acque meteoriche a seguito di precipitazione piovose, in particolare se successive ad un lungo periodo di siccità e al loro trasporto verso acque superficiali qualora penetrino attraverso il terreno. Inoltre può essere legato anche a sversamenti accidentali

su eventuali aree non pavimentate, qualora tali episodi non siano prevenuti grazie ad adeguate procedure operative (es. dotazione di sistemi di contenimento e raccolta di eventuali sversamenti).

Come indicato al par. 5.5.1.2, se si ravvisasse l'esistenza di eventuali condizioni che possano portare all'interruzione, da parte delle strutture in progetto, del flusso idrico sotterraneo, saranno previste opere di mitigazione (sistemi di continuità di falda) da attuarsi attraverso le seguenti possibili soluzioni ingegneristiche e che saranno opportunamente dimensionate qualora necessario:

- sistemi "passivi", senza forza motrice, con realizzazione di dreni suborizzontali di presa a monte e dreni di restituzione a valle (in rosso nello schema riportato nella figura che segue);
- sistemi "attivi" consistenti in una batteria di pozzi di presa a monte ed altrettanti di resa a valle per la fase di cantiere ed eventuali criticità (in ciano nello schema riportato nella figura che segue).

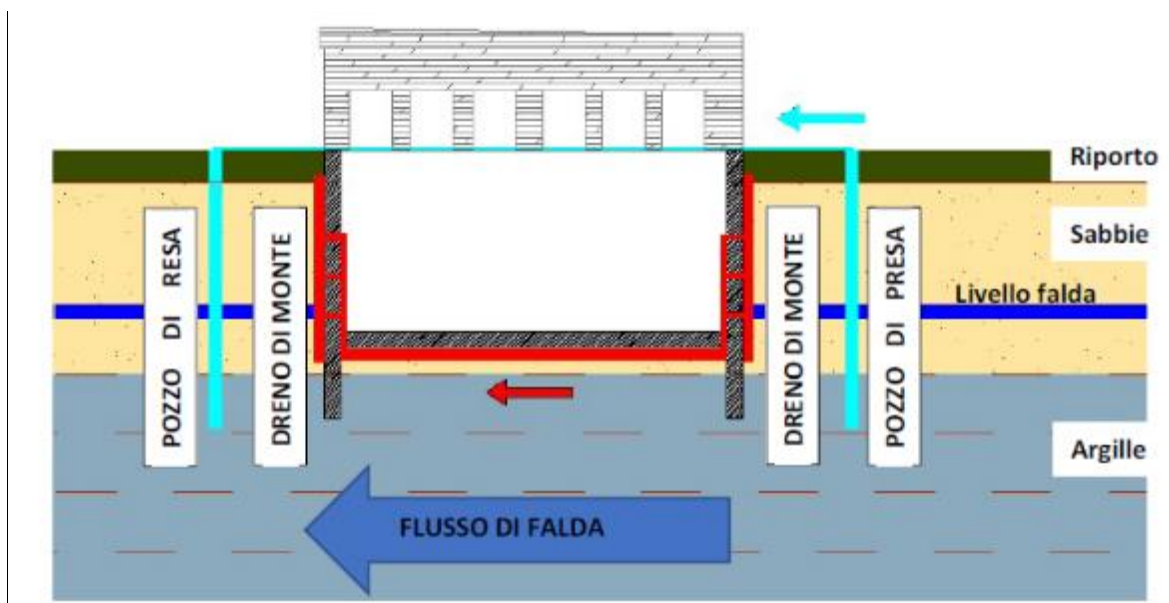


Figura 5-1 – Schema esemplificativo delle opere di mitigazione previste

In merito alle acque superficiali, di seguito sono fornite le indicazioni progettuali degli interventi previsti per la mitigazione degli impatti individuati. Per maggiori dettagli si faccia riferimento agli elaborati di progetto delle opere idrauliche.

Tale progettazione è stata imposta secondo criteri di efficienza ed efficacia optando ove possibile per resilienti ai cambiamenti climatici nel rispetto degli indirizzi della stazione appaltante.

Relativamente alla progettazione dei sistemi di drenaggio e trattamento delle acque meteoriche delle aree di terminal e parcheggi nonché dell'infrastruttura lineare è stata effettuata una ricognizione e mappatura dei sottoservizi esistenti (Fognatura, Acquedotto, Enel ecc), fine di individuare il recapito più idoneo nel rispetto dalla DGR 1860/06 e relative circolari interpretative (ARPAE).

Relativamente ai sistemi di trattamento delle acque meteoriche di prima pioggia nelle aree potenzialmente inquinate lo schema di processo prevede una prima ripartizione tra acque di prima pioggia e acque di seconda pioggia:

- Arrivo acque di dilavamento
- Partizione e derivazione delle acque di prima pioggia.

Di seguito,

- per le acque di prima pioggia (AMPP) delle aree parcheggio e ricovero mezzi:
  - accumulo e trattamento mediante SUDS secondo le linee guida richiamate nel Regolamento Edilizio del Comune di Bologna 2020;
- per le acque di seconda pioggia (AMSP):
  - partizione e scarico delle acque meteoriche non contaminate nel ricettore finale (per le sole AMSP dilavanti i piazzali bus, strade dell'area di ricovero si prevede anche accumulo temporaneo nella vasca per l'invarianza idraulica che svolge funzione di volano idraulico).

La vasca per l'invarianza idraulica è stata dimensionata nel rispetto dell'indice di accumulo di 500 mc/ha di nuova superficie impermeabile e/o semipermeabile in modo da non superare allo scarico i 10 l/s per ettaro.

Per il trattamento delle acque meteoriche prima pioggia dei parcheggi, del terminal bus e dell'area ricovero mezzi dovranno essere predisposti dei sistemi di drenaggio urbano intermedi secondo le linee guida SUDS (canali vegetati) prima del recapito nella fognatura o nel corpo idrico superficiale e dimensionate nella misura di 25 mc/ha in conformità all'art. 53 del R.E.C. di Bologna.

I reflui domestici sono collettati mediante rete di drenaggio separata fino al recapito finale nella fognatura gestita da Hera Spa.

La localizzazione delle vasche e dei sistemi di accumulo/trattamento risulta, talvolta, sensibilmente laterale rispetto all'asse di deflusso idrico, in quanto è stato necessario tenere in adeguata considerazione anche le relative modalità di esecuzione dei manufatti, cercando di interferire il meno possibile con i piani di rispetto delle procedure operative, nonché il regolare esercizio dell'infrastruttura tranviaria in totale sicurezza.

### **Terminal bus e ricovero mezzi**

Nell'ambito del progetto è stato dimensionato il sistema di drenaggio urbano per l'intercettazione ed il collettamento delle acque meteoriche dei tetti e stradali, la fognatura nera per lo smaltimento dei reflui civili, i sistemi di trattamento delle acque meteoriche contaminate stradali mediante SUDS e l'area per l'invarianza idraulica a supporto dell'interventi di trasformazione urbanistica.

Sono previste due linee di drenaggio distinte, una a servizio delle coperture, lungo la quale è prevista una vasca di stoccaggio per il riuso delle acque meteoriche (di volume 32 mc) e una rete di drenaggio della viabilità interne dell'area, lungo la quale si è prevista una vasca di circa 32 mc per lo stoccaggio di eventuali sversamenti di inquinanti. Entrambe le reti vengono convogliate nel canale vegetato che assolve alla funzione di laminazione prima dello scarico nel Navile.

Al fine di non incrementare gli apporti d'acqua piovana al sistema di drenaggio esistente si prevede la realizzazione di aree di invaso a cielo aperto per la raccolta e l'accumulo delle acque meteoriche, considerando un indice di accumulo pari a 500 mc/ha di superficie.

A vantaggio di sicurezza si assume che allo stato di progetto le aree siano completamente impermeabili.

Al fine di garantire l'invarianza idraulica nel contesto fisico d'intervento anche a seguito della maggiore impermeabilizzazione dei suoli prodotta dalle opere in progetto, si individuano aree di compenso di adeguata capacità e funzionalità idraulica in modo da recuperare i volumi previsti e laminare le portate allo scarico in modo da rispettare il valore indice di 10 l/s per ettaro.

Le aree di laminazione si configurano come un invaso secco fruibile, così come definito dalla "Direttiva per la sicurezza idraulica nei sistemi idrografici di pianura del bacino del Reno".

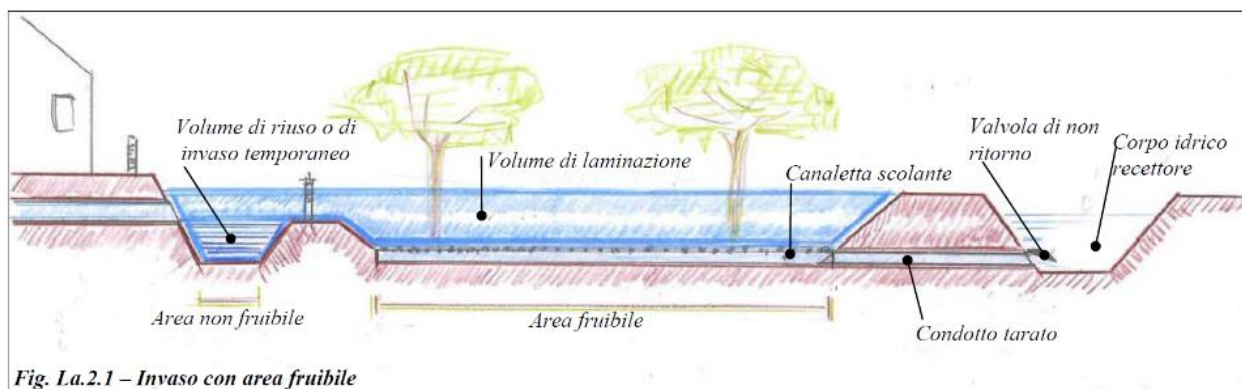


Figura 5-2 – Invaso per l'invarianza idraulico con area fruibile

Al fine di garantire in condizioni di tempo asciutto la fruibilità dell'area è prevista la piantumazione di specie vegetali e arboree con la possibilità di arredo paesaggistico in modo da integrare l'opera con l'area al contesto specifico.

Per l'area si ottengono i seguenti volumi di compensazione, che debbono essere recuperati all'interno dell'area di compensazione ovest per un totale di 665 mc.

Area terminal:  $1.33 \text{ ha} \times 500 \text{ mc/ha} = 665 \text{ mc}$

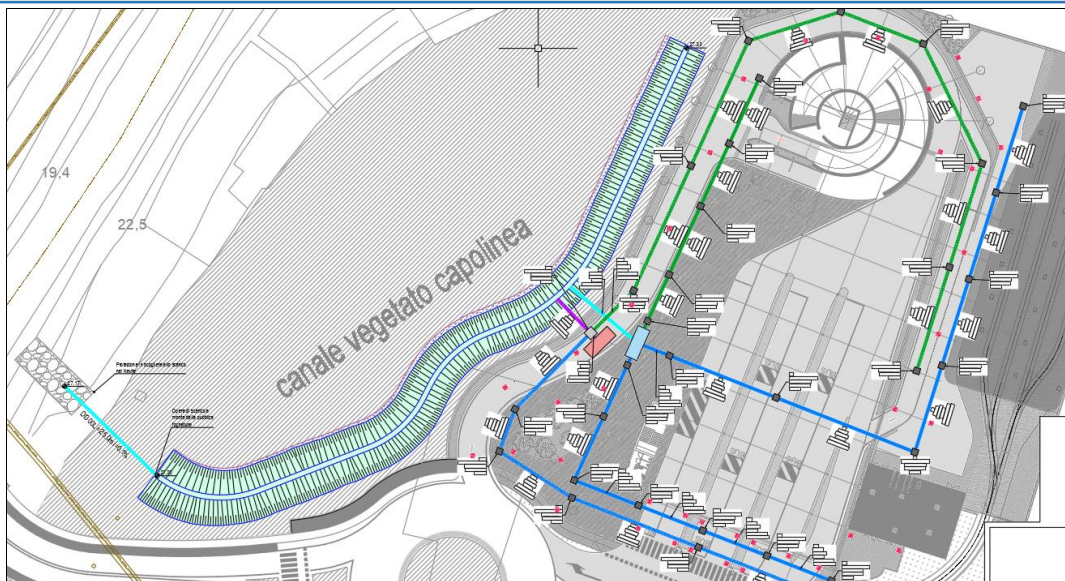


Figura 5-3 – Inquadramento dell'area di compensazione idraulica terminal

Nell'elaborato progettuale B381C-D-X00-IDR-IPA-PP-03-A "Particolari rete di drenaggio Terminal e ricovero mezzi e area per invarianza idraulica" è rappresentata l'area per l'invarianza idraulica di adeguata capacità ( $906 \text{ mc} > 665 \text{ mc}$ ) ed idraulicamente connessa sia con la rete di drenaggio sia con il Navile in cui sono recapitate mediante un manufatto di controllo portellato.

L'area di invaso occuperà una superficie di circa  $1.250 \text{ mq}$ , sarà realizzata mediante uno scavo medio di circa  $1.50 \text{ m}$  e scaricherà a gravità nel Navile con una condotta dimensionata per valori di portata che non superino i  $10 \text{ l/s/ha}$ .

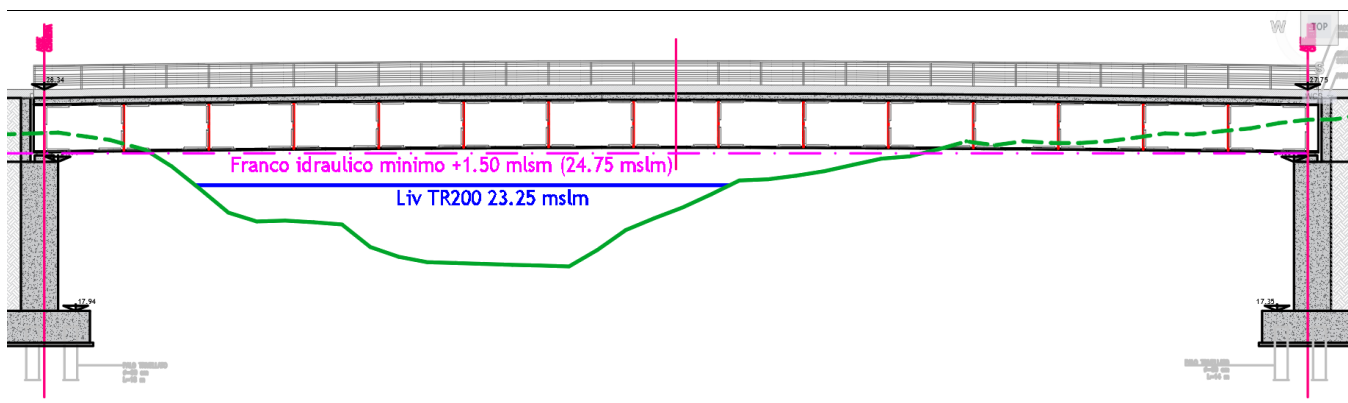
Al fine di non incrementare il rischio idraulico attuale ( $R_2$ ) si prevede, in questa fase, il rialzamento del piano campagna fino ad una quota minima di  $29.00 \text{ mslm}$ , a fronte di un livello atteso di  $28.70 \text{ mslm}$ .

### Nuovo attraversamento del Canale Navile

La compatibilità idraulica del nuovo ponte tranviario è stata valutata ai sensi del RD 523/1904 e delle NTC 2018

Il nuovo impalcato garantisce un franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, non inferiore a 1,50 m come di seguito brevemente rappresentato, rimandando allo studio idraulico per gli aspetti modellistici:

- Livello idrometrico massimo TR200 anni a monte del ponte: 23.25 mslm
- Franco di sicurezza minimo: +1.50m
- Quota minima dell'intradosso del nuovo ponte 24.75 mslm



Non sono presenti pile in alveo e le spalle del ponte sono state previste esternamente alla sezione idraulica in modo da non interferire con la piena con TR 200 anni sia in fase di esercizio sia in fase di cantiere dove le escavazioni non interesseranno l'alveo attivo in nessuna fase.

### Parcheggi

I parcheggi a corredo del progetto nell'area interessata sono nuovi parcheggi realizzati impermeabilizzando aree parzialmente permeabili (Parcheggio di via Shakespeare nelle due stecche all'estremità est ed ovest).

Al fine di aumentare la resilienza del territorio ai cambiamenti climatici, la progettazione del sistema di drenaggio urbano ha seguito gli indirizzi di cui all'art 53 del R.E.C di Bologna, prevedendo come sistema di trattamento delle acque meteoriche di prima pioggia e volano

idraulico, canali vegetati e vasche con trincee infiltranti in modo da rispettare allo scarico il valore soglia di 10/s per ettaro e recuperare 25 mc/ha per il trattamento in continuo delle prime piogge sfruttando la capacità di autodepurazione del sistema vegetale.

Al fine di non incrementare gli apporti d'acqua piovana al sistema di smaltimento urbano, si prevede la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane, considerando un indice di accumulo pari a 500 metri cubi per ettaro di superficie per superfici attualmente verdi e un indice di accumulo pari a 100 metri cubi per ettaro di superficie per superfici attualmente impermeabili.

Il parcheggio di VIA SHAKESPEARE insiste ad ovest e ad est su aree attualmente a verde, mentre nella sua zona centrale in aree impermeabili già destinate a parcheggio.

A valle delle suddette considerazioni si ottengono i seguenti volumi:

- Parcheggio di VIA SHAKESPEARE EST – 0.21 ha x 500 mc/ha 105.0 mc
- Parcheggio di VIA SHAKESPEARE OVEST – 0.298 ha x 500 mc/ha 149.0 mc
- Parcheggio di VIA SHAKESPEARE CENTRO – 0.375 ha x 100 mc/ha 37.50 mc

Ai fini dell'invarianza idraulica sulla rete di smaltimento delle acque meteoriche si prevede di recuperare i suddetti volumi, all'interno di ogni singola area a parcheggio, realizzando invasi a cielo aperto e/o dei compensi (escludendo vasche interrato) che saranno dimensionati nel rispetto di quanto previsto dalla "Direttiva per la sicurezza idraulica nei sistemi idrografici di pianura del bacino del Reno". Il recapito è stato individuato nella rete fognaria pubblica.

Infine, al fine di non incrementare il rischio, si prevedono le seguenti condizioni di fattibilità:

- per il parcheggio di Via Shakespeare in cui è atteso dal modello bidimensionale un livello di 28.50 mslm, si prevede un sovrizzo del piano stradale fino a 28.60 mslm.

Il sistema di drenaggio dei nuovi parcheggi, costituito dalle caditoie per l'intercettazione delle acque meteoriche e dai collettori, recapita i volumi raccolti nei sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUDS) che consentono di svolgere le seguenti funzioni:

- trattamento delle AMPP nella misura di 25 mc per ha ai sensi dell'art. 53 del R.U.C.

- autocontenimento idraulico degli afflussi meteori in modo da non superare i 10 l/s per ettaro allo scarico in pubblica fognatura.

Per il progetto dei parcheggi in argomento sono stati scelti due tipologie di interventi “SUDS” alternative fra loro: canali vegetati (asciutti) e vasche con trincee infiltranti entrambe adatte per aree di parcheggio per convogliare le acque di runoff in spazi pubblici con la possibilità di arredo paesaggistico per una migliore fruibilità delle aree di parcheggio.



Figura 5-4 – Esempio di canale vegetato asciutto

### Sottostazioni elettriche

Al fine di non incrementare gli apporti d’acqua piovana al sistema di smaltimento urbano, si prevede la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane, considerando un indice di accumulo pari a 500 metri cubi per ettaro di superficie.

Per la SSE nell’area di ricovero mezzi i volumi sono ricompresi nel conteggio del non aggravio di tutta l’area di progetto.

## 5.6 SUOLO E SOTTOSUOLO

### 5.6.1 IMPATTI

Il suolo costituisce un’importante risorsa, finita e non rinnovabile, non solo per il sistema agricolo, di cui sostiene la produzione, ma anche per tutta la società. Il consumo di suolo coincide con la

superficie dell'opera (impronta), che è sottratta definitivamente all'agricoltura, alle aziende agricole e alla produzione agricola.

#### 5.6.1.1 Fase di cantiere

Gli impatti che si determineranno in fase di cantierizzazione e di realizzazione delle opere sono legati alla preparazione delle aree di cantiere, della nuova sede tramviaria ed alla realizzazione delle opere complementari ad esso. In questo contesto, i potenziali impatti sulla componente suolo e sottosuolo sono i seguenti:

- modificazione dei suoli coinvolti nella realizzazione dei cantieri, come ad esempio scotico, compattazione, spostamento e movimentazione, ecc.
- produzione e gestione dei materiali di risulta (incluso il trasporto degli stessi);
- produzione e gestione di terre e rocce da scavo;
- potenziali contaminazioni dei terreni superficiali dovuti alle attività svolte in cantiere (es. dispersione accidentale di prodotti chimici, materiali o combustibili, ecc.);
- eventuale percolazione di sostanze pericolose derivanti dai mezzi di cantiere e dalle lavorazioni attraverso il sottosuolo insaturo fino a costituire un potenziale pericolo anche per il sistema idrico sotterraneo o la rete idrica superficiale, determinando quindi situazioni di inquinamento nei confronti delle matrici coinvolte.

Sebbene l'esame della tavola dei vincoli (paragrafo 3.8.2.7) abbia permesso di escludere la presenza di siti contaminati/da bonificare direttamente interferenti con l'area in esame, al fine di scongiurare la potenziale veicolazione di sostanze contaminanti o il riutilizzo di terreno inquinato, saranno essere eseguiti accertamenti in merito alla qualità dei terreni scavati ai sensi della normativa vigente.

I lavori per la realizzazione delle opere in progetto produrranno materiali di risulta individuati in terreno vegetale, terreni da scavo, rifiuti dalla demolizione della pavimentazione esistente, oltre a eventuali materiali estranei che dovessero essere rinvenuti durante i lavori.

Per quanto riguarda il terreno vegetale, il progetto prevede il suo stoccaggio temporaneo in cantiere per il successivo riutilizzo nelle opere di mitigazione ambientale previste.

Per gli eventuali materiali di risulta di cui non è possibile il riutilizzo (ad es. mediante impianti di frantumazione e vagliatura mobili, stabilizzazione a calce, ecc.) si prevede lo smaltimento presso gli impianti di recupero/smaltimento di rifiuti speciali.

In merito alla gestione delle terre e rocce da scavo, l'impostazione si basa sull'ipotesi di deposito e successivo riutilizzo dei materiali di scavo derivanti dai lavori in progetto ai sensi della normativa vigente (DPR 120/2017) o, nel caso in cui non saranno rispettate le condizioni, come rifiuto ai sensi della parte IV del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.

Dall'esame dei volumi riportati nell'elaborato B381C-D-X00-AMB-GET-RT-01, si stima una produzione di ca. 205.000 mc di terre e rocce da scavo (incluso terreno vegetale), che saranno parzialmente riutilizzate (ca. 31.000 mc) all'interno del cantiere per rinterri e opere di mitigazione a verde.

I terreni in esubero saranno gestiti in qualità di sottoprodotto per rimodellazioni, rilevati, ripascimenti, ecc. ai sensi della normativa vigente (DPR 120/2017) o, in alternativa, nel caso in cui non siano rispettate le condizioni, come rifiuto ai sensi della parte IV del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. e pertanto conferiti presso impianti di recupero autorizzati, al fine di evitare lo smaltimento in discarica.

Si stima inoltre una produzione di ca. 25.800 mc di materiali derivanti dalla demolizione della pavimentazione, fabbricati e cls esistenti, che saranno gestiti in qualità di rifiuto ai sensi della parte IV del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.

Il fabbisogno di materiali necessari per la realizzazione della sede tranviaria, del sottopasso e delle opere accessorie è stimato in ca. 15.000,00 mc di misto granulare e in ca. 10.000,00 di conglomerati bituminosi, che saranno approvvigionati da fonti esterne.

Un ulteriore impatto, inoltre, può essere individuato nella possibile contaminazione dei suoli e del primo sottosuolo insaturo causati da eventi accidentali durante i lavori.

In fase di cantiere gli impatti sono transitori per tutte le aree interessate e pertanto si stima l'impatto complessivo come non rilevante.

#### 5.6.1.2 Fase di esercizio

In fase di esercizio dell'opera, il principale impatto è riconducibile all'occupazione permanente di superficie da parte delle opere in progetto, che per il progetto di cui trattasi si avrà proprio in corrispondenza dell'area del nuovo ricovero mezzi a Corticella. La restante parte del tracciato si sviluppa infatti all'interno del tessuto cittadino già urbanizzato.

In merito all'individuazione dell'area per l'ubicazione del capolinea nord, la soluzione individuata in fase di PFTE, prevedeva che la linea tramviaria raggiungesse il territorio comunale di Castel Maggiore, immettendosi nell'area ferroviaria in prossimità della stazione di Corticella ed attestandosi in un grande parcheggio d'interscambio accessibile da via G. Di Vittorio.

Il Progetto Definitivo prevede, invece, che la linea si attesti direttamente in corrispondenza del piazzale posto a est della stazione di Corticella, con il nuovo capolinea Nord, mentre il deposito secondario viene previsto nell'area libera a nord di via Shakespeare (in corrispondenza dell'intersezione con via Bentini). L'interscambio auto/bus/tram viene invece spostato all'interno di un nuovo parcheggio multipiano posto sempre nella suddetta area ma appena ad ovest del deposito secondario.

Con questa soluzione si ha un minore consumo di suolo non urbanizzato, corrispondente a ca. 12.000 mq contro i ca. 46.000 mq della precedente area di capolinea di Castel Maggiore.

Si evidenzia che in prossimità del tracciato di progetto della linea tranviaria non sono presenti ulteriori aree di dimensioni sufficienti alle esigenze individuate per il terminal che possano rappresentare una "ragionevole alternativa localizzativa che non determina consumo di suolo".

#### 5.6.2 MITIGAZIONI

##### 5.6.2.1 Fase di cantiere

Alla luce dell'analisi dei potenziali impatti previsti in fase di cantiere, gli interventi di mitigazione individuati per la componente suolo/sottosuolo consistono nella minimizzazione dell'uso di

risorse non rinnovabili per soddisfare il fabbisogno di materiali legato alla realizzazione delle opere in progetto.

Nello specifico, il deposito del terreno vegetale sarà organizzato e disposto al fine di garantire che le caratteristiche agronomiche e chimico-fisiche non risultino compromesse nel tempo e mantenere la struttura e potenziale fertilità del suolo accantonato. Il materiale dovrà essere inoltre protetto dall'insediamento di vegetazione infestante e dall'erosione idrica superficiale.

Le aree di stoccaggio saranno preparate e livellate in modo da facilitare lo scarico, il carico e l'ispezione dei materiali. La pavimentazione sarà realizzata con pietrisco stabilizzato di cava; tra il terreno e la pavimentazione verrà montato uno strato di geotessile non tessuto di separazione, al fine di ristabilizzare la superficie vergine del terreno alla fine della lavorazione.

Per i mezzi meccanici presenti, verranno realizzate delle piazzole di sosta specifiche con pavimentazione impermeabile al fine di scongiurare la caduta di grassi o oli idrocarburi sul terreno e quindi la filtrazione nelle acque di falda.

Le operazioni di movimentazione saranno eseguite con mezzi e modalità tali da evitare eccessivi compattamenti del terreno.

Al fine di limitare il consumo delle risorse non rinnovabili si prevede il riutilizzo delle terre e rocce da scavo prodotte, parzialmente all'interno del cantiere e la restante parte, qualora ne ricorrano le condizioni, come sottoprodotto ai sensi del DPR 120/2017.

In merito alle attività di trasporto dei materiali, saranno adottati i seguenti accorgimenti procedurali:

- verifica dello stato dei mezzi (manutenzioni, stato di usura delle gomme, fanali, ecc.);
- gestione traffico e viabilità, mediante ad es. individuazione delle interferenze con la viabilità locale, studio delle alternative di percorrenza; previsione di adeguata segnaletica in punti critici, adeguato sistema di vigilanza a supporto della regolamentazione del traffico; ecc.);

- esecuzione dei trasporti principalmente nelle ore diurne, tenendo conto della presenza di zone sensibili, quali scuole, ospedali, case di cura, ecc. e astenendosi dal percorrere tali zone negli orari di ingresso/uscita dei suddetti edifici.

#### 5.6.2.2 Fase di esercizio

Per gli interventi di mitigazione e compensazione relativi all'occupazione di suolo si rimanda a quelli previsti e descritti nel capitolo relativo alla Componente Ecosistemi, Vegetazione e Flora, Fauna, in quanto hanno una valenza anche per la componente suolo.

### 5.7 PAESAGGIO E PATRIMONIO STORICO/CULTURALE

#### 5.7.1 IMPATTI

Dal punto di vista del paesaggio, i principali impatti legati alla realizzazione della nuova linea tramviaria possono essere riconducibili alla frammentazione dei sistemi paesaggistici presenti e alla riduzione dei caratteri del paesaggio circostante l'infrastruttura.

In particolare, l'area di interesse è caratterizzata da un contesto di:

- *Paesaggio periurbano*: in cui si colloca il terminal nord e dove il principale impatto è legato al consumo di suolo per la realizzazione dell'area, già sviluppato al par. 4.6.4.

L'analisi degli impatti dell'opera viene riportata secondo il seguente schema:

Strumenti adottati per il contenimento degli impatti sul contesto storico-culturale:

- Impatto acustico-vibrazionale;
- Impatto visivo;

Descrizione analitica degli impatti.

#### Impatto acustico-vibrazionale

Come avviene ormai in tutte le realizzazioni di trasporto pubblico di massa su rotaia, le vibrazioni propagate attraverso l'aria, il suolo e le strutture devono essere mitigate per ridurre il disturbo che si arreca sugli edifici limitrofi.

La principale componente delle vibrazioni si trasmette attraverso il suolo, mentre i rumori aerei che si propagano attraverso l'aria dipendono dal materiale rotabile e dalla finitura della superficie della sede.

La fonte delle vibrazioni è il risultato dell'interazione delle ruote con la rotaia e la loro trasmissione dipende da molti fattori quali, ad esempio:

- il tipo di fissaggio della rotaia alla sua sede;
- la piastra di appoggio della rotaia;
- i materassini antivibranti sotto il getto di calcestruzzo;
- eventuali cavità o i differenti gradi di compattazione del terreno di sedime;
- eventuali accorgimenti per lo smorzamento delle vibrazioni nelle opere civili;
- edifici con disposizioni antivibranti.

Le vibrazioni provenienti dal suolo, alla base di edifici sensibili, non dovrebbero superare i limiti fissati che vengono spesso normati mediante zonizzazioni specifiche. Tali valori dipendono dalla funzione o dalla valenza storico-artistica-monumentale dell'edificio e dalla sua distanza rispetto al binario.

Si faccia riferimento a quanto riportato ai par. 5.4.2 e 5.3.2.

#### Impatto visivo

L'inserimento dell'opera tramviaria all'interno di un contesto urbano e periurbano necessita di attenzione particolare alla qualità delle sistemazioni urbanistiche di progetto, garantendo al contempo i requisiti tipologici e funzionali degli elementi che le compongono e calibrando le finiture in relazione al contesto architettonico.

#### Descrizione analitica degli impatti

Di seguito viene descritta l'impostazione data alle sistemazioni urbanistiche della zona di interesse.

#### Via Sant'Anna (da via Bentini a via Byron)

Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, fermate e sistemazioni urbanistiche, impianti di e segnalamento, semaforizzazione incroci.

Sotto il profilo paesaggistico il quartiere è valorizzato dalla presenza del Parco di Villa Torchi e dalla vicinanza del Canale Navile.

L'area in esame ricade nell'ambito normato dall'azione 2.4a del Piano Urbanistico Generale. Ai sensi di tale ambito il PUG individua gli immobili sottoposti a tutela urbanistica (vedasi immagine riportata sotto).

- Edifici d'interesse culturale e testimoniale – giallo
- Edifici non sottoposti a vincoli - grigio



#### Via Byron (da via Sant'Anna a viale Shakespeare)

Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, fermate e sistemazioni urbanistiche, impianti di e segnalamento, semaforizzazione incroci.

Sotto il profilo paesaggistico il quartiere è caratterizzato da edilizia tardonovecentesca immersa nel verde.

L'area in esame ricade nell'ambito normato dall'azione 2.4a del Piano Urbanistico Generale. Ai sensi di tale ambito il PUG individua gli immobili sottoposti a tutela urbanistica (vedasi immagine riportata a lato).

- Edifici non sottoposti a vincoli – grigio



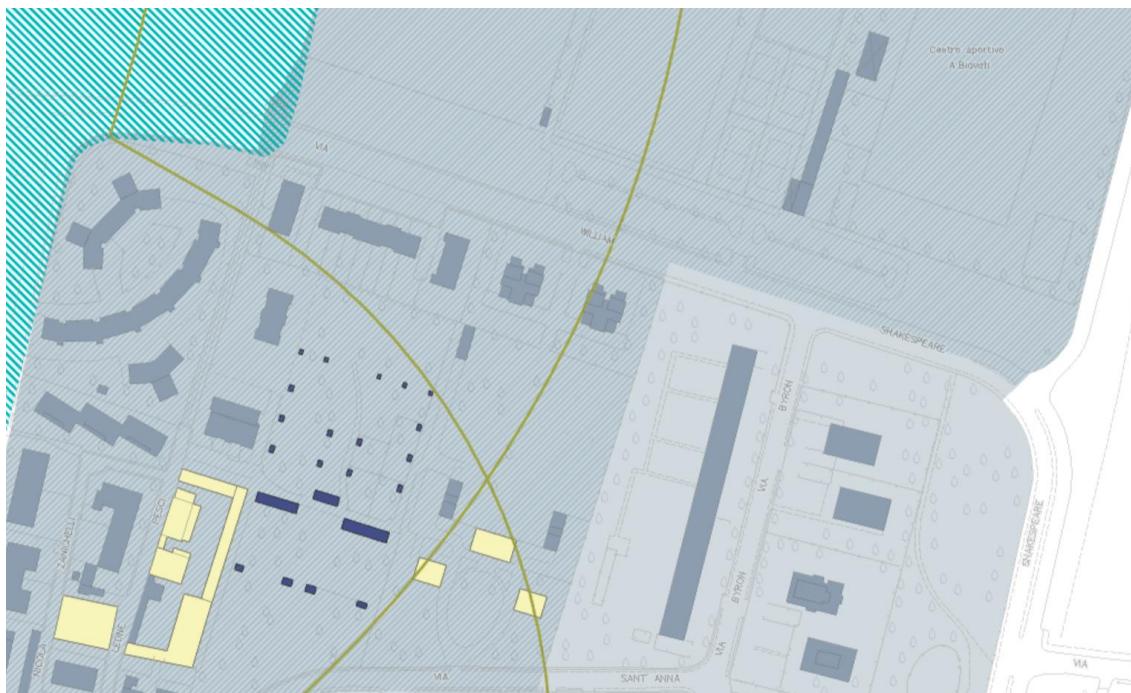
Via Shakespeare (da via Byron a via Bentini)

Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, fermate e sistemazioni urbanistiche, impianti di e segnalamento, semaforizzazione incroci;
- Opere puntuali: potenziamento del parcheggio esistente a nord di viale Shakespeare, realizzazione Deposito Secondario e sottostazione elettrica, realizzazione Centro intermodale di Corticella.

Sotto il profilo paesaggistico tale tratto è caratterizzato da edilizia tardonovecentesca immersa nel verde e dalla presenza, a nord, del Centro Sportivo e delle sue aree verdi. Inoltre, a nord dell'intersezione tra viale Shakespeare e via Bentini è presente un'area agricola abbandonata. L'area, nella sua estremità occidentale, è sottoposta a vincolo paesaggistico di tipo fluviale. L'area in esame ricade nell'ambito normato dall'azione 2.4a del Piano Urbanistico Generale. Ai sensi di tale ambito il PUG individua gli immobili sottoposti a tutela urbanistica (vedasi immagine riportata sotto).

- Edifici non sottoposti a vincoli – grigio



Via Bontini (da via Shakespeare a Stazione Corticella SFM)

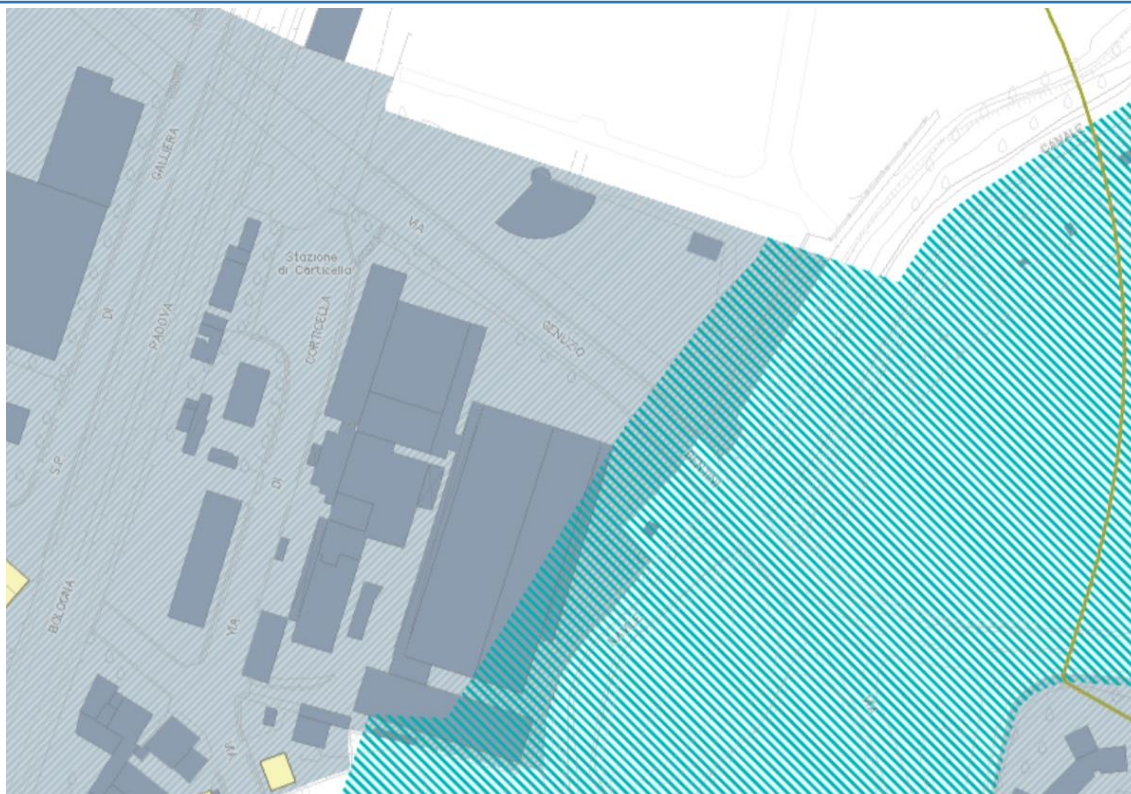
Le opere previste in progetto in tale area sono, nello specifico:

- Opere di linea: sede ed armamento tramviario, capolinea e sistemazioni urbanistiche, impianti di e segnalamento, semaforizzazione incroci;
- Opere puntuali: nuovo ponte sul Canale Navile e rampa in rilevato per il raggiungimento del piazzale della stazione ferroviaria Corticella SFM dalla via Bontini.

Sotto il profilo paesaggistico tale tratto è caratterizzato dalla presenza del Pastificio Corticella che viene interessato da parziale demolizione di alcuni capannoni a nord e dalla presenza del Canale Navile da cui deriva la presenza di vincolo di tipo fluviale.

L'area in esame ricade nell'ambito normato dall'azione 2.4a del Piano Urbanistico Generale. Ai sensi di tale ambito il PUG individua gli immobili sottoposti a tutela urbanistica (vedasi immagine riportata sotto).

- Edifici non sottoposti a vincoli - grigio



### 5.7.2 MITIGAZIONI

La progettazione di un insieme organico di interventi di inserimento paesaggistico - ambientale da correlare alla realizzazione di un progetto tramviario, quale quello in oggetto, si pone quale momento fondamentale per procedere alla riqualificazione dei caratteri dell'ambito nel quale si interviene. Tali sistemazioni ambientali si fondano prevalentemente su interventi di restauro che consentono contemporaneamente il recupero delle aree direttamente interessate dalla realizzazione del progetto e la valorizzazione degli elementi che ad esso si relazionano percettivamente e funzionalmente. L'utilizzo degli impianti a verde ha, infatti, non solo il fine di offrire una riqualificazione di tipo estetico - percettiva, ma ha anche il compito di operare la ricostruzione degli elementi a valenza naturale in un contesto che si caratterizza per l'elevata valenza antropica.

L'approccio seguito persegue l'integrazione e l'inserimento a carattere fondamentalmente naturalistico, con l'obiettivo di ripristinare quelle porzioni territoriali necessariamente modificate dall'opera o da tutte quelle operazioni che si rendono indispensabili per compierla. Le sistemazioni a verde svolgono varie funzioni come:

- la ricucitura con le formazioni vegetali di tipo naturale esistenti e la riqualificazione ecologico - funzionale delle aree di intervento;
- l'inserimento ambientale dell'opera mediante la costituzione di quinte verdi con funzione di schermo e mascheramento percettivo.

È necessario rilevare che l'utilizzo della vegetazione pone in essere l'obiettivo di intervenire nel paesaggio innescando processi evolutivi naturali che nel tempo possano diventare autonomi, valorizzando le potenzialità del sistema naturale stesso inteso quale carattere prevalente per una sostenibile gestione del contesto territoriale e paesaggistico. In questo senso gli interventi proposti favoriscono il recupero dei caratteri naturali, floristici e faunistici del contesto attraversato o meglio ancora delle fitocenosi e zoocenosi autoctone, ai fini del mantenimento di un equilibrio il più possibile prossimo a quello naturale.

### Finiture

Tale approccio è stato utilizzato nella progettazione delle sistemazioni urbanistiche lungo l'intera tratta, scegliendo i materiali secondo il seguente schema:

Localizzazione	Materiali contesti standard	Materiali Centro Storico e contesti particolari
Sede carrabile	Conglomerato bituminoso	Sampietrini o basole di granito
Sede tramviaria	Conglomerato bituminoso colorato chiaro	Sampietrini o basole di granito (inerbita lungo via dei Mille ed in viale Shakespeare)
Marciapiedi	Conglomerato bituminoso	Sampietrini (via dei Mille ed in piazza dell'Unità)
Cigli stradali	Elementi in granito chiaro	Elementi in granito chiaro recuperate
Cigli aiuole	Elementi in granito chiaro	Elementi in cls
Sedi ciclabili dedicate	Conglomerato bituminoso colorato in pasta con aggiunta di ossidi di ferro	



Area d'intervento standard - stato di fatto





Tipologia d'intervento standard

### Sistemi di trazione elettrica

Le tramvie tradizionali sono caratterizzate dalla presenza di sistemi di trazione elettrica costituiti da pali, tesate e linee di contatto; tali sistemi, generalmente lineari, hanno un impatto maggiore nei centri storici – soprattutto in Italia – dove devono dialogare con la presenza di edifici e monumenti di alto valore, confrontandosi altresì con l'esiguità della sezione stradale.

Al fine di mitigare tale impatto, il progetto per la nuova linea tramviaria di Bologna prevede che i sistemi di trazione elettrica tradizionali, con pali, tesate e linee di alimentazione elettrica aerea vengano limitati alle aree esterne alla Città Murata (tra Porta San Felice e Piazza XX Settembre). All'interno di questa, invece, le vetture tramviarie circoleranno con batterie a bordo, senza l'ausilio di sistemi tradizionali.

Localizzazione	Materiali contesti standard	Materiali Via dei Mille, via Sant'Anna e via Byron
Trazione elettrica	Tradizionale con pali e tesate 	Assente (trazione a batterie) 

### Pensilina di fermata

Il progetto per la pensilina del Tram di Bologna trova nel dialogo continuo tra storia e contemporaneità il proprio humus di coltura; il percorso su cui si articola il tracciato della rete tranviaria lega tessuti diversi sia per urbanizzazione, contesto, vocazioni, architettura e storia; il design della fermata nella forma e nelle cromie tende ad un dialogo neutro mantenendo un carattere distintivo forte e adattabile alle quinte di una città mutevole.

Il concept architettonico delle fermate è stato definito attraverso l'identificazione di elementi riconoscibili e adattabili ai differenti quadri di riferimento prestazionale.

Questi elementi sono declinati da una cornice in ferro che contiene le sedute e due totem ove trovano alloggio gli apparati tecnologici.

Di seguito si riportano le mitigazioni previste per ciascun tratto descritto al paragrafo precedente.

### Via Sant'Anna (da via Bentini a via Byron)

La giacitura prevista per la linea tramviaria non consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici vincolati e non posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

### Via Byron (da via Sant'Anna a via Shakespeare)

La giacitura prevista per la linea tramviaria consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici vincolati e non posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

#### Via Shakespeare (da via Byron a via Bentini)

La giacitura prevista per la linea tramviaria consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici vincolati e non posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

La realizzazione del nuovo deposito secondario e del centro intermodale, previsti a nord di via Shakespeare, comporta la realizzazione di opere di salvaguardia e compensazione idraulica volte al superamento del vincolo fluviale.

#### Via Bentini (da via Shakespeare a Stazione Corticella SFM)

La giacitura prevista per la linea tramviaria consente il mantenimento di distacchi considerevoli tra rotaia ed edifici circostanti; al fine di evitare impatti sotto il profilo acustico vibrazionale sugli edifici posti a distanze inferiori a 12 metri dalla rotaia più vicina si è optato per l'utilizzo di un armamento ad alto isolamento vibrazionale, tipo L3, che garantisce un abbattimento delle vibrazioni in linea con le prescrizioni normative applicate al caso di specie.

## 5.8 ECOSISTEMI, VEGETAZIONE E FLORA, FAUNA

### 5.8.1 IMPATTI

#### 5.8.1.1 Fase di cantiere

Gli impatti in fase di cantiere sulla componente floristico-vegetazionale sono prevalentemente riconducibili al taglio della vegetazione. In particolare, sono previsti abbattimenti di elementi arborei come meglio definito negli elaborati progettuali specifici.

In riferimento alle emissioni di polveri, l'impatto è legato ad un eventuale deposito sulla lamina fogliare delle piante (erbacee, arbustive ed arboree) poste nelle adiacenze delle aree di cantiere, che potrebbe contribuire a diminuire l'efficienza fotosintetica e l'evapotraspirazione inducendo fenomeni di stress vegetativo. Tale tipologia di impatto, legato alla produzione ed emissione di polveri dovuto alle attività ed alla viabilità di cantiere, è ritenuto non significativo in considerazione della collocazione delle aree di intervento, ubicate per lo più in ambito cittadino, pertanto già interessate da un'intensa attività di traffico veicolare.

In merito alla componente faunistica, l'area di studio risulta già allo stato attuale, per la presenza di attività umane, di viabilità e traffico ferroviario e veicolare, più facilmente frequentabile da specie generaliste non soggette a fattori di criticità e/o vulnerabilità e caratterizzate da una maggiore tollerabilità del disturbo antropico.

Per quanto sopra esposto si ritiene che l'impatto sulla componente faunistica in fase di cantiere sia da ritenersi non significativo e reversibile a breve termine.

#### 5.8.1.2 Fase di esercizio

Gli impatti sulla componente floristico-vegetazionale sono prevalentemente riconducibili agli abbattimenti di elementi arborei come meglio definito negli elaborati progettuali specifici del verde.

Dal punto di vista ecosistemico, gli impatti legati alla realizzazione della nuova linea tramviaria possono essere riconducibili alla frammentazione degli ecosistemi, alla modificazione della permeabilità faunistica ed alla riduzione della funzionalità ecologica del territorio circostante l'area di studio.

In riferimento alle specie presenti nell'area in esame si ritiene che l'area sia frequentata da specie prevalentemente sinantropiche tolleranti alla presenza dell'uomo e alle continue modificazioni del territorio, pertanto anche se il nuovo deposito secondario si insedia all'interno di un'area attualmente agricola, questa è comunque interclusa all'interno di un sistema infrastrutturale e

antropico già esistente. Si ritiene pertanto che l'impatto possa essere considerato non significativo.

### 5.8.2 MITIGAZIONI

#### 5.8.2.1 Fase di cantiere

Al fine di ridurre le emissioni polverulente che possano eventualmente interessare la flora, la vegetazione e la fauna esistenti durante le fasi di cantiere, si può fare riferimento alle modalità operative e accorgimenti già indicati per la componente atmosferica (eventuale bagnatura delle superfici di transito e dei materiali da movimentare, bassa velocità di transito dei mezzi d'opera, ecc.).

#### 5.8.2.2 Fase di esercizio

Il progetto delle opere a verde è stato sviluppato in conformità al Regolamento Edilizio e allegato Regolamento del verde pubblico e privato del Comune di Bologna, seguendo pertanto l'iter che conduce all'analisi su scala via via più dettagliata dell'intervento, a partire dall'inquadramento territoriale (analisi del contesto urbano, delle valenze ambientali, delle connessioni con il sistema del verde pubblico e privato, dei possibili collegamenti tra il verde esistente e di progetto), passando dalla valutazione della migliore disposizione spaziale delle diverse componenti, per giungere infine alla scelta della tipologia di verde più idonea per singola situazione ambientale.

La progettazione delle opere a verde ha seguito un approccio multidisciplinare, che ha messo a sistema aspetti paesaggistici, naturalistici, agronomici, ambientali ed idrogeologici, considerando l'inserimento della nuova infrastruttura tramviaria come un'opportunità di riqualificazione del verde urbano e periurbano per il miglioramento dei "servizi ecosistemici".

In conformità al DM 23/06/2022 la selezione delle specie arboree e arbustive ha tenuto conto di:

- specie vegetali autoctone e rustiche;
- tenendo in considerazione i prevedibili cambiamenti delle condizioni ambientali legate ai mutamenti climatici;
- che necessitano di bassa intensità di manutenzione, valutando opportunamente distanze e sesti di impianto;

- selezionando e attuando soluzioni tecniche che riducano il consumo della risorsa idrica e di sostanze chimiche,
- adottando soluzioni idonee all'ambiente, al paesaggio e alle risorse economiche disponibili per la manutenzione dell'opera progettata.

Si ritiene di riproporre le indicazioni dei CAM per gli interventi edilizi del 2017 ora sostituito dal nuovo Decreto del 2022 per la scelta delle piante:

- utilizzo di specie autoctone, privilegiando le specie vegetali che hanno strategie riproduttive prevalentemente entomofile;
- utilizzo di specie autoctone con pollini dal basso potere allergenico;
- nel caso di specie con polline allergenico da moderato a elevato, favorire le piante femminili o sterili;
- favorire le piante ad impollinazione entomofila, ovvero che producono piccole quantità di polline la cui dispersione è affidata agli insetti;
- evitare specie urticanti o spinose (es. *Gleditsia triacanthos* L. - Spino di Giuda, *Robinia pseudoacacia* L.- Falsa acacia, *Pyracantha* - Piracanto, *Elaeagnus angustifolia* L. - Olivagno) o tossiche (es. *Nerium oleander* L. - Oleandro, *Taxus baccata* L.- Tasso, *Laburnum anagyroides* Meddik- Maggiociondolo);
- utilizzare specie erbacee con apparato radicale profondo nei casi di stabilizzazione di aree verdi con elevata pendenza e soggette a smottamenti superficiali;
- non utilizzare specie arboree note per la fragilità dell'apparato radicale, del fusto o delle fronde che potrebbero causare danni in caso di eventi meteorici intensi.

Gli interventi mitigativi previsti hanno come obiettivo generale la riduzione al minimo dell'impatto generato dalle opere di progetto ed il loro corretto inserimento paesaggistico-ambientale nel contesto territoriale di riferimento.

#### Linee di indirizzo progettuali delle opere a verde

##### Interferenze con pavimentazioni

Si riportano le valutazioni progettuali circa lo sviluppo radicale atteso delle specie arboree di progetto e le possibili interferenze con le pavimentazioni, in considerazione dell'evidenza che la progettazione di un impianto arboreo in ambiente urbano richiede particolari attenzioni per consentire il successo della piantagione in un contesto normalmente difficile e per garantire la durabilità complessiva dell'opera.

Il sistema ipogeo necessita, infatti, di condizioni favorevoli allo sviluppo, contenendo le possibili interferenze con pavimentazioni, manufatti e sottoservizi.

La predisposizione di siti d'impianto idonei dal punto di vista dimensionale e dal punto di vista del substrato di coltivazione, sono premessa indispensabile per consentire il normale sviluppo dell'apparato radicale nelle varie fasi morfofisiologiche, contenendo le interferenze.

Vari studi hanno messo in evidenza come errori di progettazione favoriscano *"in ambito urbano la competizione tra le radici e le pavimentazioni, che si risolve spesso a favore delle prime e con danno delle seconde. La costruzione delle pavimentazioni richiede di compattare il suolo, e questo generalmente devia la crescita radicale. Tuttavia, spesso viene creato un piccolo dislivello tra questo suolo compattato e la pavimentazione realizzata; per la differenza di temperatura tra questi due materiali, alla base del gradino si raccoglie l'acqua di condensa del suolo, che scorre in superficie e si ferma contro la parete della pavimentazione. Acqua e ossigeno presenti in quel punto sono un'ottima opportunità di crescita e sviluppo per le radici, che inizialmente penetrano in quel punto, crescono in lunghezza e diametro esattamente sotto la superficie compatta, fino a sollevare il rivestimento presente, fenomeno che si osserva anche in presenza di quelle specie che generalmente non sviluppano radici superficiali. La soluzione migliore al problema del sollevamento della pavimentazione da parte delle radici va applicata al momento della realizzazione del manufatto"*<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Ricerca di Metodi e Sistemi per il Controllo dello Sviluppo delle Radici in Prossimità di Manufatti. Il gruppo di Lavoro: Unità Gestione Parco Nord - R.Gini, R.Zanata, F.Campana, R.Tucci, B.Selleri, M.Segabrugio Demetra soc.coop.soc.ONLUS: L.Bonomi, G.Villa, A.Caglio, C.Rancati, B.Angeloni - con la consulenza di: Dipartimento di Ortoflorofrutticoltura - Università di Firenze: Prof.Francesco Ferrini.

Le strategie progettuali si sono focalizzate su scelte combinate per limitare al massimo i fenomeni d'interferenza descritti, riassumibili nei seguenti punti:

- adeguata dimensione del sito d'impianto in relazione alla classe dimensionale dell'albero;
- adozione di adeguato substrato di coltivazione;
- scelta di adeguate tecniche costruttive per le pavimentazioni contermini;
- scelta di specie vegetali adatte;

Il dimensionamento delle aiuole d'impianto è stato effettuato con riferimento all'art. 46 Aree verdi e alberature del Regolamento Edilizio del Comune di Bologna.

È lampante che non sempre è facile operare in un contesto urbano dove gli alberi devono coesistere con una innumerevole serie di servizi.

Con possibilità di limitate deroghe, il progetto si è sviluppato nel tentativo di recuperare spazi già destinati alla sosta dei veicoli, favorendo le superfici permeabili come finitura nelle zone di interferenza con le radici <sup>5</sup>.

Il volume di terreno a disposizione delle radici è stato massimizzato, prestando attenzione anche alla qualità del topsoil alloctono che verrà introdotto. Si ritiene adeguato un terreno agrario di medio impasto eventualmente integrato con sostanza organica.

La creazione di uno strato "isolante" costituito da sabbia e pietrisco sotto la pavimentazione contiene significativamente il problema del sollevamento del manto stradale da parte delle radici degli alberi.

Ricerche effettuate su questo argomento ed esperienze dirette in Italia hanno fornito ottimi risultati anche su piante di oltre 30 anni di età, tanto che a distanza di diversi anni dall'intervento effettuato non sono evidenti segni sulla pavimentazione dovuti al sollevamento da parte delle radici degli alberi.

Si tratta, in sostanza, di creare uno strato "ostile" alla crescita radicale e non interferisce col

---

<sup>5</sup> Il Consiglio Regionale Toscana - deliberazione 18 luglio 2018, n. 72 - Piano Regionale della Qualità dell'Aria PRQA - linee guida per la messa a dimora di specifiche specie arboree per l'assorbimento di biossido di azoto, materiale particolato fine e ozono.

manto d'asfalto.

Consci che gli alberi avrebbero bisogno di un sito indisturbato per meglio esprimere le loro potenzialità, si sono suggerite, dove possibili, pavimentazioni filtranti e portanti allo stesso tempo, quali ad esempio gli auto bloccanti e i grigliati, con idoneo sistema portante e filtrante sottostante. Negli stalli dei parcheggi la scelta progettuale in sostituzione dell'asfalto dell'uso di autobloccanti costituisce un ulteriore elemento a favore dell'approfondimento radicale.

Lo stesso principio vale anche per il rifacimento di pavimentazioni in corrispondenza di alberi già nell'area di cantiere, ovvero nei tratti viari lungo la linea tranviaria.

È doveroso sottolineare che l'apporto di materiale inerte come ghiaia, sabbia o pietrisco non arreca alcun danno alle radici delle piante e che le eventuali lesioni causate dalla rimozione della pavimentazione stessa non hanno riflessi importanti sulla fisiologia della pianta.

In tutti i casi bisognerà limitare al minimo ogni taglio e rimozione di porzioni radicali ed i tagli dovranno essere effettuati mediante opportuni utensili (trance e cesoie da potatura) cercando di ottenere tagli netti con superficie esposta la più ridotta possibile.

In nessun caso dovrà essere usato per il taglio delle radici la benna o altro organo di escavatori o altre macchine da scavo e bisognerà trattare le superfici di taglio ed il terreno di radicazione mediante prodotti fungo antagonisti specifici (tipo Biochem RADIX).

Non da ultimo, la scelta della specie arborea ha escluso quelle piante con sistemi radicali particolarmente invasivi ed aggressivi, quali la romiglia o il pino domestico.

Nella fase giovanile sappiamo che lo sviluppo morfofisiologico degli alberi si esprime, con accentuazioni diverse, con un sistema fittonante, che nella fase di maturità cede la funzione ad un sistema radicale fascicolato.

In alcune specie, che si è cercato di escludere, questo sistema radicale della maturità si esprime con poderose radici superficiali, ben alimentate grazie a efficienti colonne cambiali, che possono anche danneggiare manufatti e pavimentazioni.

#### Interferenze con illuminazione pubblica/pali trazione elettrica

La collocazione di nuove alberature deve avvenire nel rispetto dell'art. 18 c.4 lett. c) del

Regolamento del Verde pubblico e privato del Comune di Bologna di seguito riportato: *“distanze da utenze aeree - la messa a dimora di nuovi alberi in prossimità di utenze aeree di telecomunicazione e/o elettriche presenti in ambiente urbano dovrà essere eseguita a distanza di sicurezza in conformità alla normativa vigente.”*

Come per i sistemi radicali, anche per le chiome sono frequenti le possibilità di interferenza con manufatti e servizi fuori terra, quali la pubblica illuminazione. Nel progetto della tranvia è stato verificato, inoltre, il posizionamento reciproco di alberi e nuovi pali della trazione elettrica per contenere la massimo le interferenze. Infatti, un posizionamento di un albero a chioma espansa in prossimità di un corpo illuminante/palo della trazione costringerà a pianificare periodiche potature di contenimento, con elevati costi per la collettività.

Si è mantenuta la distanza minima di 3 m fra pali della trazione elettrica e tronco delle nuove alberature varie.

La regolare cadenza ritmica dei filari arborei in alcuni casi ha dovuto prevedere delle fallanze, non essendo possibile limitare l'interferenza con i punti luce/pali della trazione necessari nella posizione per soddisfare le esigenze illuminotecniche e di esercizio della tranvia.

#### Specie arboree in relazione all'allergenicità ed alla modalità di impollinazione

Prioritariamente si è fatto ricorso a specie a bassa allergenicità, con qualche eccezione per la moderata allergenicità, per soddisfare ulteriori esigenze progettuali ed incrementare la biodiversità nel contesto urbano. Tuttavia, tali specie rappresentano una minoranza numerica nell'ambito della scelta floristica e trovano una localizzazione variamente distribuita sul territorio, evitando concentrazioni in determinate zone.

Come emerge dalla tabella di seguito riportata la maggior parte delle specie arboree inserite nel progetto sono a bassa o nulla azione allergizzante. La presenza di alcune specie a media azione è giustificata dalla necessità di soddisfare altri obiettivi ecologico-paesaggistici. Dal punto di vista numerico sono decisamente una percentuale ridotta e variamente distribuite sul territorio. Si ritiene tale scelta compatibile in ragione anche delle indicazioni di alcuni autori che ritengono di

poter utilizzare tali specie “solo in basse percentuali e a condizione che vengano mescolate ad altre specie che non presentano tale disservizio”.<sup>6</sup>

NOME LATINO	GRADO ALLERGENICITÀ DEL POLLINE	IMPOLLINAZIONE
<i>Acer campestre</i>	basso	entomofila
<i>Acer platanoides</i>	basso	entomofila
<i>Acer platanoides Columnare</i>	basso	entomofila
<i>Acer platanoides Globosum</i>	basso	entomofila
<i>Acer platanoides Royal Red</i>	basso	entomofila
<i>Acer rubrum</i>	basso	dioica
<i>Aesculus hippocastanum</i>	basso	entomofila
<i>Carpinus betulus</i>	moderato	anemofila
<i>Celtis australis</i>	basso	anemofila
<i>Cercis siliquastrum</i>	Non valutabile	entomofila
<i>Diospyros kaki</i>	Non valutabile	Entomofila
<i>Fraxinus excelsior</i>	moderato	anemofila
<i>Ginkgo biloba</i>	basso	Dioica (coltivato maschile)
<i>Koelreuteria paniculata</i>	Non valutabile	entomofila
<i>Laburnum anagyroides</i>	Non valutabile	entomofila
<i>Laurus nobilis</i>	Non valutabile	Dioica- entomofila/anemofila
<i>Liriodendron tulipifera</i>	Non valutabile	entomofila
<i>Liriodendron tulipifera fastigiata</i>	Non valutabile	entomofila
<i>Morus platanifolia</i> “Fruitless”	Nulla	Varietà sterile
<i>Morus spp.</i>	Moderato	Anemofila
<i>Paulownia imperialis</i>	Non valutabile	Entomofila
<i>Platanus acerifolia</i>	basso	anemofila
<i>Populus nigra</i> “Italica”	nulla	Dioica (coltivato maschile)
<i>Prunus avium</i>	Non valutabile	Entomofila
<i>Prunus cerasifera</i> ‘Pissardii’	Non valutabile	entomofila
<i>Prunus serrulata</i>	Non valutabile	entomofila
<i>Prunus virginiana Shubert</i>	Non valutabile	Entomofila
<i>Pyrus calleryana</i>	Non valutabile	Entomofila
<i>Punica granatum</i>	Non valutabile	Entomofila
<i>Quercus ilex</i>	moderato	anemofila
<i>Quercus robur</i>	basso	anemofila
<i>Quercus robur</i> “Fastigiata”	basso	anemofila
<i>Sophora japonica</i>	Non valutabile	Entomofila
<i>Tamarix spp.</i>	basso	entomofila
<i>Tilia cordata</i>	moderato	entomofila
<i>Ulmus</i> “Plinio”	basso	Anemofila
<i>Ulmus pumila</i>	basso	Anemofila
<i>Ulmus campestris/minor</i>	basso	Anemofila

<sup>6</sup> P.Mori, F.Salbitano, G.Vacchiani 20.. Mettiamo Radici al Futuro- Regione Emilia Romagna

NOME LATINO	GRADO ALLERGENICITÀ DEL POLLINE	IMPOLLINAZIONE
<i>Zelkova serrata</i>	basso	anemofila

Tabella 5-1 – Specie arboree di progetto – allergenicità e impollinazione entomofila

Si tratta di specie appartenenti prevalentemente alla compagine delle specie autoctone, con alcune eccezioni. La scelta è stata operata, come già dichiarato, anche per soddisfare gli aspetti ecologici, paesaggistici e non da ultimo per le prestazioni ambientali che sono in grado di fornire.

I pollini presenti nell'atmosfera rappresentano l'elemento maschile (gametofito maschile) per la riproduzione delle piante a seme. Quando il polline è maturo viene liberato per l'impollinazione e può raggiungere la parte femminile del fiore trasportato dal vento (piante anemofile) o attraverso gli insetti (piante entomofile), l'acqua, gli uccelli e altri animali.

I pollini che possono provocare allergie in generale hanno alcune caratteristiche:

- appartenere a piante anemofile, che producono pollini in grande quantità e di dimensioni estremamente ridotte per poter essere trasportate dal vento;
- contenere componenti allergeniche che stimolano il sistema immunitario del soggetto allergico geneticamente predisposto a produrre anticorpi specifici;
- essere prodotto in grande quantità da piante assai diffuse sul territorio ed essere piccolo e leggero per essere trasportato dal vento a grande distanza.

Sulle pareti dei granuli pollinici sono presenti numerose cellule proteiche che consentono il riconoscimento del granulo dalla parte femminile del fiore. Queste stesse proteine sono le responsabili delle reazioni allergiche nei soggetti sensibili geneticamente predisposti, agiscono cioè come antigeni, ovvero stimolando il sistema immunitario a produrre anticorpi (IgE). Quando anticorpi ed antigeni si incontrano, vengono prodotti mediatori chimici, tra cui l'istamina, che innescano il processo infiammatorio alla base dei sintomi allergici (rinite, congiuntivite, asma etc.).

La concentrazione dei vari tipi di polline nell'atmosfera dipende soprattutto dalla presenza e diffusione delle piante sul territorio, nonché da alcuni parametri ambientali come il vento, l'umidità, la temperatura e la turbolenza atmosferica.

Il grado di allergenicità del polline o potere allergenico, ovvero la capacità del granulo pollinico di indurre reazioni allergiche, è stato valutato per molte specie arboree, arbustive o erbacee in numerosi studi. Molte di queste conoscenze sono state utilizzate dall'ARPA Emilia Romagna nella preparazione delle schede botaniche dove il grado di allergenicità è distinto in quattro gradi: basso, moderato, alto ed elevato.

La maggiore presenza in zone urbane, rispetto a quelle rurali, di inquinanti atmosferici che si depositano sul polline e vengono trasportati insieme ad esso, può aumentare il potere allergenico del polline e la sensibilizzazione della popolazione ai pollini.<sup>7</sup>

La selezione delle specie per il progetto ha previsto la selezione delle specie in conformità all'art.21 c.1 lett. c) del Regolamento del Verde pubblico e privato del Comune di Bologna: *"in contesti tipicamente urbani si consiglia di prevedere specie con buone capacità di assorbimento di inquinanti gassosi e di trattenimento delle polveri sottili; è opportuno inoltre considerare, in base al contesto, la capacità di resistere allo stress idrico e la allergenicità. Per alcune specie tali caratteristiche sono riportate in Allegato 3."*

I principali riferimenti bibliografici per la selezione di specie non allergizzanti sono stati i seguenti:

- ARPAE Emilia Romagna – schede botaniche;
- Linee Guida "Piante, polline ed allergie" del progetto QUALIVIVA dell'Associazione vivasisti Italiani finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali;
- Linee guida di forestazione urbana sostenibile per Roma capitale, ISPRA 2015;
- Associazione Italiana di aerobiologia (<https://www.allergologico.it/piante/allergenicita-piante.html>);

---

<sup>7</sup> Linee guida di forestazione urbana sostenibile per Roma capitale, ISPRA 2015 - Elaborazione ISPRA su dati ARPA EMR – Servizio idrometeorologia

- Allegato 3 del Regolamento del Verde pubblico e privato del Comune di Bologna.

Specie con funzione di assorbimento delle sostanze inquinanti in atmosfera e di regolazione del microclima



Figura 5-5 – Benefici delle alberature (fonte: REBUS – Renovation of Public building and urban spaces)

La creazione di una “foresta urbana diffusa” è una delle misure previste per contrastare i cambiamenti climatici. Gli alberi sono, infatti, dei grandi magazzini in cui si accumula naturalmente carbonio. Un aspetto fondamentale per la fissazione del carbonio in ambiente urbano è quindi la scelta di specie che siano idonee ad espletare tale funzione oltre che adatte alle condizioni ambientali del sito in cui saranno messe a dimora.

Per massimizzare la fissazione di carbonio si sono adottati i seguenti criteri:

- privilegiare specie longeve;
- privilegiare specie che a maturità possono grandi dimensioni;
- privilegiare specie che siano resistenti alle malattie e, in ambito urbano, agli stress legati all'inquinamento;
- scegliere specie con ridotte esigenze di manutenzione e che richiedono minimi interventi di potatura, offrendo loro adeguati spazi per la crescita e lo sviluppo;

Alcune specie da utilizzare per massimizzare il ruolo di assimilazione della CO<sub>2</sub> sono:

- tigli (*Tilia cordata*, *T. platyphyllos*, *T. x vulgaris*), specie generalmente di grandi dimensioni e longeve. Soprattutto il tiglio nostrano (*T. platyphyllos*) è ampiamente utilizzato nelle alberate stradali, in quanto oltre ad essere esteticamente gradevole, ha fiori molto profumati;
- aceri (*Acer campestre*, e *A. platanoides*), in virtù della loro velocità di accrescimento, soprattutto l'acero riccio (*A. platanoides*), mentre *A. campestre* risulta più rustico ed adattato alle condizioni locali e anche per interventi in condizioni pioniere e degradate.

In riferimento al microclima urbano, il coefficiente di ombreggiamento rappresenta un importante parametro di riferimento nella progettazione degli spazi verdi fruibili: la forma delle foglie, la loro dimensione e densità determinano la tipologia di ombra proiettata dalle alberature.

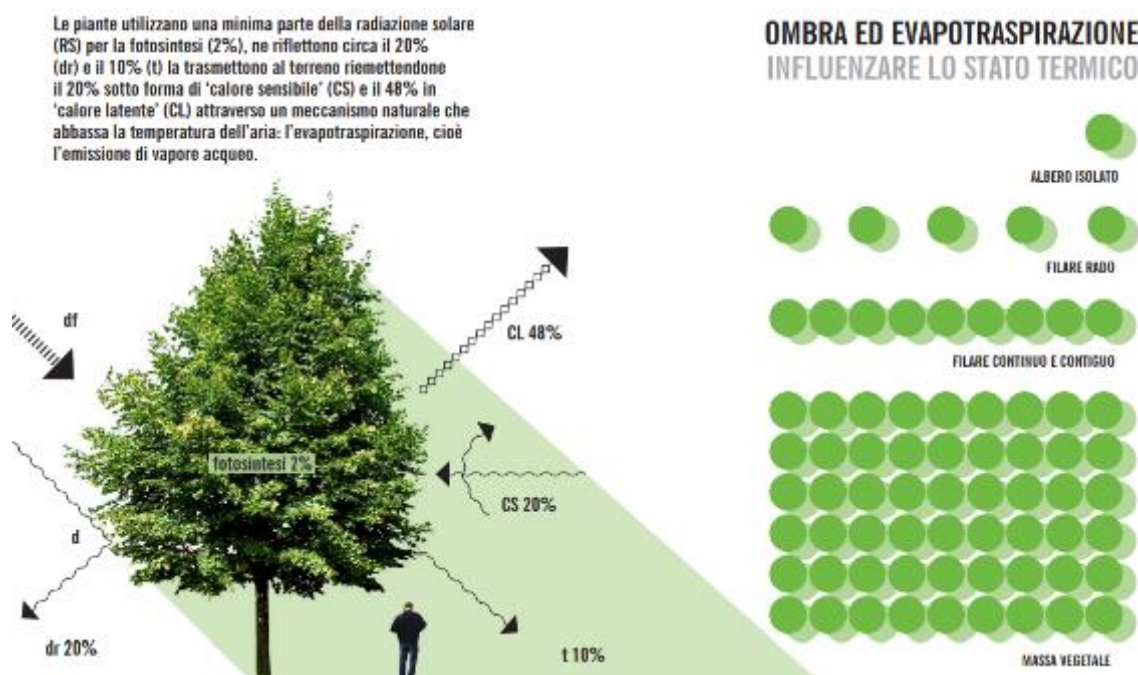


Figura 5-6 – Ombra ed evapotraspirazione nelle alberature per l'influenza del microclima urbano (fonte: Guide interdisciplinari REBUS – Rigenerare la città con la natura – Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, AA.VV, 2017)

Nelle strutture urbane, in condizioni di assenza di vento, l'isola di calore dell'edificio determina una brezza esterno-interno che concentra l'inquinamento, mentre la presenza di aree verdi, in particolare quelle di dimensioni rilevanti, puliscono e abbassano la temperatura dell'aria determinando brezze che vanno dal verde al costruito.

Anche in riferimento all'abbattimento dell'inquinamento atmosferico, alcune peculiarità rendono delle specie più efficaci di altre. Una di queste è rappresentata dalle caratteristiche morfo-anatomiche delle foglie: superficie fogliare, dimensione e forma delle foglie e della chioma, densità e morfologia degli stomi, spessore e struttura della cuticola, persistenza, etc. Inoltre, in relazione alle polveri sottili, la maggiore/minore capacità di cattura risulta legata alla rugosità della superficie fogliare e alla presenza di rivestimenti cerosi, di peli e altre strutture epicuticolari della foglia.

Gli studi condotti dimostrano come mediamente gli alberi siano più efficienti nella cattura delle polveri rispetto agli arbusti, vista la loro maggiore superficie fogliare disponibile e la struttura della chioma più articolata e complessa. In relazione alla cattura della CO<sub>2</sub> è fondamentale, per la buona riuscita dell'intervento che le specie siano innanzitutto appropriate all'ambiente che caratterizza il sito di impianto.

Vengono qui di seguito riportati alcuni criteri generali presi in considerazione per la scelta delle specie utili per realizzare fasce verdi in grado di contribuire all'intercettazione degli inquinanti atmosferici e alla mitigazione dell'inquinamento acustico. I criteri riportati sono anche validi per la realizzazione di un sistema verde più esteso e complesso, seppur con alcune limitazioni.

In particolare, si sono adottati i seguenti criteri:

- privilegiare specie arboree con chiome ampie e alte, meglio se caratterizzate da un fitto sistema di ramificazione;
- privilegiare specie longeve e resistenti alle malattie e all'inquinamento atmosferico delle città;
- scegliere specie con ridotte esigenze di manutenzione, così da ridurre i costi di gestione e di intervento;
- favorire, per quanto possibile, specie sempreverdi;
- privilegiare specie basse emettitrici di COV quali ad esempio aceri e tigli;

Quali riferimenti bibliografici si sono utilizzate le schede fornite dall'Istituto di Biometeorologia IBIMET del CNR "Forestazione urbana: criteri per la selezione di specie arboree e arbustive destinate alla mitigazione ambientale" e il **progetto BENEFITS** - fogli di calcolo per la valutazione dei benefici dell'infrastruttura verde.

### Sistema di irrigazione

Nel progetto non sono previsti impianti di irrigazione con la tecnica ad aspersione, ma solamente impianti a goccia, che garantiscono una maggiore efficienza nell'utilizzo della risorsa idrica.

Si è optato per un sistema di irrigazione che soddisfi i fabbisogni idrici delle superfici tappezzate, realizzate in prevalenza con erbacee perenni a bassa esigenza idrica, e degli impianti arborei per i primi anni dalla messa a dimora. Per le varie aree verdi saranno predisposti stacchi dalla rete pubblica.

I vantaggi di questo sistema sono molteplici tra cui i principali risultano essere:

- l'elevata uniformità di distribuzione dell'acqua grazie all'utilizzo nelle ali di gocciolatori autocompensanti;
- i ridotti fenomeni di erosione e dilavamento;
- la possibilità di irrigare aree con le più svariate forme e dimensioni;
- la scarsa esposizione agli atti di vandalismo, problema particolarmente sentito nei parchi e giardini pubblici, essendo l'intero sistema interrato;
- l'elevata flessibilità nella programmazione delle ore di irrigazione. L'irrigazione non limita assolutamente l'uso e il godimento delle aree verdi mentre è in atto potendo, in questo modo, programmare anche dei cicli diurni d'irrigazione;
- possibilità di irrigare ampie superfici in una sola volta in quanto si utilizzano basse pressioni e portate e tubi relativamente piccoli;
- riduzione delle malattie della pianta in quanto l'acqua viene erogata direttamente alle radici della pianta e non alle foglie o ai fiori;
- riduzione del dispendio energetico con stazioni di pompaggio di minore potenza data la minore portata dell'impianto.

*Scelte florovivaistiche: resistenza alle fitopatologie e assenza di effetti nocivi per la salute umana*

Come descritto in precedenza, la progettazione di un sistema verde urbano richiede molteplici valutazioni nella selezione delle specie: specie prevalentemente autoctone, specie ad elevata prestazione ambientale, specie a valenza storico-paesaggistica e specie, varietà e cloni resistenti a particolari patologie.

Le normative vigenti (D.Lgs 150/2012, PAN in regime di prorogatio, Criteri di rischio Ministero Transizione Ecologica nell'uso di prodotti fitosanitari in ambito urbano) sono stati il riferimento nelle scelte progettuali per prefigurare una strategia di difesa e, in buona sostanza, la durabilità all'investimento pubblico.

Le specie proposte nel progetto non hanno particolari sensibilità a patologie di origine crittogamica e entomologia. La scelta di diversificare le specie è nata anche dall'obiettivo di ridurre i rischi di possibili danni per patologie. Nell'ambito del programma di manutenzione il Comune potrà prevedere azioni di controllo per eventi eccezionali con metodi sostenibili con il contesto urbano.

Per evitare o contenere forme patologiche tipiche di alcune specie o effetti indesiderati negli spazi ad elevata fruizione, sono individuate specie resistenti o tolleranti a particolari patologie oppure con caratteristiche utili:

- Olmo: utilizzo di varietà resistenti alla Graffiosi: Ulmus "Plinio" o Ulmus "San Zenobi",
- Platano: utilizzo di varietà resistenti al Cancro colorato: Platanus platanor "Vallis Clausa",
- Tiglio: Utilizzo di varietà non pollonifere: Tilia cordata "Green Spire",
- Gelso: utilizzo di varietà sterili per evitare frutti a terra: Morus platanifolia "Fruitless".

*Utilizzo di specie non urticanti o spinose*

Nel progetto non sono previste specie urticanti, quali *Gleditsia triacanthos* L. - Spino di Giuda, *Robinia pseudoacacia* L. - Falsa acacia, *Pyracantha* - Piracanto, *Elaeagnus angustifolia* L. - Olivagno o tossiche (es. *Nerium oleander* L. - Oleandro, *Taxus baccata* L. - Tasso, *Laburnum anagyroides* Meddik- Maggiociondolo.

Specie arboree con resistenza dell'apparato radicale, del fusto o delle fronde in caso di eventi meteorici

È noto che le piante sono esseri viventi che, per cause diverse ed in particolari condizioni ambientali, possono cadere a terra e provocare gravi danni a cose e persone. La corretta scelta e gestione delle alberature da un lato deve massimizzare la sicurezza dei luoghi in cui esse si trovano e dall'altro assicurarne la perpetuazione con le cure più appropriate.<sup>8</sup>

Nelle scelte progettuali delle opere a verde sono state escluse specie arboree note per la fragilità dell'apparato radicale, del fusto o delle fronde che potrebbero causare danni in caso di eventi meteorici intensi.

Alcuni alberi hanno rami che oppongono una resistenza relativamente modesta ai fenomeni meteorici estremi, come ad esempio venti di forte intensità e/o nevicate pesanti: i rami di queste specie, come ad esempio il pino domestico (*Pinus pinea* L.), alcuni pioppi (*Populus spp.*) o salici (*Salix spp.*), possono spezzarsi improvvisamente durante un evento meteorico estremo e cadere sopra auto o persone. Sono, pertanto, state escluse tali specie ed altre similari nella proposta progettuale.

Dall'esperienza pregressa di schianti e danni provocati dalle alberate nelle città è possibile, per ogni ambiente, dedurre un grado diverso di pericolosità per le diverse specie arboree, ma non solo per queste.

In alcuni casi esistono interferenze dovute alle caratteristiche di un singolo parco dislocato su un terreno strutturalmente non adatto ad ospitare alberi di grandi dimensioni.

Ciò aumenta fortemente la pericolosità di alcuni o di tutti i soggetti arborei presenti nel in aree verdi e viali alberati. Sono fattori di pericolo anche i danneggiamenti occulti come gli scavi in prossimità delle radici.

Anche la gestione delle chiome è fondamentale per assicurare la stabilità degli alberi alle sollecitazioni del vento: garantire un'integrità strutturale, senza sconvolgere l'architettura tipica

---

<sup>8</sup> Linee guida per la gestione dei patrimoni arborei pubblici nell'ottica del Risk Management, Associazione Italiana Direttori e Tecnici Pubblici Giardini, 2015

con potature insensate, consente all'albero di meglio rispondere agli eventi eccezionali. Per tali ragioni è fondamentale l'applicazione del regolamento del verde nel limitare danni agli alberi e conseguenti danni in caso di cadute.

Lo sforzo progettuale ha cercato di impostare degli impianti arborei con dei requisiti minimi atti a garantire la stabilità nel tempo: specie adatte per capacità di crescita e dimensione massima raggiungibile, sesti d'impianto adeguati a una crescita in forma libera o semilibera, volumi di terreno adeguati al regolare sviluppo degli ancoraggi, specie rustiche resistenti o poco sensibili ai patogeni.

In alcuni contesti limitati si è fatto ricorso anche ad alcune specie che notoriamente hanno del legno non particolarmente resistente (ad. es. Pioppo cipressino).

In tali casi vale la norma suddetta che una valorizza la riposta biomeccanica delle chiome integre rispetto a chiome maltrattate da ripetute capitozzature. È, altresì, evidente la forma della chioma fastigiata riduce gli effetti dei forti venti rispetto ad alberi a chioma espansa.

### Descrizione delle opere a verde

#### Boschi urbani a nord e sud di Via Bentini

Il progetto proposto prevede la realizzazione di aree boscate e di prati aridi con incremento della naturalità e della biodiversità delle aree oggetto di richiesta, collocate nell'area nord -ovest del percorso.

Le due zone destinate sono caratterizzate da formazioni vegetali come di seguito elencato:

- bosco querce-carpineto;
- bosco querce-olmeto;

come individuati negli elaborati: B381C-D-X00-V00-URB-DG-01-A – Tipologici sistemazione a verde.

Per favorire la gestione, soprattutto in fase iniziale, si è definito un impianto arboreo interspecifico che, pur non assumendo la formale definizione forestale di “bosco” produrrà effetti ecosistemici significativi, caratterizzandosi come bosco urbano.

Dal punto di vista paesaggistico, la differenziazione e l’aspetto naturaliforme garantiranno, inoltre, sin dai primi anni un impatto visivo gradevole.

Il corredo vegetazionale del progetto per il bosco a nord di via Bentini valorizza, altresì, le aree destinate a possibile laminazione delle acque del limitrofo torrente Navile, creando dei sistemi affini degli ambienti umidi, con incremento della biodiversità. (querco-olmeto).

Il tipo di specie arboreo-arbustive presenti entro una zona boscata può profondamente influenzare il numero di specie animali in esso presenti

A corredo della zona boscata le strutture verdi lineari (filari e siepi) completeranno il progetto raccordando soprattutto i margini nord ed ovest.

I nuovi boschi verranno realizzati in un’area di:

- Bosco a nord di via Bentini: 3122 mq oltre a 4923 mq di radure;
- Bosco a sud di via Bentini: 8739 mq oltre a 8996 mq di radure.

Il progetto prevede di inserire popolamenti polispecifici, costituiti da consociazioni di specie arboree variamente strutturate e articolate in relazione alle caratteristiche stazionali e delle peculiarità del terreno che contraddistingue il sito d’impianto.

Tra le specie arboree vanno menzionati gli ontani, i frassini, le querce, gli aceri, i sorbi, gli olmi, i ciliegi.

Tutto il materiale vegetale utilizzato sarà conforme al decreto legislativo 10 novembre 2003, n. 386 (Attuazione della direttiva 1999/105/CE relativa alla commercializzazione dei materiali forestali di moltiplicazione) e al D. Lgs 19 del 2/2/2021 (Norme per la protezione delle piante dagli organismi nocivi in attuazione dell'articolo 11 della legge 4 ottobre 2019, n. 117, per l'adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) 2016/2031 e del

regolamento (UE) 2017/625. (21G00021), nonché corredato, nei casi previsti dalla predetta normativa, da:

- a) certificato principale di identità, ai sensi dell'articolo 6, del d.lgs. 386/2003;
- b) passaporto delle piante dell'Unione europea sullo stato fitosanitario del materiale di propagazione.

Si descrivono di seguito le strutture verdi definite dal progetto definitivo in grado di valorizzare le peculiarità del sito.

Bosco tipo “querco-carpineto” si colloca a sud di Via Bentini.

Nella zona a nord, invece, ove ci sarà la possibilità di allagamenti occasionali per la laminazione delle acque meteoriche e per l'esondazione del torrente Navile la composizione vegetale darà la priorità a specie adatte alla maggiore umidità del terreno e tolleranti la periodica sommersione optando per un “querco-olmeto”.

Per quanto riguarda il sesto d'impianto si è optato per una maglia di 5 m x 5 m, pari ad una densità teorica di 400 piante ad ettaro.

#### Rain garden – canali vegetati

La gestione del drenaggio urbano fa parte di un approccio integrato che vuole contribuire a mitigare gli effetti dei cambiamenti in corso.

I rain garden (o semplicemente canali vegetati rappresentano avvallamenti o depressioni appositamente posizionate e dimensionate per raccogliere l'acqua di ruscellamento, ossia l'acqua che viene raccolta da tetti, strade, marciapiedi e altre superfici urbane impermeabili o semipermeabili.

Questo avvallamento, permette un parziale o totale smaltimento dell'acqua in un sistema di drenaggio sotterraneo, o semplicemente di laminare il deflusso.

Nello specifico si è ritenuto rivestire le sponde degli invasi con specie igrofile per permette di filtrare sostanze inquinanti, portate dal deflusso delle acque.

### Prati

In corrispondenza di tutte le superfici “naturalistiche” è prevista la costituzione di un prato formato da miscugli di essenze erbacee frugali e xerotolleranti in considerazione delle sfavorevoli condizioni di stabilità e di aridità costituzionale del substrato su cui si andrà ad operare.

Il miscuglio di sementi avrà una buona percentuale di graminacee e di leguminose, nonché percentuali variabili di altre famiglie quali Composite, Ombrellifere e Cariofillacee capaci di adattarsi anche ai suoli di difficile bilancio idrotrofico. La tecnica prevista per la costituzione di prati piani o leggermente inclinati, dove è previsto un uso intenso, è quella tradizionale con lavorazione del terreno e semina manuale o meccanica.

Per le radure, invece, si opterà per la formazione di prati fioriti che assommano la loro valenza paesaggistica a quella ecologica, nonché il contenimento dei costi di gestione, con le seguenti caratteristiche:

- mix con elevato contenuto specie spontanee perenni, più alcune annuali;
- Valorizzazione di aree marginali con bassissima manutenzione a scopo ornamentale e paesaggistico;
- massimo effetto di prato spontaneo dalla ricca e variegata fioritura;
- elevate rusticità e valore ecologico, associate ad un interessante risultato estetico, variabile con le stagioni.

### Prati ornamentali a bassa esigenza

Il tappeto erboso negli ultimi anni sta sensibilmente ampliando il proprio campo d'impiego, spaziando dal primo punto d'interesse, vale a dire l'uso ornamentale e sportivo, verso altri settori importanti definiti come inerbimenti tecnici (consolidamento scarpate, bonifica di ampie aree

prima dismesse, miglioramento gestionale aree agricole, ecc.). Tutti gli inerbimenti offrono provati vantaggi ambientali, ma non tutte le specie graminacee si comportano allo stesso modo.

Un inerbimento a bassa esigenza idrica e manutentiva deve necessariamente assicurare la copertura completa e uniforme dell'area, il mantenimento negli anni di determinate caratteristiche qualitative, ma soprattutto deve crescere poco, avere minime necessità nutrizionali, essere resistente alle fitopatologie ed avere contenute necessità idriche.

Sono previste fondamentalmente specie graminacee microterme che permettono una più vasta fruizione dell'area dal punto di vista sia spaziale, sia temporale.

Particolare attenzione alla bassa esigenza manutentiva, che pur trattandosi di un concetto di tipo soggettivo, può essere generalizzato a un tipo di prodotto che comporti minime spese d'investimento e di mantenimento (sia come prodotti che come operazioni necessarie per la conservazione del sistema).

Tralasciando volutamente il settore delle leguminose, tra le specie graminacee l'interesse verso questo tipo d'impiego risulta essere rivolto sostanzialmente verso la *Festuca arundinacea*, e il gruppo delle Festuche cosiddette a foglie fini (*Festuca rubra sub. Rubra*, *Festuca rubra sub. Trichophylla*, *Festuca rubra sub. Commutata*, *Festuca ovina*, *Festuca ovina duriuscula*)

Per un impiego tipo parco pubblico possono essere considerati 6 tagli/anno, mentre per un inerbimento di tipo tecnico 3 tagli/anno è la giusta quota d'intervento.

Interessante, sia per gli aspetti estetici, sia per quelli ecologici, l'applicazione della tecnica del mulching che consente a parità di costi di effettuare un numero di tagli superiore nella stagione vegetativa.

*Festuche arundinacee* possono essere miscelate con altre graminacee microterme per compensare le prestazioni nelle varie stagioni.

L'accorgimento per la creazione di tali miscele è quello di non scendere al di sotto di valori del 70% in peso di presenza di *Festuca arundinacea*.

*Prati estensivi delle radure e dei boschi urbani*

In corrispondenza di tutte le superfici “naturalistiche” è prevista la costituzione di un prato formato da miscugli di essenze erbacee frugali e xerotolleranti in considerazione delle sfavorevoli condizioni di stabilità e di aridità costituzionale del substrato su cui si andrà ad operare.

Il miscuglio di sementi avrà una buona percentuale di graminacee e di leguminose, nonché percentuali variabili di altre famiglie quali Composite, Ombrellifere e Cariofillacee capaci di adattarsi anche ai suoli di difficile bilancio idrotrofico. La tecnica prevista per la costituzione di prati piani o leggermente inclinati, dove è previsto un uso intenso, è quella tradizionale con lavorazione del terreno e semina manuale o meccanica.

Per le radure, invece, si opterà per la formazione di prati rustici che assommano la loro valenza paesaggistica a quella ecologica, nonché il contenimento dei costi di gestione, con le seguenti caratteristiche:

- mix con elevato contenuto specie spontanee perenni, più alcune annuali;
- valorizzazione di aree marginali con bassissima manutenzione a scopo ornamentale e paesaggistico;
- massimo effetto di prato simil-spontaneo dalla ricca e variegata composizione floristica;
- elevata rusticità e valore ecologico tipico dei prati magri.

Per le aree di tipo naturalistico si opta verso un prato polifita rustico con le seguenti caratteristiche:

- composizione: 20% Lolium perenne 15% Agropyrum elongatum 20% Festuca arundinacea 10% Dactylis glomerata 15% Festuca rubra rubra 5% Lotus corniculatus 5% Trifolium subterraneum 5% Melilotus officinalis 5% Onobrychis viciaefolia,
- dose di semina: 25-30 g/mq,
- epoca di semina: Primavera e autunno,
- manutenzione: 3-4 tagli annuali anche con tecnica del mulching.

#### Alberate stradali

L'inserimento e il completamento dei filari alberati lungo la viabilità interessata dal progetto dalla linea tranviaria hanno seguito i criteri paesaggistici ed ecologici propri della progettazione urbana. Le scelte hanno tenuto conto degli spazi disponibili per lo sviluppo radicale e delle chiome, nonché delle prescrizioni in materia di distanziamento dalla linea tranviaria stessa e dagli impianti elettrici di supporto.

Il filare arboreo inserito nel contesto urbano assume un ruolo fondamentale nell'aspetto paesaggistico, diventando un tratto caratteristico ed irrinunciabile delle città moderne.

L'accostamento di un filare alberato in corrispondenza del percorso di un mezzo pubblico di nuova generazione, inoltre, caratterizza paesaggisticamente le tratte, conferendo un carattere moderno e dinamico alla tramvia.

#### Aiuole e rotatorie stradali

Si intendono valorizzare anche le superfici verdi lungo la tramvia. Elemento distintivo sarà la composizione secondo forme semplici e riconoscibili che nell'alternanza di superfici a prato e superfici con erbacee perenni conferiranno una variabilità di paesaggi.

#### Parcheggi pubblici

Il progetto del verde in corrispondenza delle aree a parcheggio è stato sviluppato in un'ottica di applicazione dei principi di sostenibilità (drenaggio urbano sostenibile, qualità degli spazi pubblici, miglioramento del microclima urbano) definendo:

- specie idonee al contesto urbano;
- adeguati spazi per le alberature;
- miglioramento della qualità urbana dei parcheggi;
- criteri gestionali semplici.

Anche per i parcheggi principali, oltre agli inerbimenti, si propone di inserire erbacee perenni in grado di soddisfare gli obiettivi sopra esposti. Le tecniche costruttive, oltre a soddisfare un pronto risultato, assicureranno una semplicità ed economicità di gestione grazie alla predisposizione di teli pacciamanti ecologici e un sistema di irrigazione a goccia.



*Figura 5-7 –Effetto esemplificativo dell’uso di erbacee perenni in aiuole stradali (fonte: Linee guida sull’adozione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile per una città più resiliente ai cambiamenti climatici – 2018 – Comune di Bologna)*

### Armamento permeabile

Si vuole anticipare il rinverdimento dell’armamento permeabile della tranvia utilizzando specie erbacee rustiche precoltivate con l’obiettivo di ricreare quanto naturalmente si creerebbe con vegetazione erbacea rustica dando l’effetto paesaggistico di un corridoio verde. Lungo la linea vengono previsti 3.620 mq di armamento permeabile.

### Tutela degli alberi

Il progetto esecutivo definirà i criteri per la tutela degli alberi da conservare ed interferenti con il cantiere. Verranno attuate le disposizioni previste dal Regolamento del verde, art. 7-8.

Sono stati individuati una serie di alberi che risultano incompatibili con la realizzazione delle strutture tramviarie, per interferenza diretta con l’opera in senso stretto e con la cantierizzazione necessaria.

Per interventi su platano si osserveranno le norme previste dalle disposizioni per la lotta obbligatoria contro il “Cancro colorato del Platano”.

In via Ferrarese è presente un doppio filare arboreo di platano (n.23 alberi) allevato in forma semilibera. La formazione lineare è rappresentata soprattutto da alcuni alberi dimensionalmente appartenenti alla classe “di rilevanza”.

La posizione degli alberi è assolutamente incompatibile con le norme di tutela previste dal Regolamento.

La previsione del sottopasso stradale lungo tale tratto stradale rende necessario l’abbattimento di 4 alberi di grande rilevanza

### **Bilancio arboreo**

Dal punto di vista strettamente numerico il progetto prevede l’impianto di:

- 338 nuove alberature nei boschi urbani:
  - 250 nuovi elementi arborei nel querco-carpineto (modulo 1);
  - 88 nuovi elementi arborei nel querco-olmeto (modulo 2);
- 552 alberature viarie lungo il tracciato della tranvia e in corrispondenza delle nuove aree a parcheggio;

per un totale di 890 nuovi elementi arborei e, per le interferenze con il nuovo sedime stradale e sottoservizi l’abbattimento di 206 elementi, con un bilancio arboreo netto di 684 alberi.

Nella tabella che segue si riporta la sintesi del bilancio arboreo.

TRAMVIA DI BOLOGNA – LINEA VERDE			
ALBERATURE – Confronto stato attuale e di progetto			
	Alberi abbattuti	Alberi di nuovo impianto	Delta
In linea	201	384	183
Parcheggio via Bassanelli	5	34	29
Parcheggio via Byron	0	15	15
Parcheggio di Via Gobetti	0	41	41
Parco di via del Tuscolano	0	78	78
<b>Sommano</b>	<b>206</b>	<b>552</b>	<b>+346</b>
Boschi urbani a nord e sud di Via Bentini	0	338	338
<b>Sommano</b>	<b>206</b>	<b>890</b>	<b>+684</b>
	Abbattuti	Nuovi	Rapporti
Rapporto alberi abbattuti/nuovi su viali e parchi	206	552	1:2,7
Rapporto alberi abbattuti/nuovi compresi boschi urbani	206	890	1:4,3

Dall'analisi della tabella sopra riportata si evince un significativo incremento dei nuovi impianti rispetto agli abbattimenti; questa soluzione progettuale consente di compensare ampiamente le perdite, ben oltre le richieste minime del Regolamento del verde pubblico e privato comunale, che prevede all'art. 18 la necessità di una compensazione minima 1:2 tra alberi abbattuti e nuovi impianti.

Il bilancio è ampiamente soddisfatto, sia considerando solo le alberature in parchi e viali e, a maggior ragione, comprendendo anche i boschi urbani.

## Bilancio di CO2

Lungo l'area di intervento sono previsti 206 abbattimenti. Per le stime dei valori ecosistemici si è ritenuto prudenzialmente di considerare l'80% degli alberi da abbattere in fase di maturità,

mentre il rimanente 20% come giovani alberi. Si rimanda alle tavole di rilievo dello stato di fatto delle opere a verde per l'individuazione degli stessi.

L'applicazione dei fogli di calcolo BENEFITS, riparametrati per le specie introdotte nel presente progetto, evidenzia per le alberature esistenti da abbattere:

- una complessiva capacità di stoccaggio di CO<sub>2</sub> pari a 325.080 kg (229+ 324.851);
- CO<sub>2</sub> assimilata pari a 32.044 kg CO<sub>2</sub>/anno (152+31.892),

che, come di seguito illustrato verranno compensate, dai nuovi impianti previsti dal progetto.

Il progetto generale prevede 552 nuovi alberi lungo la linea e nei parchi e 338 nuovi alberi nei boschi urbani. Si rimanda alle tavole di progetto per l'esatta collocazione ed individuazione degli stessi.

L'applicazione dei fogli di calcolo BENEFITS, riparametrati per le specie introdotte nel presente progetto, evidenzia per i nuovi impianti:

- una complessiva capacità di stoccaggio di CO<sub>2</sub> a maturità pari a 2.004.219 kg:
  - 1.085.837 kg CO<sub>2</sub> per le alberate viarie (comprehensive di parcheggi, giardini e parchi);
  - 918.382 kg CO<sub>2</sub> per i boschi urbani.
- una complessiva capacità di assimilazione di CO<sub>2</sub> pari a 206.129 kg CO<sub>2</sub>/anno,
  - 113.695 di CO<sub>2</sub> assimilata per le alberate viarie (comprehensive di parcheggi, giardini e parchi);
  - 92.434 di CO<sub>2</sub> assimilata per i boschi urbani.

che, compenseranno l'abbattimento delle 206 alberate esistenti.

### **Stima del mancato assorbimento causato dal soil sealing presso il Capolinea Nord**

Con la realizzazione del Capolinea Nord si consumerà una porzione di territorio destinato all'attività agricola.

Il suolo a livello globale è un fattore chiave nel ciclo del carbonio: la rimozione di terreno arabile e di sottosuolo durante l'impermeabilizzazione ci priva del suo potenziale per la fissazione naturale nell'atmosfera, influenzando sul ciclo del carbonio e sul clima.

Normalmente la fissazione di CO<sub>2</sub> avviene tramite la crescita vegetativa e l'accumulo di materia organica.

Nello specifico, i suoli interessati dal Capolinea Nord sono seminativi destinati a foraggiere e cereali.

Per considerare la riduzione di capacità di assorbimento determinata dal consumo di suolo si è fatto riferimento a diverse fonti bibliografiche, essendo il dato molto variabile in relazione alle tecniche di conduzione delle aziende agricole

- il DM 11/10/2017 (abrogato e sostituito da DM 23/06/2022) che, inserendo come fonte dati di Regione Piemonte, stima 5.000 kg CO<sub>2</sub>/ha/anno la riduzione annua di assorbimento per i prati stabili
- "Impronta carbonica aziende agricole italiane" a cura di Silvia Coderoni e Guido Bonati - INEA, ROMA 2013: i quantitativi di carbonio stoccabili nel terreno, per singolo sistema colturale con annesse pratiche di gestione variano da 3.000 kg CO<sub>2</sub>/ha/anno nel caso di seminativi gestiti con lavorazioni assenti o ridotte, fino ai 6.000 kg CO<sub>2</sub>/ha/anno nel caso di foraggiere permanenti.

Ai fini della stima in oggetto, si ritiene congruo utilizzare un dato prudenziale di 5000 kg CO<sub>2</sub>/ha/anno.

Considerando i seguenti dati:

- 1,21 ha superficie totale area deposito;
- 0,08 ha di superfici mantenute a verde;
- 1,13 ha di suolo consumato, per differenza dei due dati precedenti;
- 5.000 kg CO<sub>2</sub>/ha/anno dei prati stabili.

dal prodotto  $1,13 \text{ ha} \times 5.000 \text{ kg CO}_2/\text{ha}/\text{anno}$  si ottengono circa  $5.650 \text{ kg CO}_2/\text{anno}$  di mancata capacità di assorbimento determinata dalla trasformazione prevista dal progetto con l'inserimento del Capolinea.

### Bilancio di fitomassa

Al netto degli abbattimenti previsti che hanno:

- capacità di stoccaggio di  $\text{CO}_2$  pari a  $325.080 \text{ kg}$ ,
- $\text{CO}_2$  assimilata pari a  $32.044 \text{ kg CO}_2/\text{anno}$ ,

al netto della perdita di suolo agricolo presso il Capolinea nord:

- $\text{CO}_2$  assimilata pari a  $5.650 \text{ kg CO}_2/\text{anno}$ ,

considerando le nuove alberature di progetto con:

- complessiva capacità di stoccaggio di  $\text{CO}_2$  a maturità pari a  $2.004.219 \text{ kg}$ ,
- complessiva capacità di assimilazione di  $\text{CO}_2$  pari a  $206.129 \text{ kg CO}_2/\text{anno}$ ,

il progetto delle opere a verde della linea tranviaria verde di Bologna genera una capacità di assorbimento pari a  $168.435 \text{ kg CO}_2/\text{anno}$  ( $206.129 - 32.044 - 5.650$ ).

## 5.9 ENERGIA ED ELETTRROMAGNETISMO

### 5.9.1 IMPATTI

#### 5.9.1.1 Fase di cantiere

Nella fase di cantiere non si prevedono impatti per questa componente.

#### 5.9.1.2 Fase di esercizio

Per la componente campi elettromagnetici, a valle dello studio di impatto effettuato ed esposto ai par. 4.10.5.1, 4.10.5.2 e 4.10.5.3, si può affermare che gli impianti necessari al funzionamento

della nuova linea tranviaria non producono effetti, legati a fenomeni elettromagnetici, particolarmente significativi.

Sulla base delle simulazioni effettuate, risulta che le DPA sono abbastanza limitate e contenute entro 4 m dal confine della cabina, in aree dove non è prevedibile ragionevolmente la permanenza di persone superiore alle 4 ore giornaliere.

Con riferimento, infine, all'art. 3 "Limiti di esposizione e valori di attenzione" del DPCM 08/07/2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50. Hz) generati dagli elettrodotti, G.U. 28 agosto 2003, n. 200", si è fatta una prima verifica di rispetto del limite di esposizione dei 100  $\mu$ T considerando le stesse configurazioni per il calcolo delle DPA. Sulla base dei risultati delle simulazioni effettuate si è potuto osservare che le curve isolivello di induzione magnetica a 100 $\mu$ T sono tutte contenute all'interno della cabina.

Per la componente energia si avranno effetti positivi legati alla riduzione dei consumi di energia dei vettori.

### 5.9.2 MITIGAZIONI

#### 5.9.2.1 Fase di cantiere

Come indicato al paragrafo precedente, in questa fase non sono previsti impatti per la componente campi elettromagnetici.

In ogni modo la scelta degli eventuali macchinari necessari alla realizzazione dell'opera, potenzialmente fonti di campi, sarà sempre fatta nel pieno rispetto della normativa vigente. I macchinari saranno utilizzati e posizionati in modo da evitare vicinanza a luoghi con stazionamento superiore alle quattro ore.

#### 5.9.2.2 Fase di esercizio

Le aree circostanti / sovrastanti la SSE, con valori di campo magnetico superiori agli obiettivi di qualità sono, come visto in precedenza, abbastanza limitate. Inoltre la SSE è ubicata in un'area

dove non è prevedibile ragionevolmente la permanenza di persone superiore alle 4 ore giornaliere.

Non sono pertanto previste mitigazioni.

In ogni caso, per maggior tutela, si prevede un sistema schermante appositamente progettato per la schermatura di campi elettromagnetici da 0 Hz a 150 kHz, realizzato con tessuto metallico flessibile spesso 0,73 mm in trama ed ordito, protetto dalla corrosione e rivestimento con alluminio spesso 150 µm su entrambi i lati, finalizzato al rispetto dell'obiettivo di qualità di  $B \leq 3 \mu T$  (D.P.C.M. 8/7/2003), verificato secondo norma CEI 211-6, senza aggiunta di ulteriori elementi conduttivi e/o placcato con elementi elettroconduttivi ed equipotenziali.

## 5.10 SISTEMA INSEDIATIVO, CONDIZIONI SOCIO-ECONOMICHE E SALUTE PUBBLICA

### 5.10.1 IMPATTI

Per quanto riguarda gli impatti relativi a sistema insediativo, condizioni socio economiche e salute pubblica, si rimanda a quelli previsti e descritti nei paragrafi relativi alla componente mobilità e traffico, rumore e atmosfera in quanto hanno una valenza anche per tale componente.

Come già detto, infatti, gli interventi in progetto sono finalizzati alle esigenze di snellimento dei flussi di traffico cittadino, oltre che alla riduzione dell'inquinamento atmosferico e di rumore nei confronti della comunità che abita e frequenta tali aree e ad aspetti legati alla sicurezza stradale soprattutto nei confronti degli utenti della mobilità dolce (pedoni, ciclisti, ecc.).

Sulla base di ciò, si può evincere che gli interventi in progetto determineranno un effetto globale positivo sulla componente, andando in sintesi a:

- migliorare l'accessibilità dei cittadini in particolare verso e dai poli attrattori (es. centro storico, stazione centrale, ecc.);
- ridurre sensibilmente i fattori di rischio (inquinamento atmosferico, rumore, incidenti, ecc.);
- contribuire al riequilibrio modale della mobilità;

- produrre un effetto propulsore della qualità urbana e della vivibilità delle aree interessate dal progetto ai fini della loro attrattività.

#### 5.10.2 MITIGAZIONI

Per gli interventi di mitigazione e compensazione relativi a sistema insediativo, condizioni socio economiche e salute pubblica, si rimanda a quelli previsti e descritti nei paragrafi relativi alla componente mobilità e traffico, rumore e atmosfera in quanto hanno una valenza anche per tale componente.

#### 5.11 SINTESI IMPATTI-MITIGAZIONI

Nella tabella che segue si riporta la sintesi degli impatti che si prevede di avere con la realizzazione dell'intervento in progetto e le relative misure di mitigazione proposte

Impatto assente	Assente	L'azione considerata non determina impatti
Impatto non rilevante	Irrilevante	L'azione considerata ha una probabilità di impatto poco significativa e con effetti potenziali di lieve entità
Impatto trascurabile	Trascurabile	In caso di azioni che abbiano una probabilità di impatto discreta ma con effetti di bassa entità/transitori oppure che abbiano un'entità significativa ma con bassa probabilità di accadimento
Impatto significativo	Significativo negativo	In caso di azioni che abbiano un impatto sulla componente permanente anche se con effetti non significativi o con effetti di entità significativa anche se transitori
	Significativo positivo	

Matrice ambientale	Impatti previsti	Valutazione impatto	Mitigazioni	Valutazione impatto
Traffico e mobilità	Fase di cantiere: • Interferenze temporanee con attuale sistema sulla mobilità in fase di cantiere	Irrilevante	Fase di cantiere: • Garantire accesso passi carrai • Garantire accesso mezzi emergenza • Garantire viabilità trasversale al tracciato • Realizzazione itinerari alternativi per traffico pubblico • Movimentazione mezzi pesanti al di fuori degli orari di punta • Apposita segnaletica orizzontale e verticale • Predisposizione di campagna di informazione	Assente
	Fase di esercizio: Impatti positivi legati a: • migliorare l'accessibilità dei cittadini in particolare verso e dai poli attrattori (es. centro storico, stazione centrale, ecc.); • ridurre sensibilmente i fattori di rischio (inquinamento atmosferico, rumore, incidenti, ecc.); • contribuire al riequilibrio modale della mobilità; • produrre un effetto propulsore della qualità urbana e della vivibilità delle aree interessate dal progetto ai fini della loro attrattività	Significativo positivo	Fase di esercizio: --	Significativo positivo
Atmosfera	Fase di cantiere:	Irrilevante	Fase di cantiere:	Assente

Matrice ambientale	Impatti previsti	Valutazione impatto	Mitigazioni	Valutazione impatto
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formazione di emissioni diffuse</li> <li>• Traffico dei mezzi di cantiere e scarichi macchine operatrici</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• bagnature superfici transito interne al cantiere</li> <li>• bagnatura dei cumuli</li> <li>• impianti lavaggio ruote</li> <li>• bassa velocità transito mezzi di cantiere</li> <li>• copertura dei cassoni dei mezzi</li> <li>• eventuale spazzolatura ad umido aree prossime all'ingresso dei cantieri</li> <li>• spegnimento mezzi d'opera in sosta</li> <li>• studio della disposizione temporale delle attività</li> </ul>	
	Fase di esercizio: Impatti positivi legati a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• riduzione congestione di traffico;</li> <li>• riduzione transito di mezzi del trasporto pubblico su gomma;</li> <li>• riduzione del consumo di carburanti da fonti fossili</li> </ul>	Significativo positivo	Fase di esercizio: --	Significativo positivo
Rumore	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> <li>• rumorosità delle attività di cantiere</li> </ul>	Trascurabile	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> <li>• utilizzo di barriere mobili fonoassorbenti</li> <li>• uso di macchinari omologati e con buona manutenzione</li> <li>• studio della disposizione temporale delle attività</li> <li>• scelta e stato degli pneumatici</li> <li>• opportuna manutenzione delle attrezzature;</li> <li>• evitare uso prolungato del clacson</li> </ul>	Assente

Matrice ambientale	Impatti previsti	Valutazione impatto	Mitigazioni	Valutazione impatto
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• sollevamento materiali in luogo del loro trascinamento</li> <li>• evitare frenate ed accelerazioni brusche</li> <li>• esecuzione delle attività maggiormente impattanti in orari più consoni e non contemporaneamente</li> <li>• ricercare mezzi e metodologie alternativi per eseguire le stesse lavorazioni</li> </ul>	
	<p>Fase di esercizio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• inserimento della tramvia</li> </ul> <p>Impatti positivi legati a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• riduzione congestione di traffico;</li> </ul> <p>riduzione del consumo di carburanti da fonti fossili</p>		<p>Fase di esercizio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• realizzazione asfalto fonoassorbente su alcune tratte stradali</li> <li>• lubrificazione del sistema rotaia/ruota mediante l'utilizzo di grasso biodegradabile per ridurre lo stridio;</li> <li>• utilizzo di sistema di "armamento massivo" con utilizzo di materassino antivibrante da posare sotto la soletta di cemento su cui sono appoggiate le rotaie;</li> <li>• utilizzo di una gomma per il rivestimento dei binari, efficace anche contro le vibrazioni;</li> <li>• modifica del profilo delle ruote;</li> <li>• riduzione della velocità della tramvia</li> </ul>	Significativo positivo
<b>Vibrazioni</b>	<p>Fase di cantiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• potenziali vibrazioni emesse dai macchinari impiegati nelle lavorazioni</li> </ul>	Irrilevante	<p>Fase di cantiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• effettuare controlli preventivi e in corso d'opera</li> <li>• adottare regole di buon comportamento</li> </ul>	Assente

Matrice ambientale	Impatti previsti	Valutazione impatto	Mitigazioni	Valutazione impatto
			<ul style="list-style-type: none"> <li>eventuale interruzione delle attività maggiormente impattanti/esecuzione in orari più consoni e non contemporaneamente</li> <li>ricercare mezzi e metodologie alternativi per eseguire le stesse lavorazioni.</li> </ul>	
	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> <li>potenziali vibrazioni durante il passaggio dei tram (contatto ruota-rotaia)</li> </ul>	Trascurabile	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> <li>utilizzo di sistemi di armamento aventi caratteristiche di isolamento vibrazionale differenziate mediante l'inserimento di materassini elastomerici di spessore adeguato, in funzione della distanza dei binari dagli edifici</li> </ul>	Irrilevante
Acque superficiali	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> <li>produzione acque di lavorazioni e dilavamento</li> <li>consumi idrici in corrispondenza delle aree di cantiere fisso</li> <li>lavorazioni in prossimità di ambienti acquatici</li> <li>generazione di polveri che trasportate dal vento possono ricadere all'interno di corsi d'acqua</li> <li>eventuali sversamenti accidentali</li> </ul>	Irrilevante	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> <li>bagnature superfici transito interne al cantiere</li> <li>bagnatura dei cumuli</li> <li>impianti lavaggio ruote</li> <li>bassa velocità transito mezzi di cantiere</li> <li>copertura dei mezzi adibiti al trasporto materiali pulverulenti</li> <li>eventuale spazzolatura ad umido aree prossime all'ingresso dei cantieri</li> <li>opportuni sistemi di gestione delle acque di cantiere</li> </ul>	Assente

Matrice ambientale	Impatti previsti	Valutazione impatto	Mitigazioni	Valutazione impatto
	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• interferenze con aree a pericolosità P2</li> <li>• incremento del rischio idraulico</li> <li>• interferenze con reticolo idraulico</li> <li>• invarianza idraulica a seguito di impermeabilizzazione di suolo/aree verdi</li> <li>• dilavamento acque meteoriche</li> <li>• eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate</li> </ul>	Significativo negativo	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• realizzazione di aree di compensazione per invarianza idraulica – canali vegetati</li> <li>• rinaturalizzazione aree</li> <li>• mantenimento fasce di pertinenza fluviale</li> <li>• opportuni sistemi di raccolta, trattamento e smaltimento delle acque di dilavamento</li> <li>• sistemi drenaggio urbano sostenibile nei parcheggi</li> <li>• raccolta e sollevamento delle acque meteoriche in modo da gestire gli eventi meteorici ordinari in condizioni di sicurezza per realizzazione sottopassi</li> <li>• idonee procedure operative per prevenire/gestire eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate</li> </ul>	Irrilevante
Acque sotterranee	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> <li>• eventuali interferenze con la falda idrica sotterranea</li> <li>• eventuali sversamenti accidentali</li> </ul>	Irrilevante	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> <li>• predisposizione di idonei sistemi di aggettamento e scarico delle acque</li> <li>• idonee procedure operative per prevenire/gestire eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate</li> </ul>	Assente
	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• eventuali interferenze con la falda idrica sotterranea</li> </ul>	Irrilevante	Fase di esercizio:	Assente

Matrice ambientale	Impatti previsti	Valutazione impatto	Mitigazioni	Valutazione impatto
	<ul style="list-style-type: none"> <li>eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>predisposizione di eventuali opere di mitigazione (sistemi di continuità di falda) da attuarsi mediante sistemi “passivi” e/o “attivi”;</li> <li>idonee procedure operative per prevenire/gestire eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate</li> </ul>	
Suolo e sottosuolo	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> <li>modificazione dei suoli coinvolti nella realizzazione dei cantieri (es. scotico, compattazione, spostamento e movimentazione, ecc.)</li> <li>produzione e gestione dei materiali di risulta (incluso il trasporto degli stessi)</li> <li>produzione e gestione di terre e rocce da scavo</li> <li>eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate</li> <li>eventuale percolazione di sostanze pericolose derivanti dai mezzi di cantiere</li> </ul>	Irrilevante	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> <li>minimizzazione dell’uso di risorse non rinnovabili (es. terreno vegetale, terre rocce da scavo, ecc.)</li> <li>ottimizzazione gestione aree di stoccaggio</li> <li>piazzole di sosta mezzi pavimentate</li> <li>verifica stato dei mezzi e manutenzione</li> <li>ottimizzazione gestione traffico e viabilità</li> <li>esecuzione trasporti principalmente in orario diurno tenendo conto della presenza di zone sensibili</li> <li>idonee procedure operative per prevenire/gestire eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate</li> </ul>	Assente
	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> <li>consumo di suolo</li> <li>eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate</li> </ul>	Significativo negativo	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> <li>gli interventi mitigativi previsti hanno come obiettivo generale la riduzione al minimo dell’impatto generato dalle opere di progetto (es. inerbimento della sede tramviaria in alcune aree e aree di sosta inerbite)</li> </ul>	Trascurabile

Matrice ambientale	Impatti previsti	Valutazione impatto	Mitigazioni	Valutazione impatto
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• realizzazione di opere a verde</li> <li>• idonee procedure operative per prevenire/gestire eventuali sversamenti accidentali su aree non pavimentate</li> </ul>	
Paesaggio e patrimonio storico/culturale	Fase di cantiere: --	Assente	Fase di cantiere: --	Assente
	Fase di esercizio <ul style="list-style-type: none"> <li>• frammentazione dei sistemi paesaggistici presenti, riduzione dei caratteri del paesaggio circostante l'infrastruttura</li> <li>• impatti di natura acustico-vibrazionale</li> <li>• impatti di natura visiva</li> </ul>	Trascurabile	Fase di esercizio <ul style="list-style-type: none"> <li>• realizzazione di opere a verde;</li> <li>• interventi mitigativi indicati per la componente rumore e vibrazioni (utilizzo di sistemi di armamento differenziati)</li> <li>• concept architettonico delle pensiline che si integra negli elementi tipologici della città (es. porticato)</li> </ul>	Irrilevante
Ecosistemi, Vegetazione, Flora – fauna	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> <li>• scotico e taglio di vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea</li> <li>• produzione ed emissione di polveri</li> <li>• disturbo fauna</li> </ul>	Irrilevante	Fase di cantiere: <ul style="list-style-type: none"> <li>• bagnature superfici transito interne al cantiere</li> <li>• bagnatura dei cumuli</li> <li>• impianti lavaggio ruote</li> <li>• bassa velocità transito mezzi di cantiere</li> <li>• eventuale spazzolatura ad umido aree prossime all'ingresso dei cantieri</li> </ul>	Assente
	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• frammentazione degli ecosistemi presenti</li> <li>• modificazione permeabilità faunistica</li> </ul>	Trascurabile	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• realizzazione di opere a verde</li> </ul>	Significativo positivo

Matrice ambientale	Impatti previsti	Valutazione impatto	Mitigazioni	Valutazione impatto
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• riduzione funzionalità ecologica</li> <li>• eventuali collisioni durante attraversamenti</li> </ul>			
<b>Sistema insediativo, condizioni socio-economiche e salute pubblica</b>	<p>Vedi componente mobilità e traffico, rumore e atmosfera.</p> <p>Impatti positivi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• migliorare l'accessibilità dei cittadini in particolare verso e dai poli attrattori (es. centro storico, stazione centrale, ecc.);</li> <li>• ridurre sensibilmente i fattori di rischio (inquinamento atmosferico, rumore, incidenti, ecc.);</li> <li>• contribuire al riequilibrio modale della mobilità;</li> <li>• produrre un effetto propulsore della qualità urbana e della vivibilità delle aree interessate dal progetto ai fini della loro attrattività.</li> </ul>	Irrelevante	Vedi componente mobilità e traffico, rumore e atmosfera	Irrelevante
<b>Energia e elettromagnetismo</b>	<p>Fase di cantiere:</p> <p>--</p>	Assente	<p>Fase di cantiere:</p> <p>--</p> <p>In ogni caso, scelta dei macchinari nel pieno rispetto della normativa vigente</p>	Assente

Matrice ambientale	Impatti previsti	Valutazione impatto	Mitigazioni	Valutazione impatto
	Fase di esercizio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• esposizione valori di campo magnetico inconsapevole</li> </ul>	Irrilevante	Fase di esercizio <ul style="list-style-type: none"> <li>• sottostazioni ubicate in aree lontane ed isolate, ovvero in zone dove non è prevedibile la presenza continuativa di persone</li> <li>• impiego di sistemi schermanti dei campi elettromagnetici</li> </ul>	Irrilevante

## 6. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

---

Per il monitoraggio ambientale dell'area oggetto del presente studio si rimanda all'elaborato B381C-D-X00-AMB-PMA-RG-01-A "Piano di Monitoraggio Ambientale - Relazione Generale", redatto per l'intero tratto nord della Linea Verde.

## 7. ALLEGATI

---

Allegato 1 – Fascia di prospicienza acustica

Allegato 2 – Simulazioni acustiche scenario attuale – Periodo diurno

Allegato 3 – Simulazioni acustiche scenario attuale – Periodo notturno

Allegato 4 – Simulazioni acustiche scenario di riferimento – Periodo diurno

Allegato 5 – Simulazioni acustiche scenario di riferimento – Periodo notturno

Allegato 6 – Simulazioni acustiche scenario di progetto – Periodo diurno

Allegato 7 – Simulazioni acustiche scenario di progetto – Periodo notturno

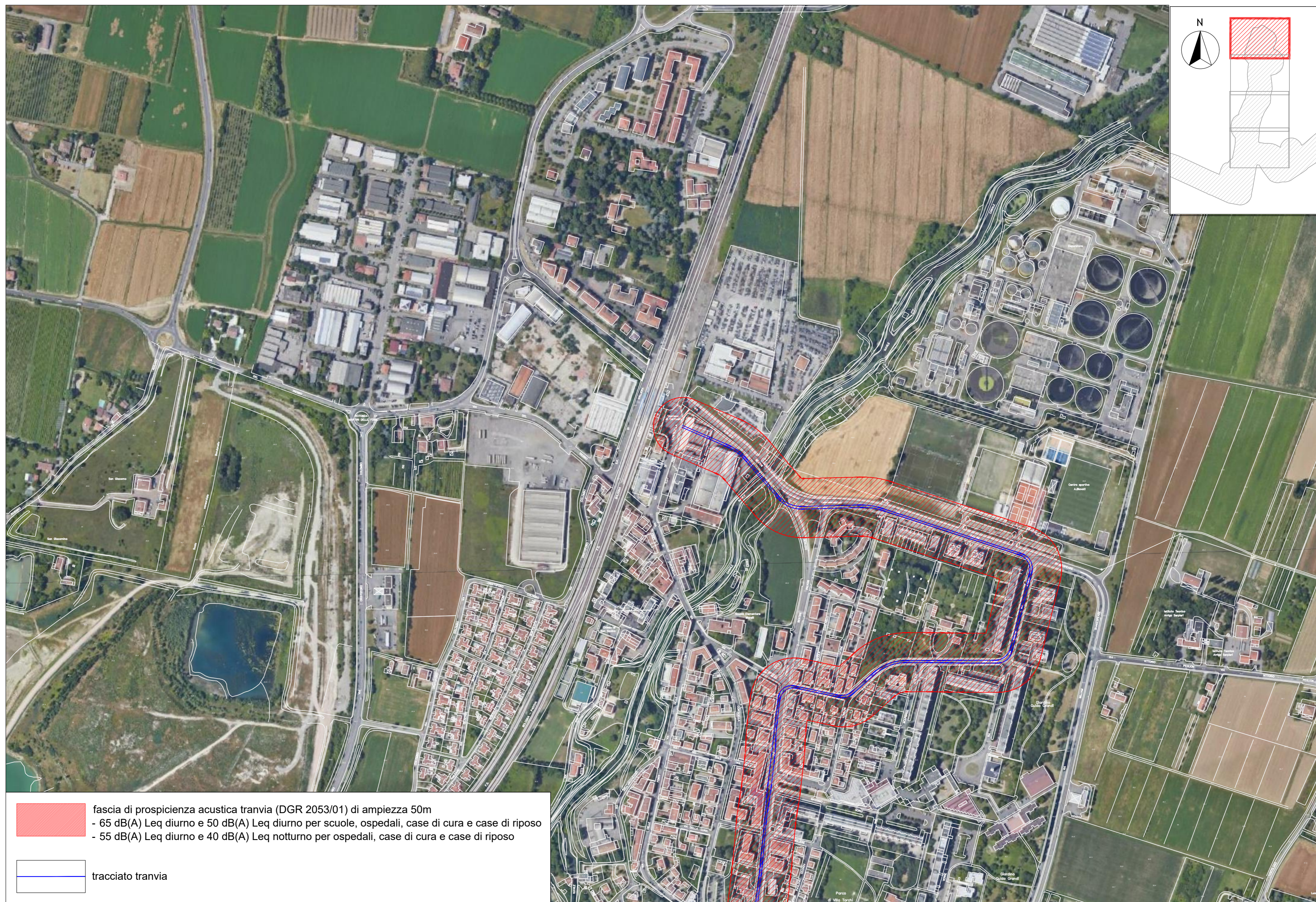
Allegato 8 – Simulazioni acustiche scenario comparativo attuale-progetto – Periodo diurno

Allegato 9 – Simulazioni acustiche scenario comparativo attuale-progetto – Periodo notturno

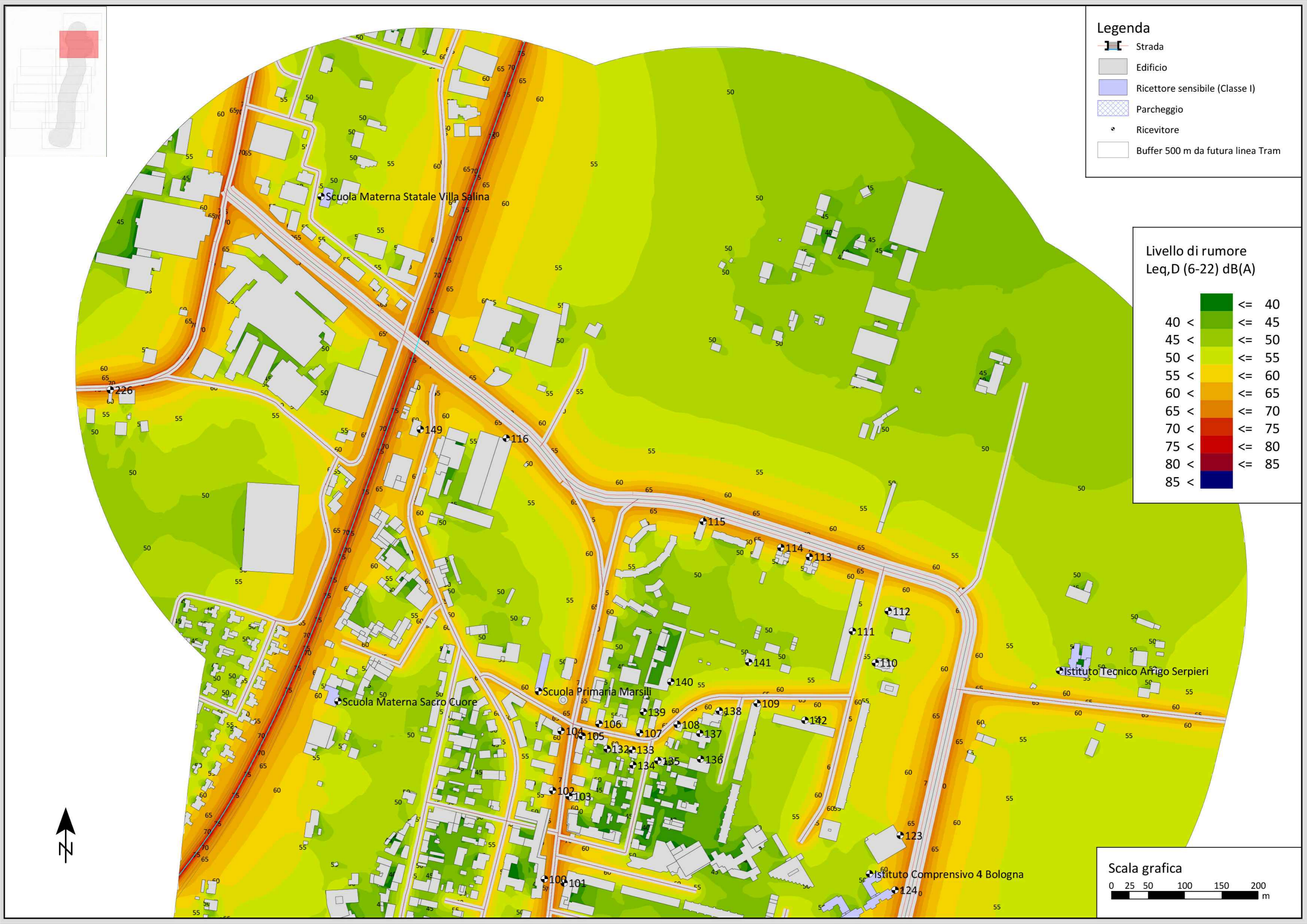
Allegato 10 – Ubicazione interventi di mitigazione acustica

Allegato 11 – Validazione software Magic-BEShielding

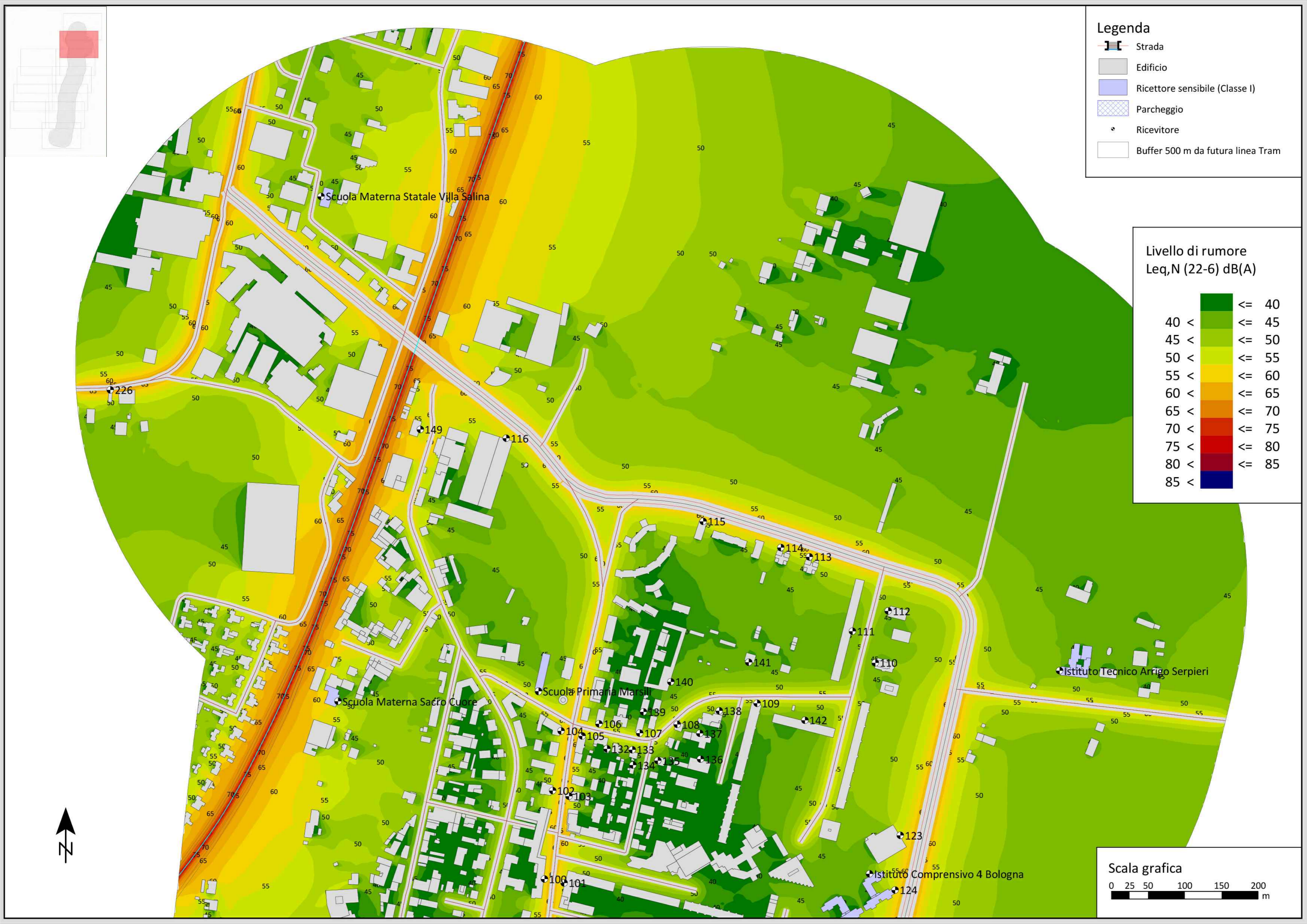
## ALLEGATO 1 – FASCIA DI PROSPICIENZA ACUSTICA



## ALLEGATO 2 – SIMULAZIONI ACUSTICHE SCENARIO ATTUALE - PERIODO DIURNO



## ALLEGATO 3 – SIMULAZIONI ACUSTICHE SCENARIO ATTUALE - PERIODO NOTTURNO



## ALLEGATO 4 – SIMULAZIONI ACUSTICHE SCENARIO DI RIFERIMENTO – PERIODO DIURNO



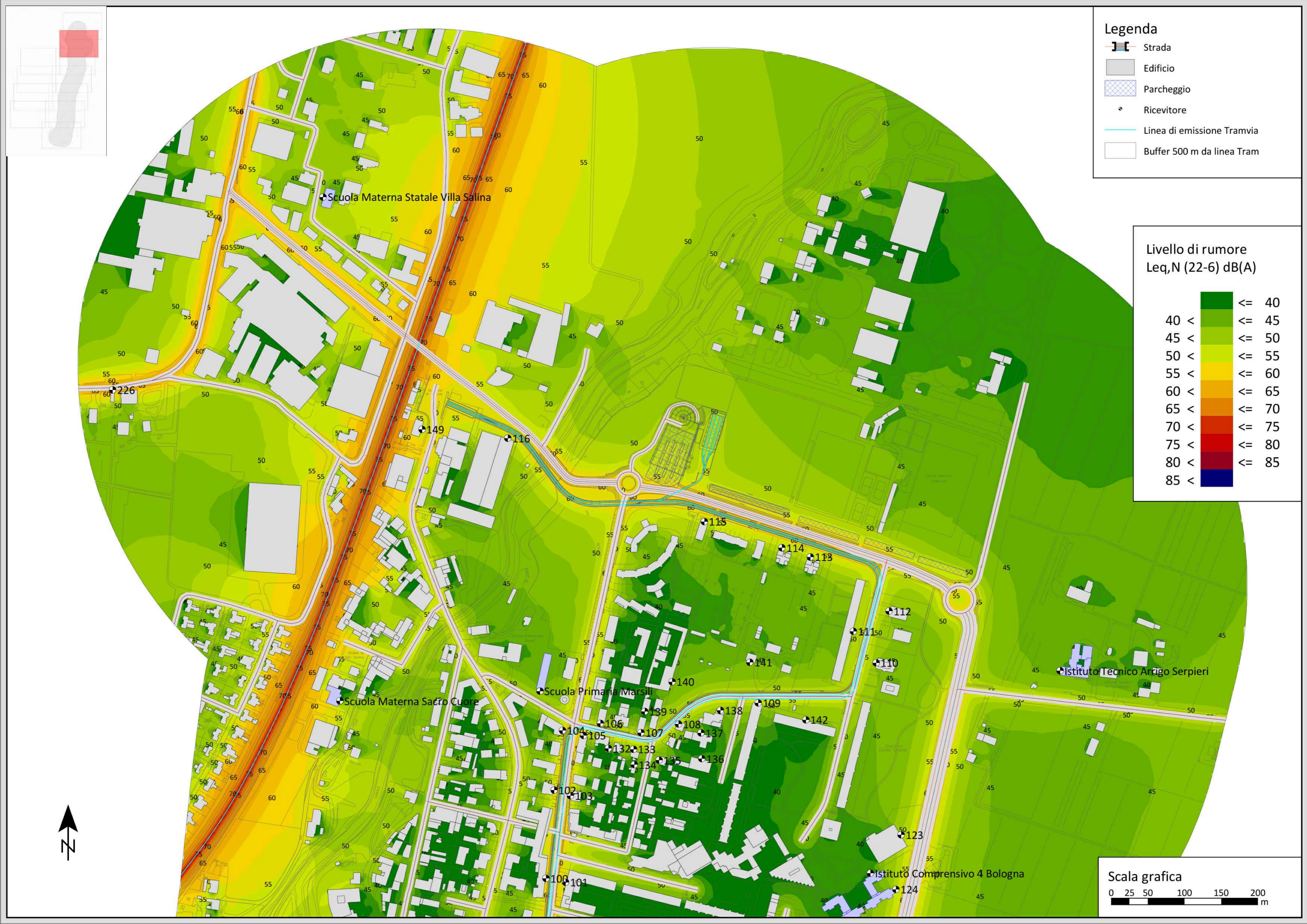
## ALLEGATO 5 – SIMULAZIONI ACUSTICHE SCENARIO DI RIFERIMENTO – PERIODO NOTTURNO



## ALLEGATO 6 – SIMULAZIONI ACUSTICHE SCENARIO DI PROGETTO – PERIODO DIURNO



## ALLEGATO 7 – SIMULAZIONI ACUSTICHE SCENARIO DI PROGETTO – PERIODO NOTTURNO



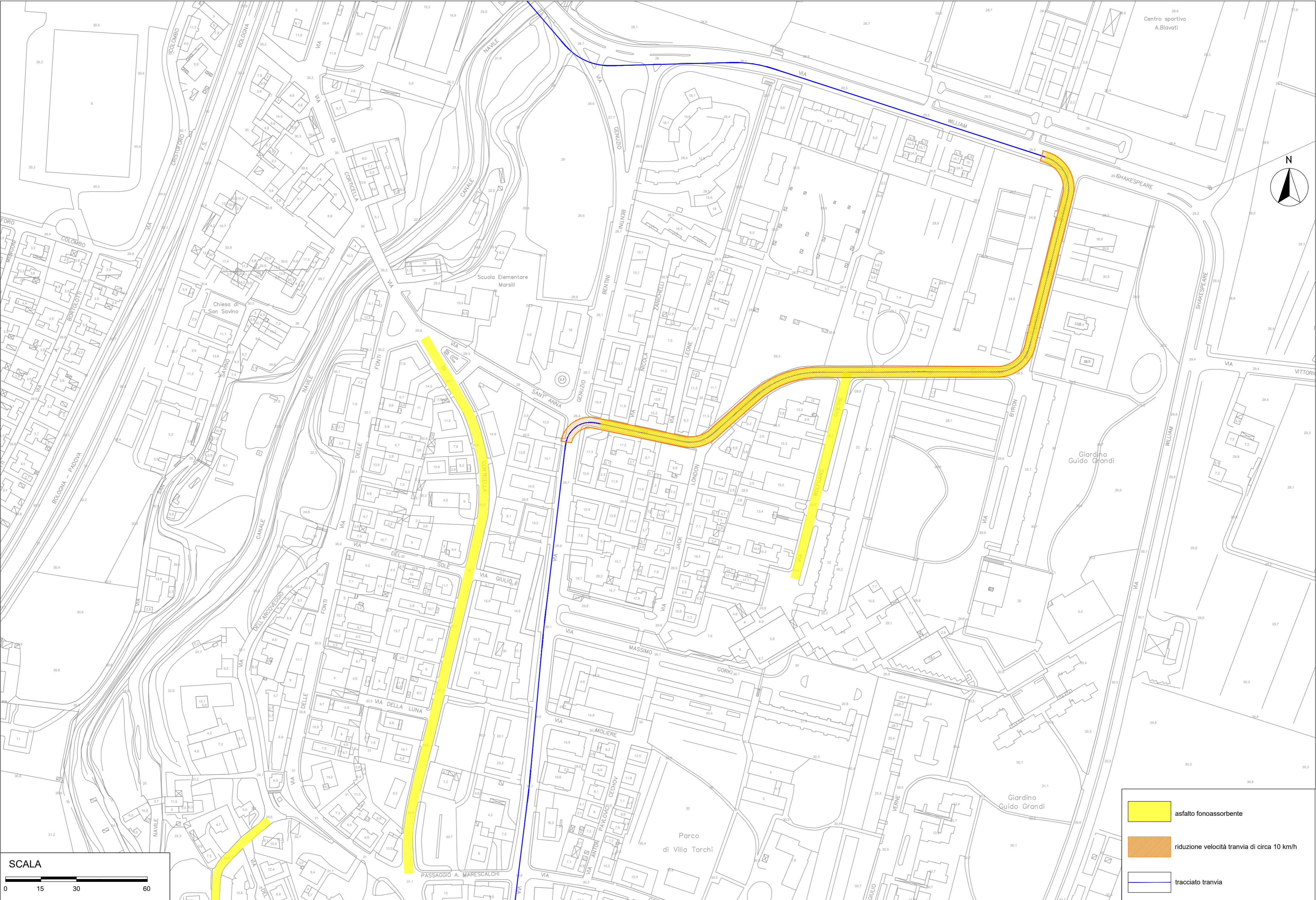
## ALLEGATO 8 – SIMULAZIONI ACUSTICHE SCENARIO COMPARATIVO ATTUALE-PROGETTO – PERIODO DIURNO



## ALLEGATO 9 – SIMULAZIONI ACUSTICHE SCENARIO COMPARATIVO ATTUALE-PROGETTO – PERIODO NOTTURNO



## ALLEGATO 10 – UBICAZIONE INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA



## ALLEGATO 11 – VALIDAZIONE SOFTWARE MAGIC-BESHIELDING



# **Documento di Validazione**

## **Algoritmi di calcolo del software MAGIC® (MAGnetic Induction Calculation)**

Data:09/01/2020

Rev.02



## Sommario

Premessa .....	3
1 Verifica del modulo bidimensionale .....	3
1.1 Confronto con CEI 211-04.....	3
1.2 Confronto con codice CESI .....	4
2 Verifica del modulo tridimensionale .....	8
2.1 Campo prodotto da un segmento finito arbitrariamente orientato .....	8
2.2 Validazione sperimentale del modulo tridimensionale .....	9
3 Verifica del modulo tridimensionale:trasformatore di potenza .....	10
3.1 Verifica del modello MAGIC della singola colonna del trasformatore con modello FEM (Finite Element Method) .....	10
3.2 Verifica del modello MAGIC del trasformatore completo con misure sperimentali.....	13
Conclusioni .....	14



## Premessa

Il presente documento riporta le verifiche funzionali del software MAGIC® attraverso il confronto con software già esistenti e di comprovata validità e con rilievi sperimentali.

Il confronto si sviluppa in tre parti:

- 1) verifica del modulo bidimensionale
- 2) verifica del modulo tridimensionale
- 3) verifica del modulo tridimensionale di configurazioni impiantistiche con particolare riferimento al trasformatore di potenza

Le principali caratteristiche del software MAGIC® sono:

- a) software bi-tridimensionale
- b) integrazione della formula di Biot-Savart
- c) dominio infinito (nessuna condizione al contorno necessaria)
- d) trascurati effetti di mitigazione del campo dovuto a schermatura di fatto (analisi conservativa)
- e) sovrapposizione degli effetti
- f) analisi in regime simbolico (calcolo dei moduli e delle fasi)

Il software è stato sviluppato da tecnici specializzati con la collaborazione e la supervisione di docenti e ricercatori del Politecnico di Torino – Dipartimento Energia (prof. Aldo Canova e Ing. Luca Giaccone).

## 1 Verifica del modulo bidimensionale

La verifica del modulo bidimensionale è stata condotta mediante confronto con la formulazione analitica, come indicato dalla CEI 211-04, e mediante confronto con un codice di calcolo sviluppato dal CESI.

### 1.1 Confronto con CEI 211-04

Una possibile validazione del programma utilizzato può essere effettuata confrontando il campo calcolato con il programma stesso e quello calcolato per via analitica, secondo la norma CEI 211-4 paragrafo 4.3, su di un caso in cui questa seconda procedura è applicabile in modo esatto. Tale caso si riferisce ad un sistema di conduttori rettilinei, paralleli e indefiniti.

Sotto queste ipotesi l'induzione magnetica  $\mathbf{B}$  è data dall'espressione:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=1}^N \frac{\bar{I}_k}{d_k} \bar{u}_l \times \bar{u}_r \quad (1)$$

in cui  $N$  è il numero dei conduttori,  $d$  è la distanza tra il conduttore  $k$ -esimo e il punto di calcolo; i vettori  $\bar{u}_l$  e  $\bar{u}_r$  indicano, rispettivamente, il verso della corrente e della relativa normale;  $\times$  indica il prodotto vettoriale.

In particolare è stato analizzato il caso, che verrà riportato successivamente, relativo ad una linea a doppia terna su semplice palificazione con corrente di



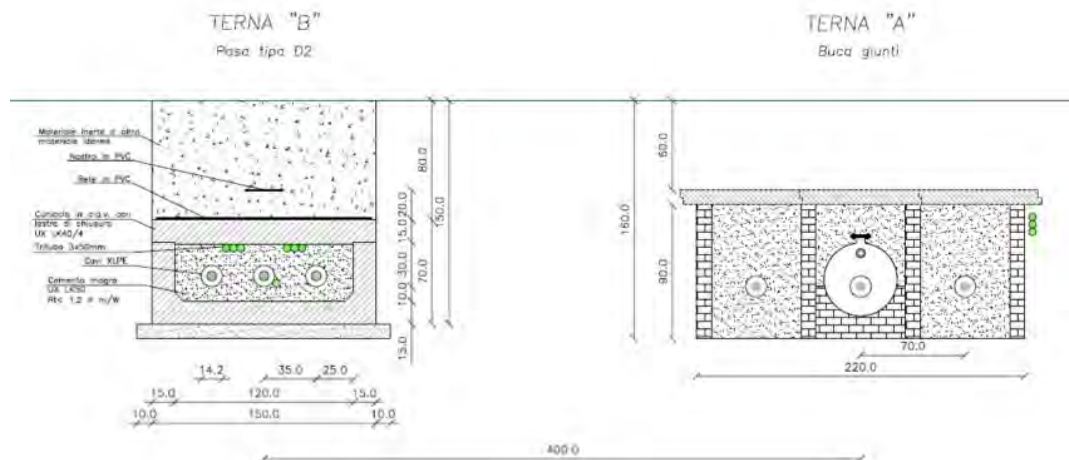
Induzione magnetica [ $\mu\text{T}$ ]

— Calcolo da programma  
• Calcolo analitico da norma CEI 211-4

Coordinata X [m]

***Come si può osservare il profilo di induzione magnetica ottenuto dal software MAGIC® coincide esattamente con i punti calcolati mediante la formula analitica CEI 211-4.***

- Buca giunti (interasse 70 cm e livello di interrimento pari a 1.25 m)
- Formazione piana (interasse 35 cm e livello di interrimento pari a 1.25 m)
- Distanza tra le due terne: 4m



**Figura 2: Affiancamento tra due linee interrate AT**

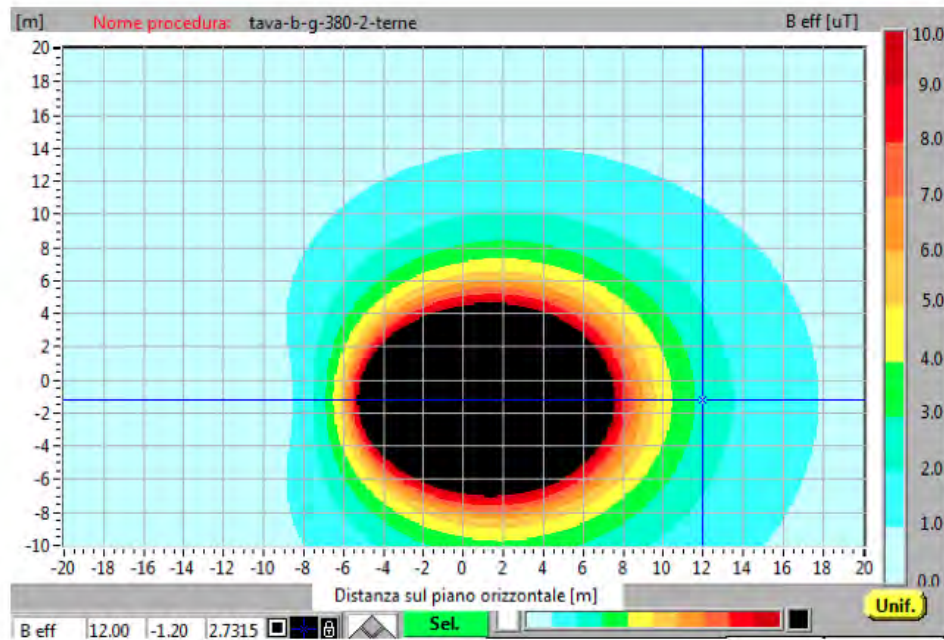


**BESHIELDING**

Condizioni di carico e relazioni di fase:

- Terna B:  $I_{eff} = 1500$  A (RST)
- Terna A:  $I_{eff} = 1500$  A (TSR)

La configurazione analizzata mediante il codice sviluppato dal CESI porta alla distribuzione di campo riportata in Figura 3.



**Figura 3: Mappa cromatica delle induzioni magnetiche calcolata mediante software CESI**

La stessa configurazione è stata analizzata mediante il codice MAGIC® e può essere studiata attraverso due possibili funzioni messe a disposizione dal software:

- Terne parallele
- Multiconduttori 2D

In questo documento verrà utilizzato il Multiconduttore 2D (Fig. 4) che permette di definire un sistema di N conduttori posizionati arbitrariamente in cui viene applicata una corrente arbitraria.



BESHIELDING

multiconduttori arbitrari (modello 2D)

Numero segmenti: 6 OK ☒ Corrente in modulo e fase ☐ Corrente in parte reale e immaginaria

Conduttore	X (m)	Y (m)	Modulo (A)	Fase (gradi)
Conduttore 1	-0.35	-1.25	1500	0
Conduttore 2	0	-1.25	1500	-120
Conduttore 3	0.35	-1.25	1500	120
Conduttore 4	3.3	-1.25	1500	120
Conduttore 5	4	-1.25	1500	-120
Conduttore 6	4.7	-1.25	1500	0

Induzione magnetica su un punto | Induzione magnetica su una linea | Induzione magnetica su un piano

Punto 1: x1 -20 y1 -10 | Punto 2: x2 20 y2 20 | Discretizzazione: Num. punti x 200 Num. punti y 200

Opzioni di visualizzazione: Mappa 2D Salva | Mappa 3D Salva | Curva isolivello: 1  $\mu T$  Livello\_singolo Salva OK

Figura 4: Schermata di ingresso modulo “multiconduttori arbitrari (modello 2D)”: dati definizione geometria e sorgenti

Nella seguente Fig. 5 è riportata la “geometria” del sistema che può essere visualizzata al termine dell’inserimento dati.

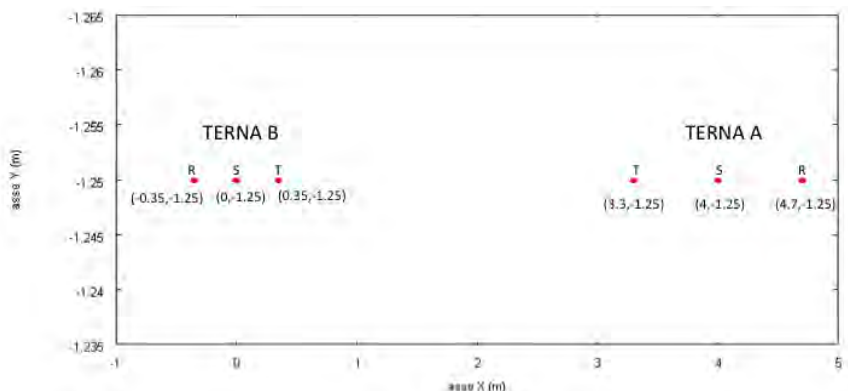


Figura 5: Geometria sorgenti

In Fig. 6 è riportata la mappa cromatica dell’induzione magnetica ottenuta dal software MAGIC® (valori in microT):

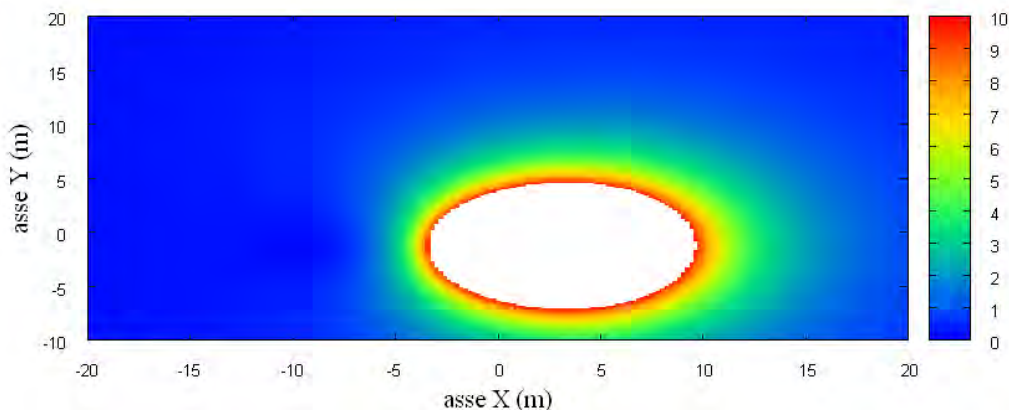
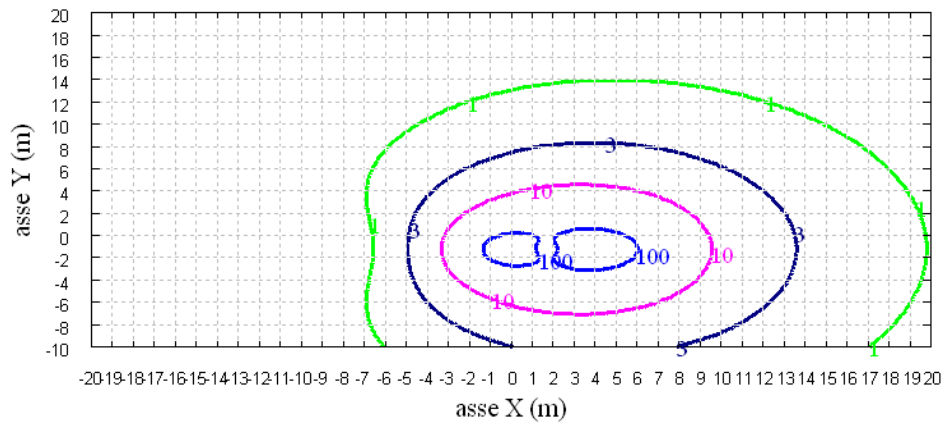


Fig. 6: Mappa cromatica dell’induzione magnetica ottenuta dal software MAGIC® (valori in microT):



**BESHIELDING**

In Fig. 7 sono riportate le linee isolivello dell'induzione magnetica (1, 3, 10, 100 microT) visualizzabili dal software MAGIC®.



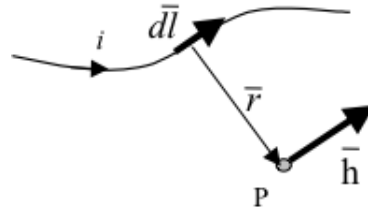
**Fig. 7** Linee isolivello dell'induzione magnetica (1, 3, 10, 100 microT) da software MAGIC®.

***Come si può osservare le mappe cromatiche dei due modelli risultano essere in perfetto accordo.***

## 2 Verifica del modulo tridimensionale

Il modulo tridimensionale del MAGIC® si basa principalmente sull'integrazione della formula di Biot-Savart:

$$\vec{h} = \frac{1}{4\pi} \int \frac{i d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$



Nelle configurazioni impiantistiche si ha spesso a che fare con fasci di cavi che il cui profilo copre percorsi approssimabili con buona precisione a delle spezzate tridimensionali. Ogni spezzata è quindi modellabile mediante una successione di segmenti opportunamente orientati nello spazio. Ne consegue che, sapendo valutare il campo di un segmento arbitrariamente orientato nello spazio, è possibile calcolare il campo prodotto da un fascio di cavi mediante la sovrapposizione degli effetti di tutti i segmenti costituenti il fascio.

### 2.1 Campo prodotto da un segmento finito arbitrariamente orientato

Si consideri il segmento rappresentato nella Fig. 8.

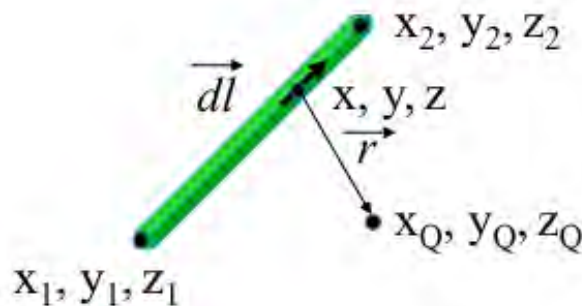


Fig. 8: Modello del segmento.

L'equazione del segmento in forma parametrica diventa la seguente:

$$\begin{cases} x = x_1 + (x_2 - x_1)t \\ y = y_1 + (y_2 - y_1)t \\ z = z_1 + (z_2 - z_1)t \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = x_1 + (x_2 - x_1)t \\ y = y_1 + (y_2 - y_1)t \\ z = z_1 + (z_2 - z_1)t \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = x_1 + (x_2 - x_1)t \\ y = y_1 + (y_2 - y_1)t \\ z = z_1 + (z_2 - z_1)t \end{cases}$$

Si consideri inoltre che:

$$\vec{r} = (x_Q - x)\vec{a}_x + (y_Q - y)\vec{a}_y + (z_Q - z)\vec{a}_z$$

$$d\vec{l} = dx\vec{a}_x + dy\vec{a}_y + dz\vec{a}_z$$

Facendo le opportune sostituzioni, la formula di Biot-Savart può essere risolta conducendo ad una formula chiusa per il calcolo delle tre componenti di campo



**BESIELDING**

$H_x$ ,  $H_y$  e  $H_z$  (ovvero  $B_x$ ,  $B_y$  e  $B_z$ ). L'integrazione, sebbene sia macchinosa e porti ad espressioni analitiche poco compatte, può essere semplicemente risolta mediante l'utilizzo di un processore simbolico. Per tutti i dettagli circa l'integrazione si consideri la seguente referenza:

Canova A.; F. Freschi; M. Repetto; M. Tartaglia, (2005), *Description of Power Lines by Equivalent Source System*. In: COMPEL, vol. 24, pp. 893-905. - ISSN 0332-1649

## 2.2 Validazione sperimentale del modulo tridimensionale

In Fig. 9 viene rappresentata una spira costituita da 4 conduttori rettilinei che ben rappresenta una sorgente di tipo tridimensionale.

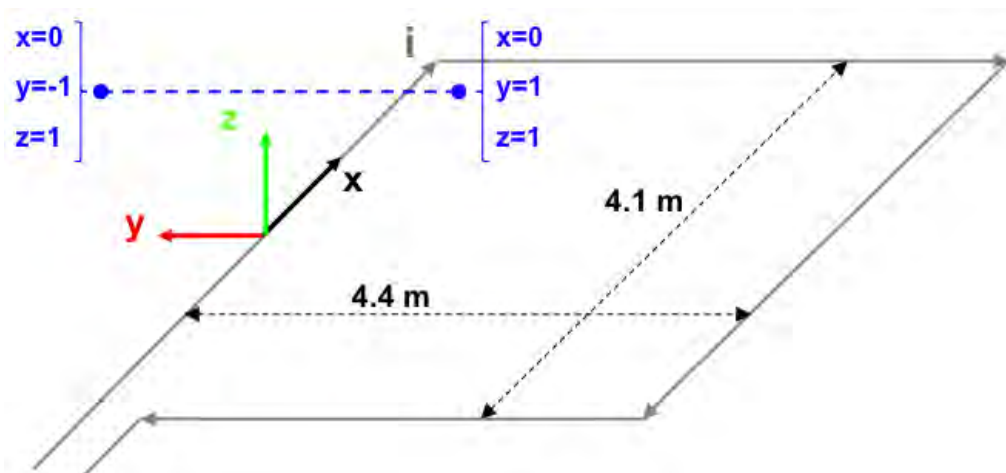


Fig. 9: Schema di spira quadrata.

Nella stessa immagine viene rappresentata una linea di confronto con le seguenti caratteristiche:

- È posta a 1 m da terra →  $z = \text{costante} = 1\text{ m}$
- Si estende lungo l'asse  $y$  →  $x = \text{costante} = 0\text{ m}$
- È lunga due metri: →  $y \text{ minimo} = -1\text{ m}$ ,  $y \text{ massimo} = 1\text{ m}$

Su tale linea di confronto sono state eseguite delle misure sperimentali mediante sistema composto da sonda PMM-EHP50 C le cui caratteristiche sono riportate nel seguente elenco:

- Range di frequenze 5Hz – 100 kHz
- Range di campo elettrico 0.01 V/m – 100 kV/m
- Range di campo magnetico 1 nT – 10 mT
- Risoluzione 0.01 V/m - 1 nT
- Tempo di campionamento 30, 60 sec
- Massima acquisizione 1600 ore con acquisizione ogni 60 sec.
- SPAN 100, 200, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 10 kHz, 100 kHz

Viene infine eseguito il confronto tra misure sperimentali e calcolo eseguito mediante software MAGIC®. I risultati di confronto sono riassunti nella seguente figura.

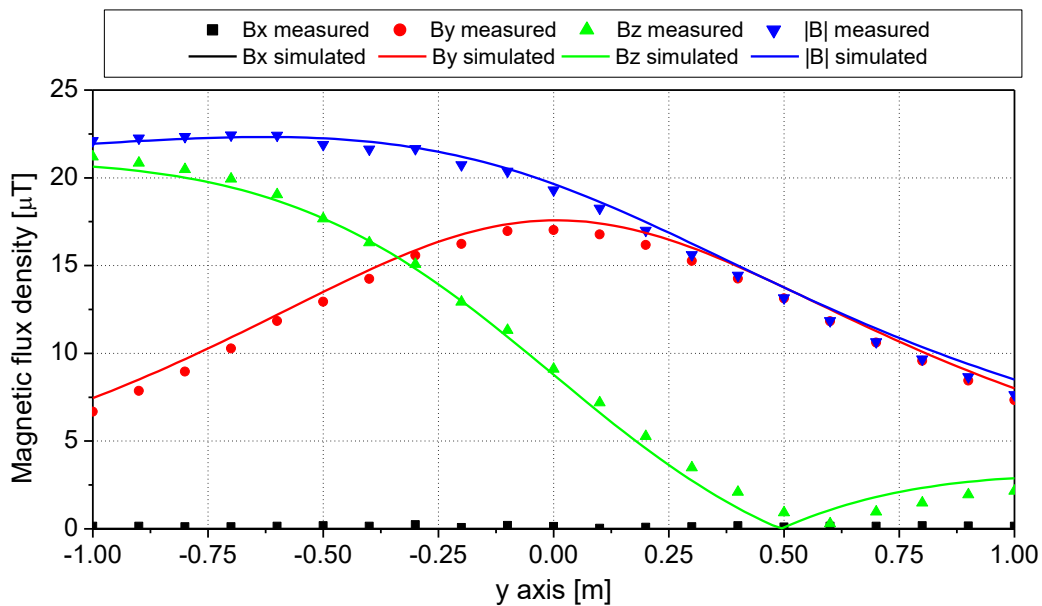


Fig. 10: Induzione magnetica misurata e calcolata mediante software MAGIC®.

***Si dimostra quindi che le misure sperimentali sono in perfetto accordo con il modello implementato nel software MAGIC®.***

### 3 Verifica del modulo tridimensionale:trasformatore di potenza

In questa sezione vengono riportati i principali risultati ottenuti utilizzando il software MAGIC® nella simulazione dei campi generati da un trasformatore in resina (il trasformatore in olio rappresenta una situazione semplificata rispetto a quello in resina).

La validazione è condotta in due step:

- Verifica del modello MAGIC della singola colonna del trasformatore con modello FEM (Finite Element Method)
- Verifica del modello MAGIC del trasformatore completo con misure sperimentali

Maggiore dettaglio sui confronti sono riportati nella seguente referenza:

A. Canova, L. Giaccione, M. Manca, R. Turri, P. Casagrande, "Simplified power transformer models for environmental magnetic impact analysis", 2° Int. Conf. on EMF-ELF, Paris, 24-25 Marzo 2011.

#### 3.1 Verifica del modello MAGIC della singola colonna del trasformatore con modello FEM (Finite Element Method)

MAGIC® propone due diversi modelli per il trasformatore: il primo di tipo semplificato e valido a partire da circa 0.5-1m dal trasformatore, il secondo più



## BESHIELDING

rigoroso valido anche a piccole distanze dal trasformatore. Nel seguito i due modelli verranno indicati come Modello 1 e Modello 2.

Un primo confronto tra i due modelli è stato effettuato con un codice agli elementi finiti (FEMM) di tipo assialsimmetrico. In Figura 11 sono riportate le principali dimensioni del caso analizzato: avvolgimento primario e secondario di un trasformatore di 630 kVA in resina e l'indicazione delle linee di calcolo.

Nei calcoli che seguono i due avvolgimenti sono caratterizzati dalle stesse amperspire in opposizione ( $N_1 \cdot I_1 = N_2 \cdot I_2$ ) e verranno considerate, come sorgenti, le correnti nominali.

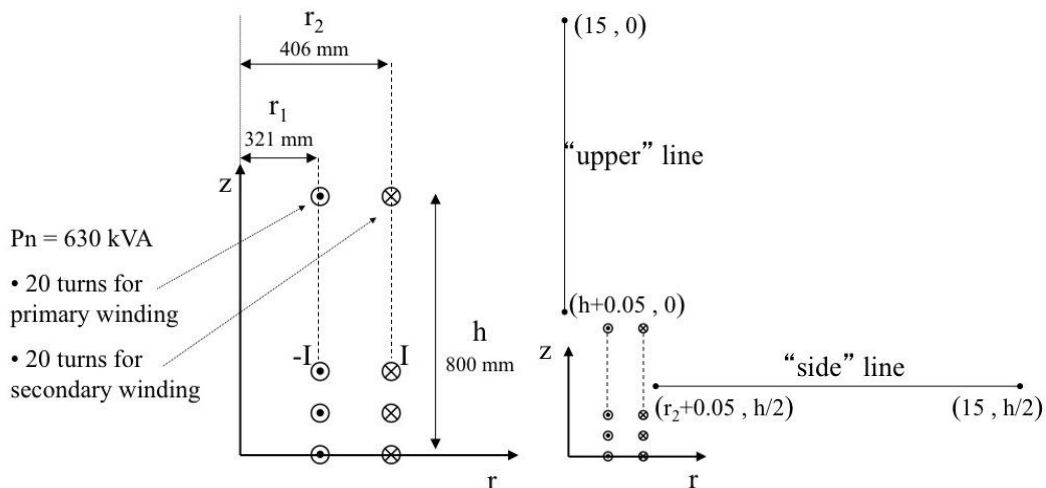


Fig. 11. Geometria del sistema (1) e linee di calcolo (2)

Le Fig. 12 e 13 mostrano, rispettivamente, i valori di induzione magnetica lungo la linea ad 1m dal lato degli avvolgimenti e lungo la linea ad 1.5 m sopra gli avvolgimenti. Le figure mettono a confronto il “modello 1 e 2” ed il calcolo, assunto come riferimento, effettuato mediante codice FEM.

***Si può osservare un ottimo accordo tra i “modelli 1 e 2” adottati nel MAGIC® lungo entrambe le linee mentre per distanze inferiori al metro il modello semplificato, con particolare riferimento al campo lungo la linea verticale, risulta portare a delle discrepanze significative. Per tali distanze e pertanto conveniente utilizzare il “modello 2” che risulta più accurato a spese di un maggiore peso computazionale (nell’ordine comunque delle decine di secondi).***

I modelli inseriti nel MAGIC® sono inoltre confrontati con il modello proposto da un altro software commerciale (EFC-400) che verrà denominato “Modello 3”. Tale modello è basato sull’ipotesi che il campo magnetico disperso, essendo correlato con la reattanza di dispersione del trasformatore, risulta quantitativamente correlato alla tensione di corto circuito. Il modello proposto da EFC-400 è quindi costituito da un unico avvolgimento (che sintetizza il primario ed il secondario) percorso da una corrente ridotta, rispetto alla corrente nominale, secondo la seguente formula:

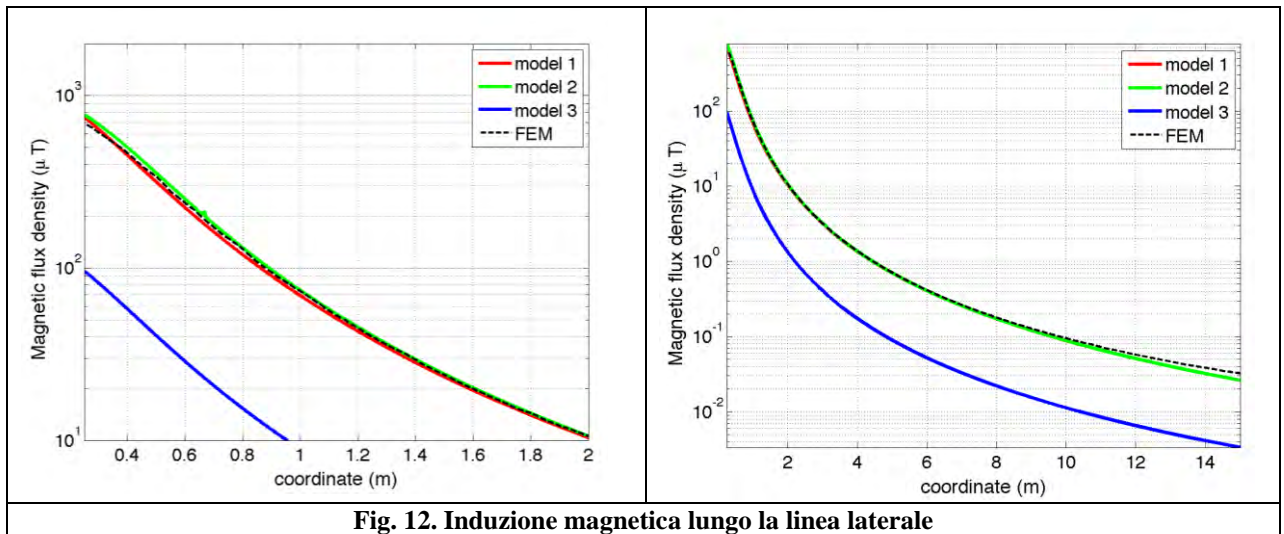
$$I = I_R \cdot \frac{V_{SC} \%}{100} \quad (14)$$

in cui  $I_R$  è la corrente nominale (di primario o secondario) e  $V_{SC}$  è la tensione di cortocircuito percentuale. Può essere utilizzata la corrente di primario o di

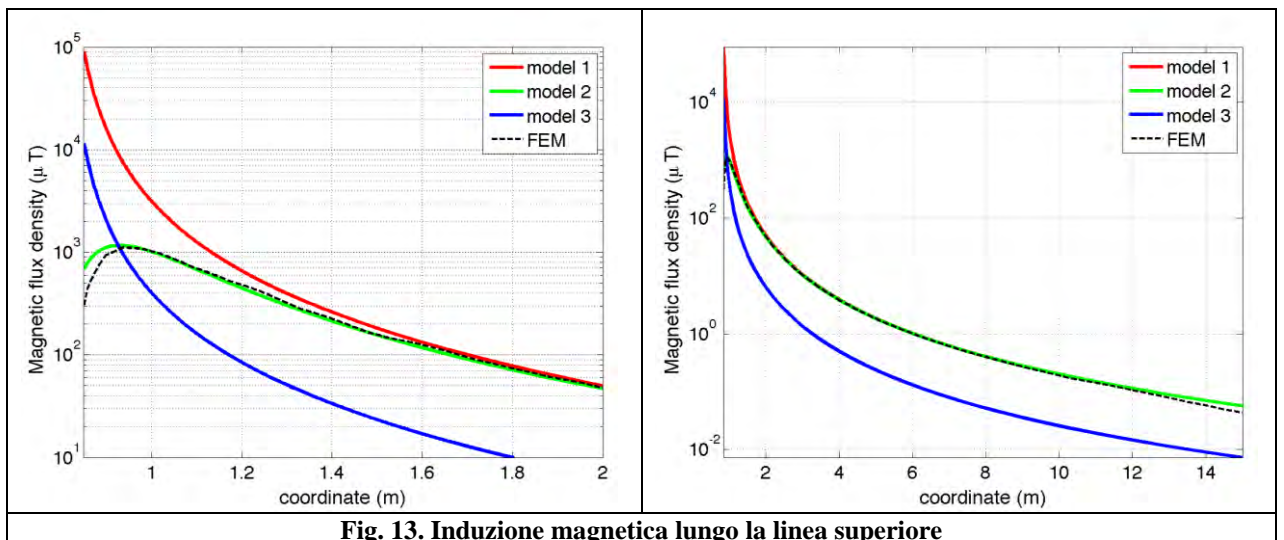


**BESHIELDING**

secondario ( $I_{R1}$  o  $I_{R2}$ ) e corrispondentemente occorre considerare le spire di primario o secondario ( $N_1$  e  $N_2$ ).



**Fig. 12. Induzione magnetica lungo la linea laterale**



**Fig. 13. Induzione magnetica lungo la linea superiore**

Come si può osservare dai profili di induzione magnetica il modello 3 risulta scarsamente idoneo a modellare i due avvolgimenti concentrici di primario e secondario.

### 3.2 Verifica del modello MAGIC del trasformatore completo con misure sperimentali

In questo paragrafo il modelli vengono confrontati con dati sperimentali. Il caso analizzato si riferisce ad un trasformatore in resina da 630 kVA, 15kV/400V, funzionante in condizioni di corto circuito (Fig. 14). Il trasformatore viene alimentato con una tensione che fa circolare negli avvolgimenti una corrente pari al 42% della corrente nominale, si ha quindi 10.4 A di primario (lato MT) e 390 A di secondario (lato BT). Il modello del trasformatore risulta quindi completo e costituito da tutti gli avvolgimenti delle tre fasi.

Le linee di calcolo S1 ed S2 (Fig. 15) sono poste ad 1.5m dal piano di appoggio del trasformatore. E' importante sottolineare che il contributo dei terminali di BT influisce significativamente il campo magnetico ambientale, specialmente nella direzione S1. Pertanto, l'introduzione di tali sorgenti addizionali agli avvolgimenti porta ad una riduzione degli scostamenti tra i vari modelli.

In Fig. 16 e 17 sono riportati i confronti tra le induzioni magnetiche, lungo le linee S1 ed S2, misurate e calcolate con i diversi modelli.

**Come si può osservare, in particolare per la linea S2 (dove il contributo delle connessioni è trascurabile) il modello 1 ed il modello 2 approssimano in modo soddisfacente i dati sperimentali.**

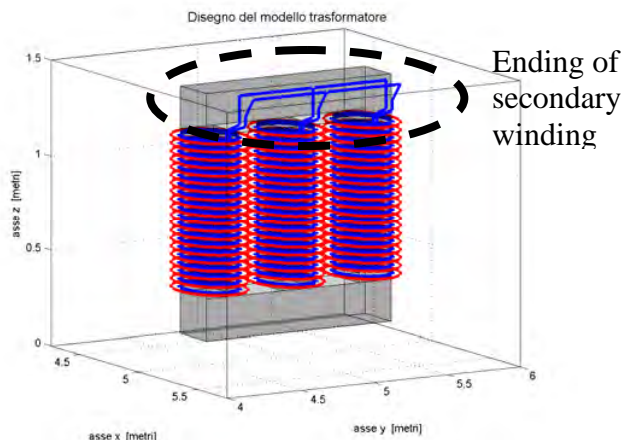


Fig. 14: Connessioni elettriche considerate al lati BT.

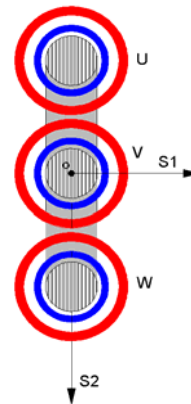


Fig. 15: Linee di calcolo S1 ed S2



BESHIELDING

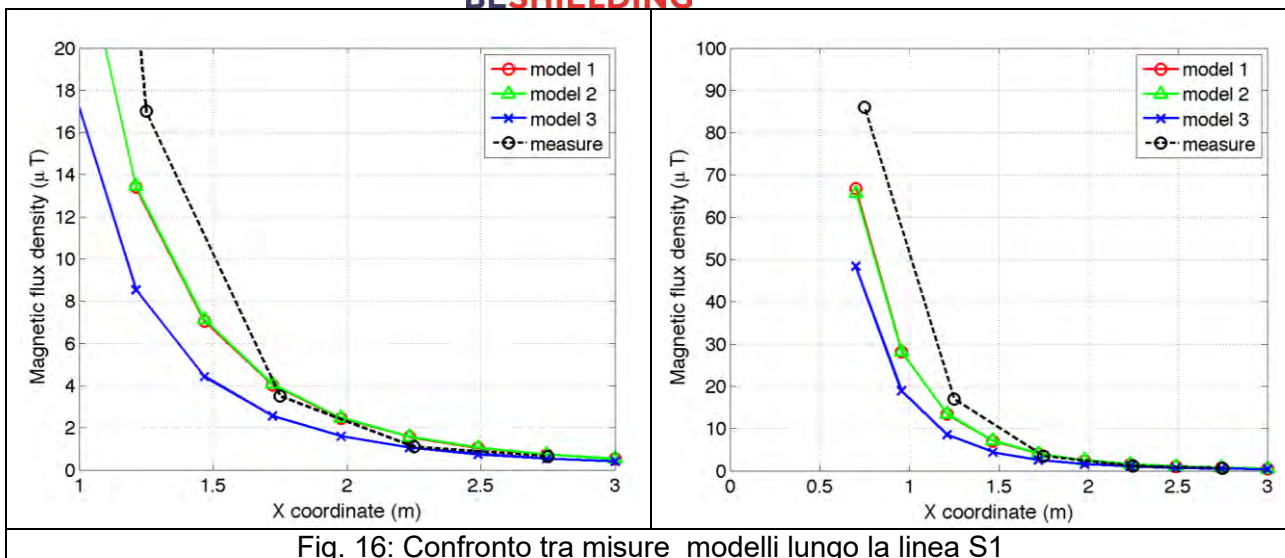


Fig. 16: Confronto tra misure modelli lungo la linea S1

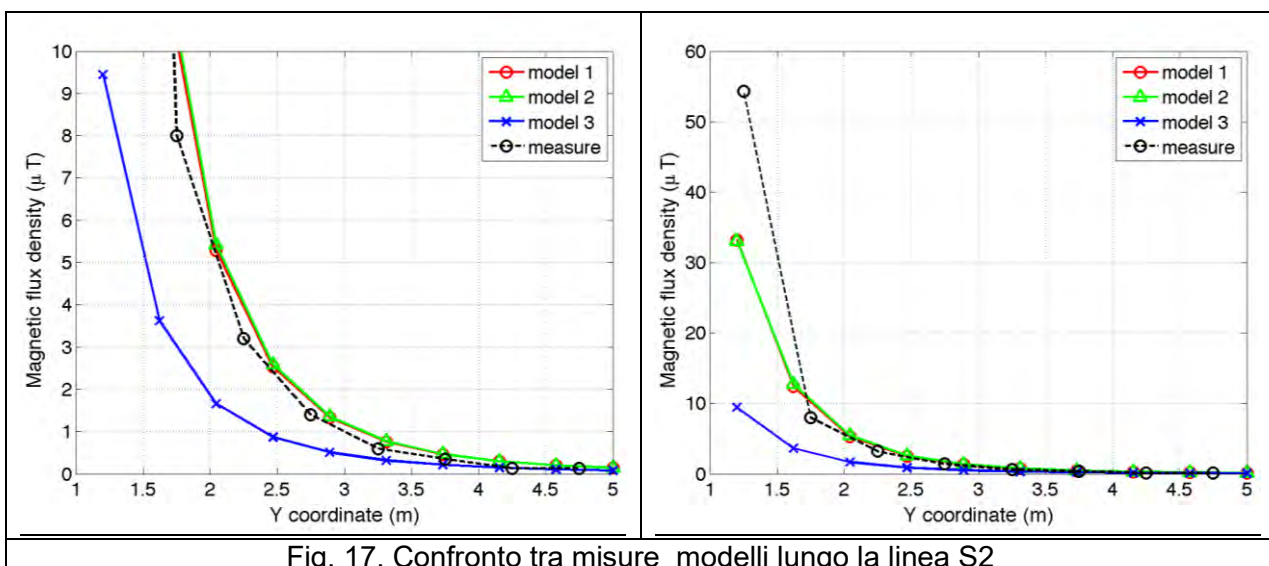


Fig. 17. Confronto tra misure modelli lungo la linea S2

## Conclusioni

Il presente documento si propone di fornire alle autorità competenti tutti gli elementi necessari affinché il software MAGIC<sup>®</sup> possa essere validato secondo quanto richiesto dal Decreto Ministeriale (160) del 29/05/2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.

Come indicato nell'art. 5.1.2 (Calcolo delle fasce di rispetto per linee elettriche) del decreto del 29/05/2008, i modelli tridimensionali non sono ancora standardizzati, tuttavia un software in cui i modelli soddisfino ai seguenti requisiti indicati nel decreto:

“...i modelli utilizzati devono essere descritti in termini di algoritmi implementati, condizioni al contorno e approssimazioni attuate. Essi devono essere validati attraverso misure o per confronto con modelli che abbiano subito analogo processo di verifica. La documentazione esplicita e



**BESHIELDING**

comprovante i criteri di cui sopra deve essere resa disponibile alle autorità competenti ai fini dei controlli”, può essere ritenuto idoneo allo scopo e, a tal fine, è stato redatto il presente documento.

Per quanto concerne in particolare le cabine elettriche, la complessità delle sorgenti in esame richiede una valutazione accurata che tenga conto principalmente della tridimensionalità delle singole sorgenti e l'effetto prodotto dalla combinazione delle stesse (sovrapposizione degli effetti). Nelle analisi precedentemente svolte sono stati analizzati e validati i principali componenti costituenti le cabine quali linee elettriche di connessione (tratti di conduttori di lunghezza finita), quadri elettrici (tratti conduttori di lunghezza finita) e trasformatori (elementi toroidali e tratti di conduttore di lunghezza finita).

***Dai risultati ottenuti e presentati è quindi possibile concludere che il Software MAGIC® ha le caratteristiche per essere rispondente alle indicazioni richieste dal Decreto Ministeriale (160) del 29/05/2008, lasciando ovviamente alle autorità competenti la verifica ed il giudizio finale.***