



Grid Shape S.r.l. - Via IV Novembre, 2, Padova

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ E INVARIANZA IDRAULICA

Gavello - Comune di Bondeno (FE)



Commessa: 077-25

Data: 24/11/2025

dott. Geol. Alberto Velicogna



SOMMARIO

1.PREMESSA	3
2.RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3.INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
4. NQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	6
4.1 ASSETTO GEOMORFOLOGICO – STRUTTURALE	6
4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL’AREA IN ESAME	8
5.INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO	10
6.VINCOLISTICA.....	14
7.ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO	16
8.RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA	18
9.PERMEABILITÀ DEL SITO	18
10.INVARIANZA IDRAULICA	19
10.1 RICHIAMI TEORICI.....	19
10.2 DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI	20
10.2.1 DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI AREA 1.....	21
10.2.2 DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI AREA 2.....	22
10.2.3 DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI AREA 3.....	23
10.2.4 DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI AREA 4.....	24
10.2.5 DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI AREA 5A	25
10.2.6 DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI AREA 5B.....	26
10.2.7 DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI AREA 6.....	27
10.3 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – DELIBERAZIONE N.61/2009	28
10.3.1 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – DELIBERAZIONE N.61/2009 AREA 1	28
10.3.3 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – DELIBERAZIONE N.61/2009 AREA 3	28
10.3.4 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – DELIBERAZIONE N.61/2009 AREA 4	29
10.3.5 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – DELIBERAZIONE N.61/2009 AREA 5A	29
10.3.6 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – DELIBERAZIONE N.61/2009 AREA 5B	29
10.3.7 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – DELIBERAZIONE N.61/2009 AREA 6	29
10.4 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – METODO DELLE SOLE PIOGGE	30
10.4.1 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – METODO DELLE SOLE PIOGGE AREA 1.....	31
10.4.2 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – METODO DELLE SOLE PIOGGE AREA 2.....	35
10.4.3 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – METODO DELLE SOLE PIOGGE AREA 3.....	39

10.4.4 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – METODO DELLE SOLE PIOGGE AREA 4.....	43
10.4.5 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – METODO DELLE SOLE PIOGGE AREA 5A	47
10.4.6 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – METODO DELLE SOLE PIOGGE AREA 5B.....	51
10.4.7 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE – METODO DELLE SOLE PIOGGE AREA 6.....	55
10.5 TABELLE RIASSUNTIVE	59
10.5.1 TABELLA RIASSUNTIVA AREA 1	59
10.5.2 TABELLA RIASSUNTIVA AREA 2	59
10.5.3 TABELLA RIASSUNTIVA AREA 3	59
10.5.4 TABELLA RIASSUNTIVA AREA 4	59
10.5.5A TABELLA RIASSUNTIVA AREA 5A	60
10.5.5B TABELLA RIASSUNTIVA AREA 5B	60
10.5.6 TABELLA RIASSUNTIVA AREA 6	60
11.MISURE COMPENSATIVE PROPOSTE	61

1.PREMESSA

La presente relazione di invarianza idraulica è redatta ai sensi della normativa vigente in materia di gestione delle acque meteoriche e tutela del territorio dal rischio idraulico, in conformità alle prescrizioni del Regolamento Regionale di gestione delle acque meteoriche e alle direttive del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) per il territorio del Comune di Bondeno (FE). L'analisi è finalizzata a verificare che la realizzazione dei nuovi impianti fotovoltaici non determinino un peggioramento delle condizioni di deflusso delle acque meteoriche, garantendo il principio di invarianza idraulica e idrologica, ovvero che la portata massima defluente post-operam non superi quella ante-operam per eventi di pioggia di pari tempo di ritorno.

Nel dettaglio, vengono valutate le modifiche dell'uso del suolo derivanti dall'installazione dei moduli fotovoltaici, dalle eventuali opere di fondazione e viabilità interna, nonché dagli interventi accessori previsti.

In questo elaborato, dopo aver fornito un adeguato inquadramento dell'area interessata dall'intervento, dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico ed idrografico, si procederà al calcolo dei coefficienti di deflusso ante operam e post operam e alla definizione delle misure compensative proposte al fine di garantire il principio dell'invarianza idraulica.

Per la presente relazione sono stati visionati anche i seguenti documenti: PAI, PGRA e PRG comunale.

L'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione è ubicato nel territorio del Comune di Bondeno (FE).



Figura 1: Esempio della struttura che verrà installata.

La superficie complessivamente interessata dall'intervento risulta essere suddivisa in varie aree, riportate nella tabella successiva (con le relative superfici) e nel corrispondente layout:

ID	SUPERFICIE TOTALE CATASTALE [mq]	OCCUPATA DAI PANNELLI [mq]	OCCUPATA DA CABINE DI TRASFORMAZIONE [mq]	OCCUPATA DA CABINE DI RACCOLTA [mq]	OCCUPATA DA CABINE MAGAZZINO [mq]	SUPERFICIE STRADE E PIAZZALI [mq]
AREA 1	222,399.4	65595.64939	44.308212	44.88	29.538808	14185.05
AREA 2	684,756.1	195593.0231	162.463444	44.88	29.538808	33631.72
AREA 3	210,689.5	62365.02854	44.308212	44.88	29.538808	11762.97
AREA 4	149,687.1	33008.51736	29.538808	44.88	29.538808	8991.4
AREA 5a	131,760.8	25072.42702	29.538808	0	0	7718.08
AREA 5b	345,266.5	81046.44475	59.077616	44.88	29.538808	21221.12
AREA 6	58,772.9	10253.70965	14.769404	44.88	29.538808	5326.4



Figura 2: Suddivisione nelle aree e layout dell'opera.

2.RIFERIMENTI NORMATIVI

- "Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto" Circ.Min. LL.PP. n.11633/74;

- "Norme tecniche generali per la regolamentazione dell'installazione e dell'esercizio degli impianti di fognatura e depurazione" - Legge n. 319 10/5/1976;
- "Norme tecniche relative alle tubazioni" - D.M 12/12/1985,
- "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole" – D.Lgs. 11 maggio 1999, n.152;
- "Direttiva concernente gli indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio da aree esterne (Art. 39 -D.Lgs. 11 maggio 1999 n. 152)" – Deliberazione della Giunta Regionale Emilia Romagna 14 febbraio 2005, n.286;
- "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento" Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, n. 152;
- "Linee Guida di indirizzo per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di prima pioggia in attuazione della deliberazione Giunta regionale 14 febbraio 2005 n. 286"- Deliberazione della Giunta Regionale Emilia Romagna 18 dicembre 2006, n.1860;
- "Linee Guida della Direzione Tecnica Arpa Emilia Romagna: criteri di applicazione del DGR 286/05 e 1860/06 - acque meteoriche e di dilavamento" - Revisione del 14/04/2008;
- "Procedure di calcolo dei volumi di accumulo per l'applicazione del principio di invarianza idraulica Determinazioni".
- Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009.

3.INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Le aree oggetto di intervento si trovano in Comune di Bondeno, ubicato nella porzione più occidentale della provincia di Ferrara e della Pianura Padana.

I siti di interesse si trovano poco a sud rispetto al centro abitato di Gavello, frazione del Comune di Bondeno.



Figura 3: Inquadramento su ortofoto.

4. NQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

4.1 Assetto geomorfologico – strutturale

Dal punto di vista geologico – strutturale il bacino dell'attuale Pianura Padana tuttora subsidente, era compreso nel più ampio Bacino Padano – Adriatico, che corrisponde alla zona di subsidenza sin-orogena e post-orogena compresa tra le zone di sollevamento dell'Appennino e delle Alpi.

Nel sottosuolo si rinvenivano alternanze di strati sabbiosi, talora ghiaiosi, permeabili con strati limoso – argillosi poco permeabili o impermeabili variamente ondulati. Tali depositi presentano spessori variabili con massimi e minimi distribuiti secondo l'andamento delle aree rilevate e depresse che ammantavano e colmavano durante la deposizione. Il tetto del substrato roccioso, identificante il margine settentrionale sepolto della catena Appenninica, si incontra a partire dal piano campagna, a profondità variabili fra poco meno di 200 m e più di 2000 m.

Nel territorio di indagine i litotipi più recenti sono rappresentati da accumuli detritici disordinati e caotici in quello che era un golfo marino in subsidenza. Le rocce più antiche costituiscono una parte sepolta dell'Appennino; in particolare, l'area oggetto di studio insiste su una serie di pieghe anticlinali associate a faglie. In termini generali ed in modo schematico possiamo individuare tre zone principali: - "Zona delle pieghe

pedeappenniniche", dal margine collinare alla Via Emilia, costituita da una successione di sinclinali ed anticlinali, con asse a vergenza appenninica, spesso fagliate e sovrascorse sul fianco Nord; - "Zona della Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia", dove i depositi quaternari raggiungono il loro massimo spessore per tutta la pianura Padana; - "Zona della Dorsale Ferrarese", alto strutturale costituito da una serie di pieghe associate a faglie dove, talora, lo spessore del Quaternario si riduce a poche decine di metri. Questo andamento ad archi di pieghe del fronte sepolto dell'Appennino, di messa in posto sempre più recente, man mano si procede verso le aree più esterne e da correlarsi con il movimento di rotazione della catena in senso antiorario, che genera raccorciamenti crostali di crescente intensità spostandosi dai settori occidentali a quelli orientali testimonianza del graduale colmamento del bacino.

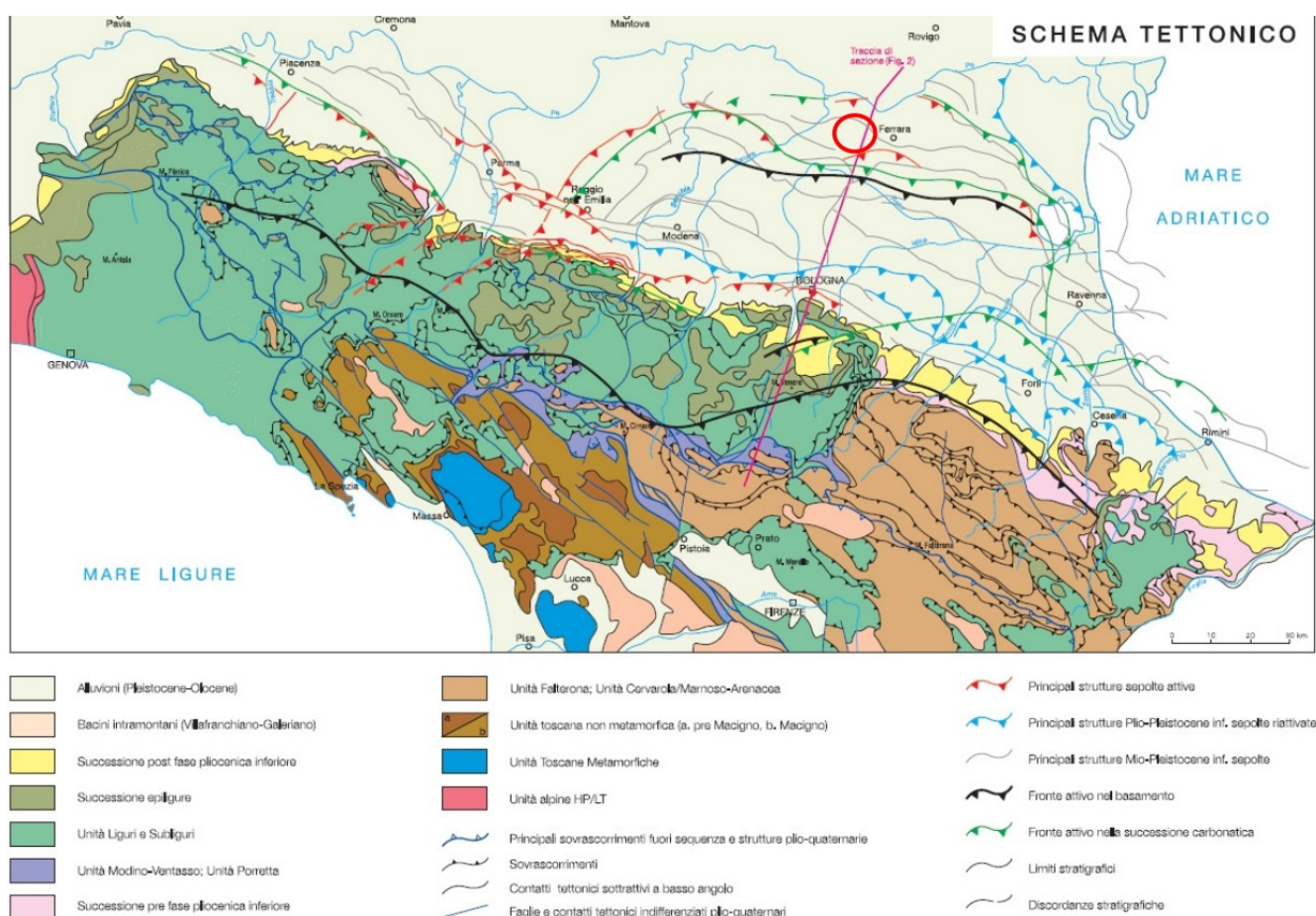


Figura 4: Schema tettonico dell'Appennino settentrionale.

Il territorio in esame dal punto di vista litostratigrafico è caratterizzato da depositi di origine alluvionale, ascrivibili al contesto deposizionale di "Argine, canale e rotta fluviale", tale definizione paleogeografica deriva dalle caratteristiche tessiturali dei sedimenti meno profondi di origine Olocenica. Tali sedimenti sono la conseguenza della fase di accumulo detritico di tipo prevalentemente fluviale, contraddistinti da granulometrie eterogenee e da spessori notevolmente variabili sia verticalmente che arealmente. Dal punto di vista

geomorfologico nell'area Ferrarese sono riscontrabili diverse morfologie relitte attribuibili ad antichi apparati fluviali presenti nella zona la cui espressione odierna è rappresentata da paleoalvei, ovvero letti e argini fluviali non più attivi, conoidi di deiezione (ventagli di rotti) strutture legate alla rottura degli argini in occasione di eventi di piena e le "paleovalli", ovvero le aree interfluviali depresse dove la sedimentazione era legata alla decantazione delle acque che invadevano tali aree durante le esondazioni dei corsi d'acqua.

4.2 Inquadramento geologico e geomorfologico dell'area in esame

Dal punto di vista geologico, i sedimenti affioranti nel territorio comunale di Bondeno sono riferibili al Subsistema di Ravenna (AES8), inquadrato nella parte più recente nel Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore. Nello specifico, le aree di intervento (secondo la Carta della litologia superficiale del PTCP di Ferrara) sono costituite prevalentemente da materiale fine, nello specifico da argille, argille limose, argilla limo e sabbia, e argilla sabbiosa.

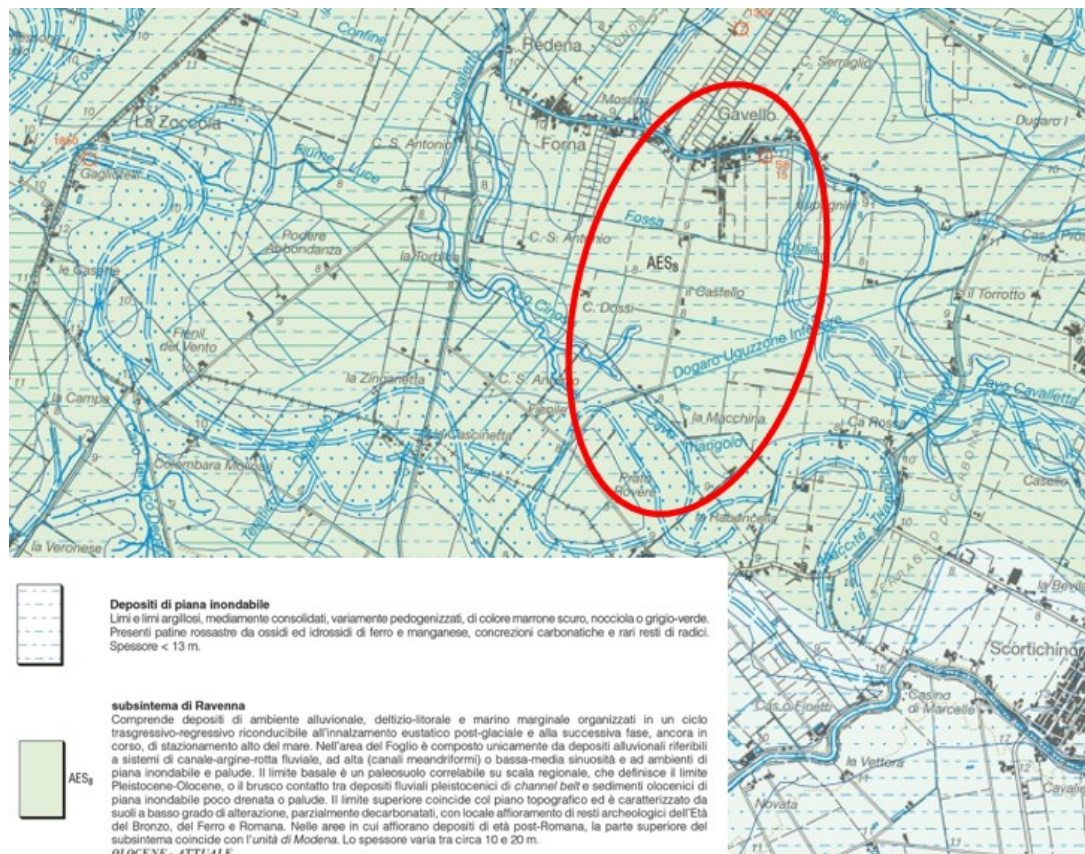


Figura 5: Stralcio della Carta geologica "Mirandola" – da Carta Geologica d'Italia.

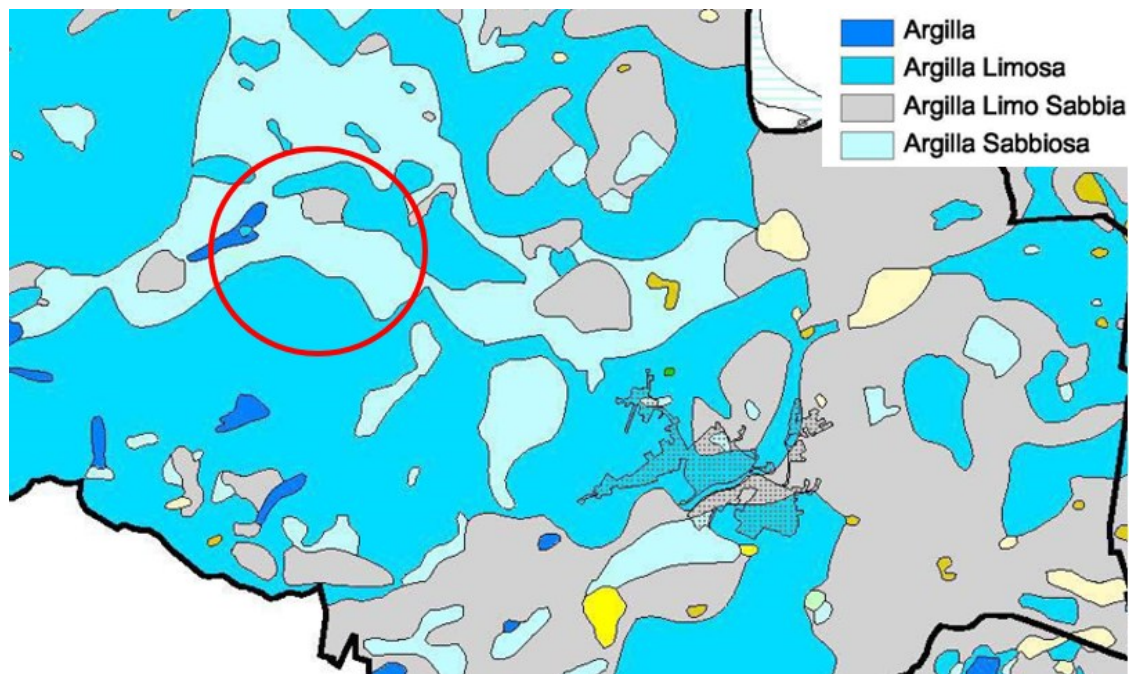


Figura 6: Stralcio della Carta della litologia superficiale – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Ferrara.

Dal punto di vista geomorfologico, nell'area di interesse, non si segnalano particolari dissesti geomorfologici in atto.

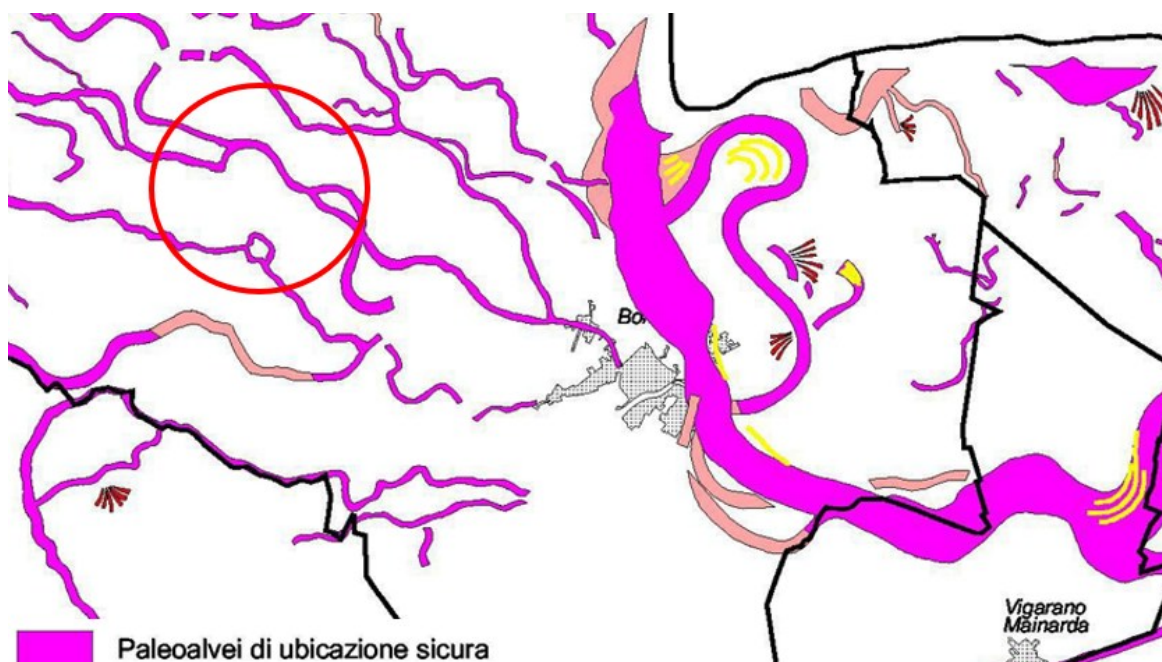


Figura 7: Stralcio della Carta geomorfologica – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Ferrara.

5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

L'area in esame dal punto di vista idrografico rientra nella porzione settentrionale del sottobacino idrografico del Delta del Po. In epoca olocenica e storica l'area oggetto di studio era interessata da una fitta rete idrografica i cui corsi d'acqua erano liberi di espandere le proprie acque di piena nelle zone circostanti: nelle sponde naturali dell'alveo e nelle aree immediatamente circostanti (aree di più alta energia idrodinamica) erano depositati i materiali più grossolani trasportati in sospensione, mentre i sedimenti più fini si distribuivano lontano, nelle aree situate tra un alveo e l'altro (acque di esondazione caratterizzate da bassa energia di trasporto). Nel sottosuolo si rinvenivano alternanze di strati sabbiosi, talora ghiaiosi, permeabili con strati limoso – argillosi poco permeabili o impermeabili variamente ondulati. Prendendo in considerazione la natura geo-litologica dei terreni affioranti, pur tenendo conto dell'estrema variabilità che la permeabilità può presentare anche all'interno di una stessa unità litologica, si è cercato di definire tale parametro per le formazioni affioranti nell'area in studio. A tal fine il complesso idrogeologico affiorante nell'area in esame in base al tipo e al grado di permeabilità che possiede rientra nella classe dei "Terreni poco permeabili o impermeabili" caratterizzata da terreni essenzialmente plastici appartenenti alla facies pelitica-arenacea, costituita da argille sabbiose-siltose, ricoperte da argille torbiditiche, presenta caratteristiche di bassa permeabilità con un coefficiente di permeabilità K valutabile tra 10^{-4} e 10^{-7} cm/s.

Nel dettaglio possiamo caratterizzare la permeabilità dei terreni interessati

- Un primo livello più superficiale di copertura, di spessore circa 1,80 m (riporto pedogenizzato e Formazione eluviale rimaneggiata), a permeabilità medio-bassa con K valutabile 10^{-2} - 10^{-4} ; esso è granulometricamente ascrivibile nel campo delle sabbie argillose con ghiaie;
- Un secondo livello stratigrafico più profondo presenta una permeabilità molto variabile da bassa a molto bassa con K valutabile 10^{-4} e 10^{-7} ; Granulometricamente il range di quest'ultimo varia dalle sabbie fini alle siltiti.

Nell'area prossimale alle aree di intervento, scorrono vari canali e condotti che fanno parte del cosiddetto Bacino Burano – Volano del Canal Bianco. Nello specifico, nelle zone circostanti, scorrono il Fosso Puglia, il Fosso Cinoso, il Cavo Dogaro Uguzzone e il Cavo Triangolo.



Figura 8: Idrografia nei pressi dell'area di intervento.

Per comprendere i caratteri del bacino Burano – Volano del Canal Bianco va premesso che, in genere, il concetto di bacino idrografico in pianura è convenzionale. In un territorio caratterizzato da pendenze debolissime come la bassa Pianura Padana è infatti difficile tracciare dei precisi spartiacque, anche in considerazione del fatto che l'assetto idraulico è strettamente controllato da canali artificiali e paratoie (chiaviche); è dunque quasi sempre possibile, con particolari manovre, deviare le acque di scolo in territori adiacenti.

Il bacino idrografico viene perciò definito facendo riferimento al sistema di convogliamento delle acque di scolo in condizioni ordinarie, ossia di piovosità normale e con la sistemazione più frequente delle paratoie.

In questo quadro, viene chiamato Bacino Burana-Volano-Canal Bianco l'insieme dei territori le cui acque trovano generalmente recapito a mare nel tratto costiero compreso fra la foce del Po di Goro e la foce del Reno (escluse dette foci).

I principali canali preposti a tale funzione sono, da nord a sud:

- il Canal Bianco, a servizio della fascia settentrionale del territorio ferrarese, che scarica le sue acque nella Sacca di Goro, previo sollevamento all'impianto idrovoro Romanina (ed eventuale presollevamento all'impianto idrovoro Ceccata)
- il sistema Po di Volano-Canale Navigabile, asse principale dell'intero bacino; il primo sbocca nella Sacca di Goro, il secondo direttamente in mare, a Porto Garibaldi.

Nello stesso tratto di costa sboccano anche:

- l'impianto idrovoro Bonello, a servizio del territorio di Goro, che scarica nella Sacca di Goro;
- l'impianto idrovoro Giralda, a servizio di vaste aree dei comuni di Mesola e Codigoro, che scarica pure nella Sacca di Goro;
- la vecchia foce del Volano, che mette in comunicazione la Valle Nuova-Bertuzzi e il Lago delle Nazioni con la Sacca di Goro;
- i Canali Logonovo e Gobbino, che mettono in comunicazione con il mare le Valli Meridionali di Comacchio.

L'estensione totale del bacino supera perciò i 300.000 ha, tutti in pianura: di questi, oltre 130.000 ha, in provincia di Ferrara, sono situati a quota inferiore al livello medio del mare.

I consorzi di bonifica che insistono sul bacino sono, da monte a valle:

- il Consorzio di Bonifica di Revere
- il Consorzio di Bonifica Reno-Palata
- il Consorzio di Bonifica di Burana
- il Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno
- il Consorzio di Bonifica del I Circondario
- il Consorzio di Bonifica del II Circondario.

I fiumi Po, Po di Goro, Panaro, Reno e Secchia, che lambiscono (o attraversano) questo territorio, presentano alvei pensili e il bacino in oggetto mantiene relazioni idrauliche, in fase di scolo, solo con il Po Grande, potendo scaricarvi acque presso Mòglia (impianto idrovoro Mòglia) e presso Stellata (impianto idrovoro Pilastresi).

I consorzi di bonifica operanti nella parte ferrarese di questo bacino sono definiti in base alla suddivisione del territorio operata dai dossi fluviali del Po, del Panaro, del Reno e dei paleoalvei, anch'essi pensili, del Po di Ferrara, del Po di Volano e del Po di Primaro.

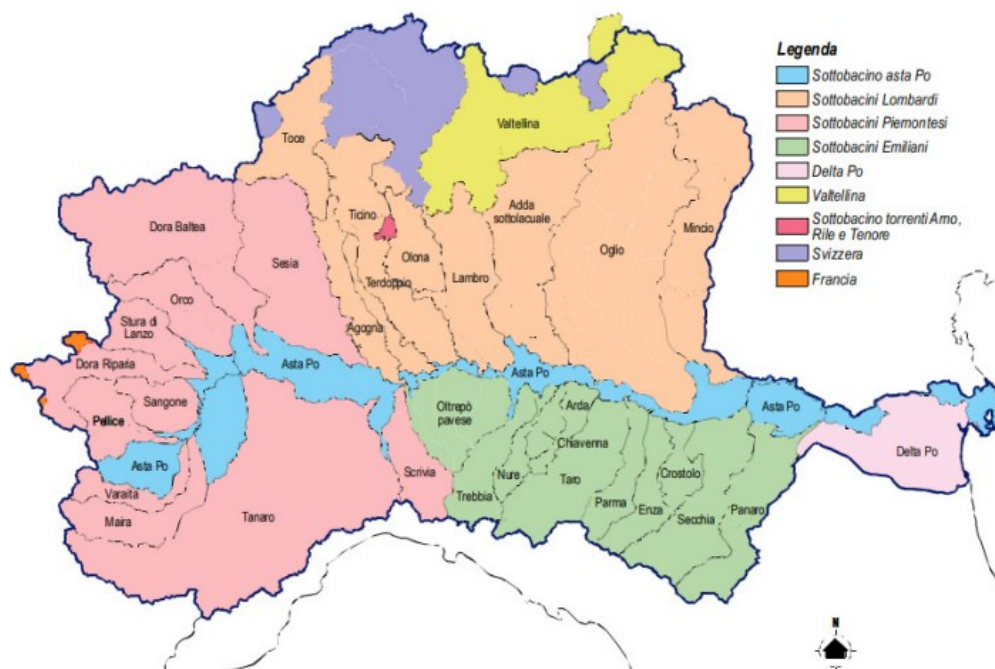


Figura 9: Delimitazione dei principali sottobacini Idrografici del bacino del Fiume Po.

Dal punto di vista della pericolosità da allagamento da canale è necessario ricordare come la gran parte dei canali di scolo hanno anche funzione di canali irrigui e, in occasione di intense precipitazioni nei mesi estivi – ovvero nella stagione di maggior irrigazione – sarebbe necessario disporre di invasi vuoti per poter smaltire rapidamente le acque; ma questo è quasi sempre impossibile, appunto, nelle zone ove l’irrigazione viene praticata con sistema promiscuo e i canali stessi sono già colmi d’acqua destinata a tale funzione.

Ovviamente la condizione di massima pericolosità si produce quando avviene contemporaneamente la condizione di canali promiscui colmi e black-out di impianti idrovori, come è accaduto, ad esempio, in occasione del nubifragio avvenuto nell’estate del 1979 (8-9 Agosto).

Un’ulteriore criticità importante è rappresentata dalla impossibilità di esercitare l’utilizzo totale degli alvei di piena del Volano e del Primaro a causa dell’avvenuta occupazione delle golene con edifici. Lo sforzo di mantenere l’invaso delle acque limitato al solo alveo inciso è ormai divenuto insostenibile: si può oggi considerare ineluttabile l’allagamento di parte di questi edifici in caso di forte aumento degli afflussi a questi corsi d’acqua.

Ulteriori elementi di criticità fanno in modo che, oggi, tale pericolosità stia assumendo sempre maggiore importanza:

- il mutamento climatico in corso, in direzione di un sensibile aumento della frequenza di eventi estremi (si verificano sempre più spesso episodi che concentrano in poche ore le precipitazioni che in passato erano distribuite su varie settimane o mesi);

- i cambiamenti tuttora in atto nel territorio, che consistono soprattutto negli abbassamenti causati dalla subsidenza artificiale e nella crescente impermeabilizzazione dei suoli legata alla progressiva urbanizzazione di vaste aree;
- eventuali insufficienze locali della rete di scolo, che nelle reti consorziali possono essere soprattutto rappresentate da franamenti di sponde dei canali, e in quelle aziendali dalla scarsa manutenzione o nell'eliminazione dei fossi interpoderali.

Gli effetti in genere consistono in una generale diminuzione dei tempi di corrivazione e in locali aumenti dei coefficienti di deflusso, che si traducono in insufficienze più o meno gravi di alcune parti della rete.

In tale situazione si può affermare che il sistema di scolo del bacino Burana-Volano-Canal Bianco è ormai un sistema “privo di margini”, specie per quanto riguarda la provincia di Ferrara, e nell'ambito di tale bacino si può considerare privo di margini anche il sistema di scolo del territorio comunale. Esso è infatti in grado di far fronte a eventi precipitazionali medi, ma non a eventi di portata eccezionale.

Per quanto attiene alle condizioni idrogeologiche, il drenaggio dei terreni che costituiscono l'ossatura della pianura di Ferrara, sono condizionate dall'assetto morfologico ed in particolare dal micro-rilievo; le linee preferenziali di drenaggio hanno direzione ovest – est.

L'inquadramento idrogeologico del territorio ferrarese evidenzia l'esistenza di un acquifero libero freatico, costituito prevalentemente da limi e limi sabbiosi, riconducibili a sedimenti di ambiente fluviale. La falda freatica, escludendo le aree limitrofe alle arginature del Po, viene alimentata principalmente da apporto meteorico e quindi fortemente influenzata da condizioni climatiche che ne favoriscono forti escursioni, prossima al p.c. in periodi molto piovosi e forte riduzione in periodi siccitosi.

6.VINCOLISTICA

Si riporta di seguito uno stralcio delle aree allagabili del PGRA, oltre che lo stralcio delle classi di rischio:

Come si può notare, l'area di intervento ricade anche nei seguenti scenari di pericolosità del PGRA:

- per quanto riguarda il reticolo principale- ricade nello scenario di pericolosità L (bassa probabilità – scenari eventi estremi T ritorno > 200 anni) del Bacino del Po;
- per quanto riguarda il reticolo secondario di pianura, ricade nello scenario di pericolosità M (media probabilità – scenari eventi T ritorno 100 – 200 anni) e H (alta probabilità – scenari eventi T ritorno 100 – 200 anni) del Bacino del Po.

Nello specifico, ricadono in pericolosità alta: parte meridionale dell'area 1, parte occidentale dell'area 3, parte orientale dell'area 5b e tutta l'area 2. Le aree 4 e 5a ricadono nello scenario di pericolosità media.

- per quanto riguarda la classe di rischio idraulico, l'area ricade in classe R1 – rischio moderato e R2 – rischio medio.

Nello specifico, ricadono in rischio moderato parte settentrionale dell'area 1, parte orientale dell'area 3, tutta l'area 4, tutta l'area 5a, tutta l'area 5b (eccetto le abitazioni) e tutta l'area 6 (eccetto le abitazioni); mentre ricadono in rischio medio parte meridionale dell'area 1, parte occidentale dell'area 3, zona con abitazioni nelle aree 5b e 6, tutta l'area 2.

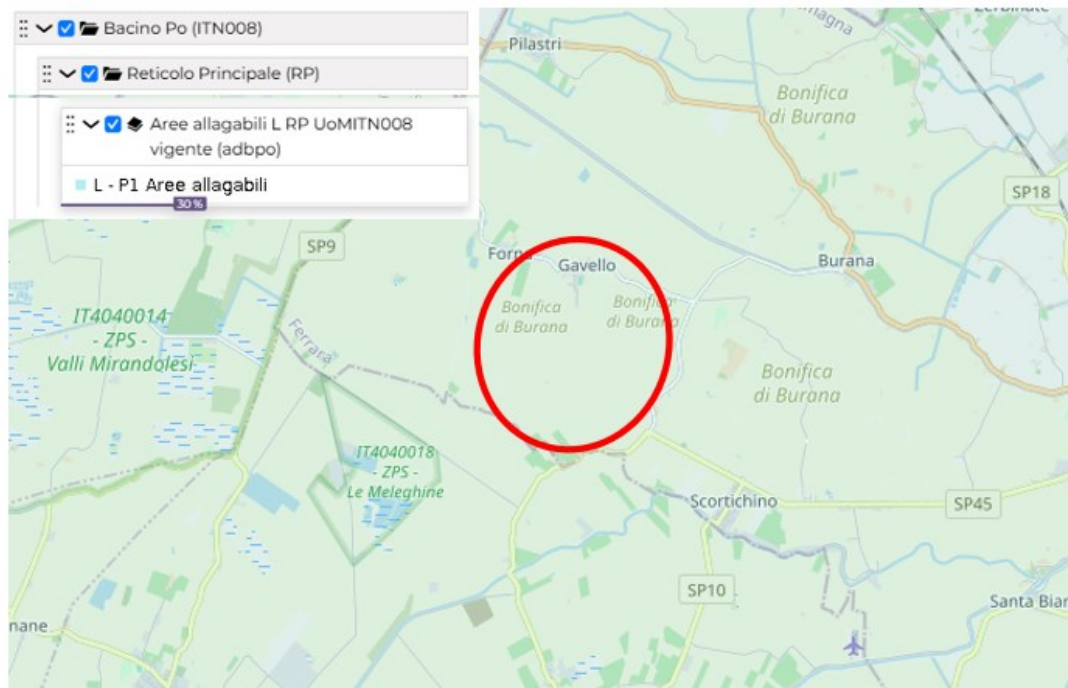


Figura 10: Stralcio delle aree allagabili del PGRA relative al Reticolo Principale (RP) del Bacino del Po.

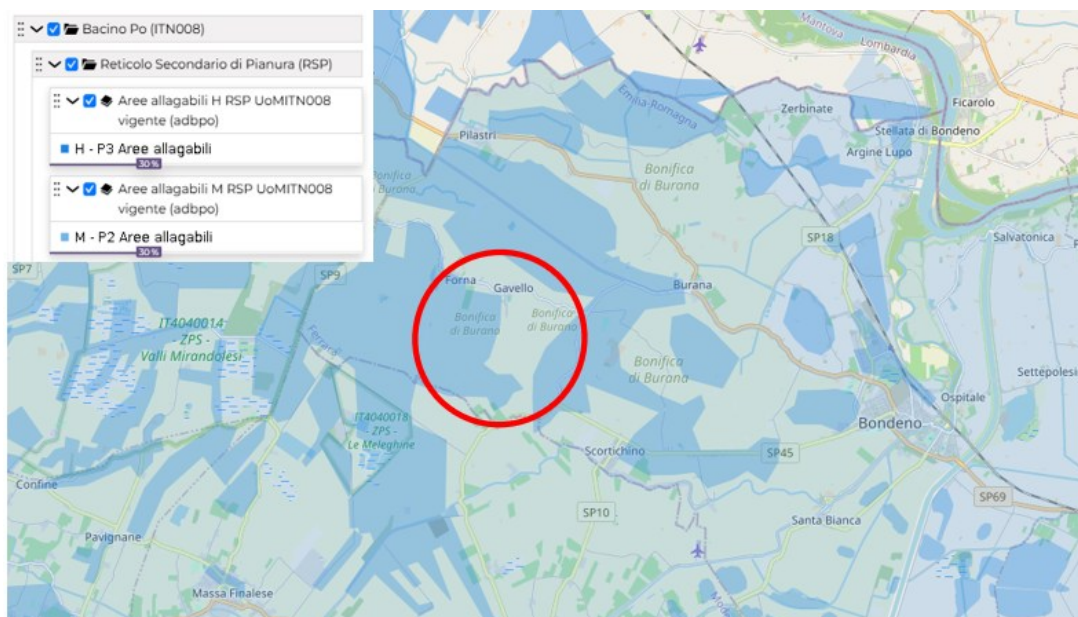


Figura 11: Stralcio delle aree allagabili del PGRA relative al Reticolo Secondario di Pianura (RSP) del Bacino del Po.

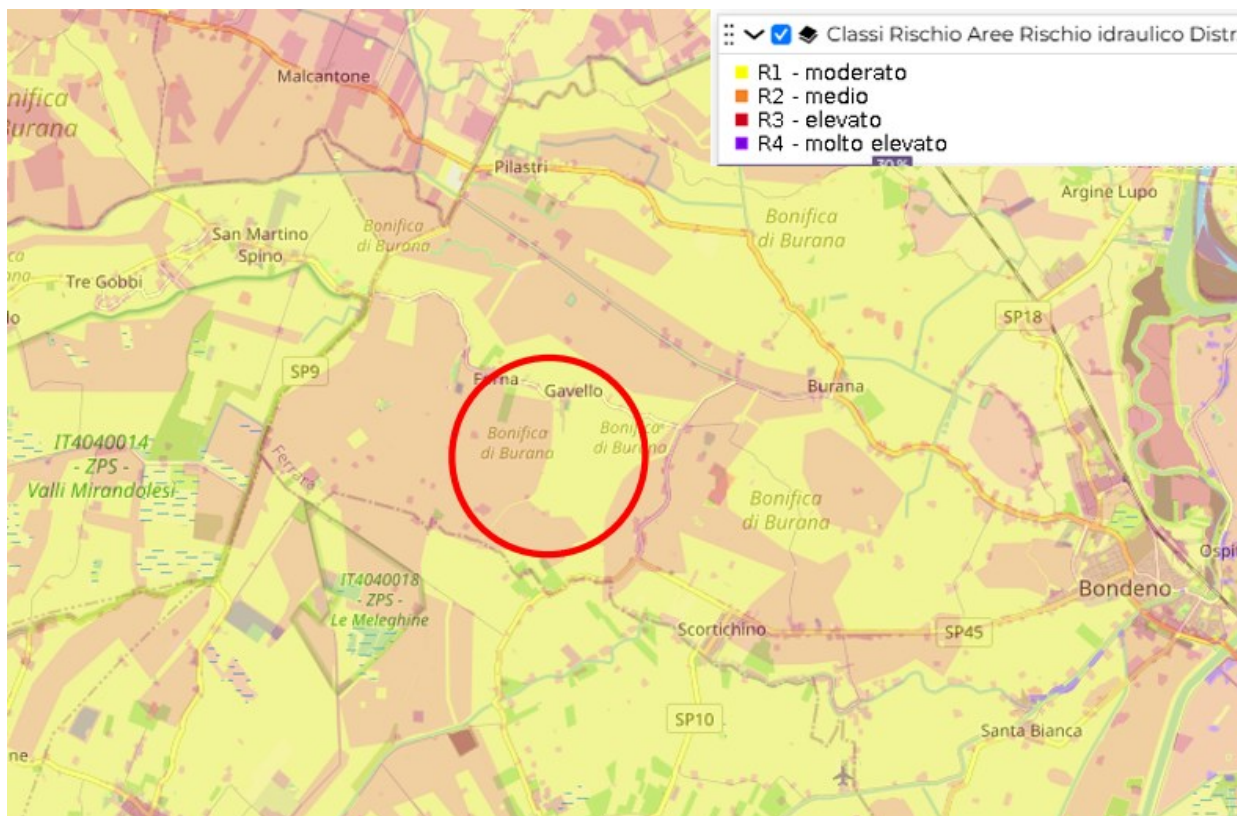


Figura 12: Stralcio delle classi di rischio idraulico da AdbPO – Geoportale del distretto del Po.

7.ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO

Per quanto riguarda la classificazione del territorio in base al pericolo di inondabilità dell'area, il territorio della Regione Emilia-Romagna è interessato da tre nuovi Piani: il PGRA del distretto padano, quello del distretto dell'Appennino Settentrionale e quello del distretto dell'Appennino Centrale.

Tali piani rappresentano il rischio di alluvione di tutto il territorio della Regione Emilia-Romagna.

Il suddetto PGRA ha al suo interno le carte relative alla pericolosità di inondazione dovuta al reticolo principale e secondario dei corsi d'acqua naturali e quelle relative alla pericolosità del reticolo dei canali secondari di pianura (canali di Bonifica).

Per il recepimento del nuovo PGRA nel PSAI, mediante la delibera del C.I. n. 3/1 del 7 Novembre 2016 è stata adottata dalla Regione Emilia-Romagna una Variante ai Piani Stralcio di Bacino del Fiume Reno finalizzata al coordinamento tra il PGRA e i piani stessi. Tale variante esorta di fatto i comuni a normare più dettagliatamente quali siano le misure da adottare per ciascuna classe di esondabilità definita dal PGRA. Non esiste di fatto ancora ad oggi un indirizzo normativo più preciso in tal senso.

Il PGRA fornisce una mappatura della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali, di seguito definiti:

- Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP)

- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)
- Reticolo secondario di pianura (RSP)
- Aree costiere e marine (ACM)

Per i diversi ambiti sono stati definiti i seguenti scenari di pericolosità di alluvione:

- P1: aree interessate da alluvione rara
- P2: aree interessate da alluvione poco frequente
- P3: aree interessate da alluvione frequente

Le Norme della Variante di coordinamento tra il PGRA e il PAI invitano le amministrazioni comunali a:

- Per le zone classificate come P2 e P3 a consentire e promuovere interventi adottando misure volte alla riduzione della vulnerabilità dei beni e delle persone esposte; oltre che a tenere aggiornati i Piani di emergenza ai fini della Protezione Civile specificando lo scenario d'evento atteso e il modello d'intervento per ciò che concerne il rischio idraulico;
- Per le zone classificate come P1 semplicemente a tenere aggiornati i Piani di emergenza ai fini della Protezione Civile specificando lo scenario d'evento atteso e il modello d'intervento per ciò che concerne il rischio idraulico;

Sostanzialmente le Norme allo stato attuale invitano i comuni, e di conseguenza i progettisti dei vari interventi edilizi, a prendere seriamente in considerazione la classificazione dell'area da un punto di vista del rischio di esondazione, e di promuovere, per le aree classificate come P2 o P3, il non aumento del rischio idraulico limitando la vulnerabilità del nuovo carico urbanistico e dei nuovi beni esposti alle conseguenze di eventuali esondazioni.

Per l'area in esame:

- per quanto riguarda il reticolo principale- ricade nello scenario di pericolosità L (bassa probabilità – scenari eventi estremi T ritorno > 200 anni) del Bacino del Po;
- per quanto riguarda il reticolo secondario di pianura, ricade nello scenario di pericolosità M (media probabilità – scenari eventi T ritorno 100 – 200 anni) e H (alta probabilità – scenari eventi T ritorno 100 – 200 anni) del Bacino del Po.

Nello specifico, ricadono in pericolosità alta: parte meridionale dell'area 1, parte occidentale dell'area 3, parte orientale dell'area 5b e tutta l'area 2. Le aree 4 e 5a ricadono nello scenario di pericolosità media.

- per quanto riguarda la classe di rischio idraulico, l'area ricade in classe R1 – rischio moderato e R2 – rischio medio.

Nello specifico, ricadono in rischio moderato parte settentrionale dell'area 1, parte orientale dell'area 3, tutta l'area 4, tutta l'area 5a, tutta l'area 5b (eccetto le abitazioni) e tutta l'area 6 (eccetto le abitazioni); mentre ricadono in rischio medio parte meridionale dell'area 1, parte occidentale dell'area 3, zona con abitazioni nelle aree 5b e 6, tutta l'area 2.

8. RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA

È possibile definire un modello geologico univoco per tutta l'area di indagine, poiché le prove penetrometriche risultano correlabili tra loro. Il sottosuolo risulta essere costituito da terreni argillosi e limoso sabbiosi da 0,00 a 4,80 m circa, mentre gli orizzonti successivi sono costituiti da argilla (da 4,80 m a 8,60 m circa) e argilla compatta (da 8,60 m a 13,20 m circa).

Durante la campagna di indagini, non è stata riscontrata la presenza della falda; per la presa visione completa della situazione egologica e geotecnica si rimanda alla relativa relazione.

9. PERMEABILITÀ DEL SITO

La permeabilità rappresenta l'attitudine di un deposito a farsi attraversare dall'acqua per effetto di un gradiente idraulico e rappresenta la resistenza che esso offre al flusso dell'acqua ed è definita dalla legge di Darcy attraverso il coefficiente di permeabilità, k , come il volume d'acqua, in m^3 , che attraversa in moto laminare nell'unità di tempo (1s) l'unità di superficie ($1m^2$) disposta ortogonalmente alla sua traiettoria, per effetto di un gradiente idraulico unitario, alla temperatura di 20°.

Il coefficiente di permeabilità ha le dimensioni di una velocità e si misura in m/s (o cm/s) e dipende in parte dal mezzo poroso, e dalla sua capacità di trasmettere il fluido, tramite la permeabilità intrinseca, k_p , e in parte dal fluido, e dalle sue proprietà fisiche, quali la densità, la viscosità, e quindi indirettamente la temperatura. Perciò a parità di mezzo il coefficiente di permeabilità dipende dal tipo di fluido e per uno stesso fluido dalla sua temperatura; nel caso specifico dei terreni la temperatura subisce piccole variazioni (localizzate soprattutto in corrispondenza degli strati più superficiali) per cui il coefficiente di permeabilità dipende dalle sole caratteristiche del mezzo.

In tal senso può dipendere da molti fattori, tra i quali i più importanti sono:

- la dimensione e forma dei grani, e la granulometria (con particolare riferimento alla quantità, al tipo e alla distribuzione delle parti fini)
- lo stato di addensamento (ad esempio per terreni a granulometria uni-forme all'aumentare della densità relativa il coefficiente di permeabilità diminuisce).

La permeabilità nell'area di intervento è stata determinata tramite una prova di infiltrazione a carico variabile (Lefranc), realizzata in foro di sondaggio fino a 1,50 m da p.c., tubo di rivestimento con diametro di 4,5 cm e immissione di acqua all'interno del tubo. Le tre permeabilità eseguite nei siti di interesse risultano essere:

$$\text{permeabilità: } k = 7,24 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

10.INVARIANZA IDRAULICA

10.1 Richiami teorici

La realizzazione del campo fotovoltaico sarà causa di trasformazione urbanistica e territoriale in termini di impermeabilizzazione del suolo; quindi, devono essere valutati i volumi necessari alla determinazione dell'invarianza idraulica dell'area. In particolare, per determinare l'invarianza idraulica, si fa riferimento al "Piano stralcio per il rischio idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Romagnoli", che al comma 1 dell'art. 9 delle NTA cita: *"Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa."* Il volume minimo deve essere calcolato secondo la procedura riportata nel capitolo 7 della "Direttiva per le verifiche e il conseguimento degli obiettivi di sicurezza idraulica", approvata con Delibera Comitato Istituzionale n. 3/2 del 20/10/2003.

La valutazione dei volumi di compensazione delle impermeabilizzazioni create non ha il fine di creare delle zone di ritenuta di determinati volumi d'acqua ma ha lo scopo di mantenere inalterate le prestazioni complessive del bacino di interesse. Tali prestazioni sono riconducibili a due meccanismi di controllo "naturale" delle piene:

- infiltrazione e l'immagazzinamento delle piogge nel suolo (fenomeni rappresentati in via semplificativa dal coefficiente di deflusso);
- laminazione, cioè le portate d'acqua in arrivo nel bacino devono poter riempire i volumi di invaso prima di defluire dalla sezione di chiusura individuata.

La normativa prevede che il volume minimo di invaso prescritto per un'area caratterizzata da una quota di trasformazione I (% dell'area che subisce trasformazione) e da un'area inalterata P (% dell'area che non viene trasformata) tale per cui I+P = 100%, è data dalla seguente formula:

$$w = w^0 \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi^0} \right)^{\frac{1}{1-n}} - 15 \cdot I - w^0 \cdot P$$

dove:

- $w^0 = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$
- φ = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione
- φ^0 = coefficiente di deflusso prima della trasformazione
- $n=0.48$ (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta -orientativamente- da vari studi sperimentali; si veda ad es. CSDU, 1997)

- I è la percentuale dell'area che subisce trasformazione. Si osserva che anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate, devono essere incluse in tale percentuale
- P è la percentuale dell'area che non subisce trasformazione.

Il volume w trovato va poi moltiplicato per l'area totale dell'intervento, considerando sia quella trasformata sia quella lasciata inalterata. Dovrà sempre essere adottato il volume minimo d'invaso più cautelativo e i criteri di dimensionamento prescritti dalla direttiva dipendono dalla classe di intervento.

Classe di intervento	Definizione superficie dell'intervento (S)
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	$S < 0,1\text{ha}$
Modesta impermeabilizzazione potenziale	$0,1\text{ha} \leq S < 1\text{ha}$
Significativa impermeabilizzazione potenziale	$1\text{ha} \leq S < 10\text{ha}$ oppure $S \geq 10\text{ha}$ con $\text{Imp} < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	$S \geq 10\text{ha}$ con $\text{Imp} > 0,3$

10.2 Determinazione dei coefficienti udometrici

Sulla base delle caratteristiche è stata effettuata la valutazione dei coefficienti di afflusso medi dell'area ante e post operam riferiti a ciascuna area, utilizzando i valori di riferimento delle linee guida regionali:

Tipo di superficie	Coefficiente di deflusso (Ψ)
Aree agricole	0.1
Superfici permeabili (aree verdi)	0.2
Superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ...)	0.6
Superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali, ...)	0.9
Impianti fotovoltaici su terreni senza pavimentazione	0.7

10.2.1 Determinazione dei coefficienti udometrici AREA 1

La superficie totale dell'intervento ha estensione pari a **22,24 ettari**.

Le superfici saranno trasformate secondo lo schema riportato nella tabella seguente:

Descrizione	Superficie (mq)
Superficie complessiva dell'intervento	222'399,40
Superficie impermeabile	65'714,38
Superficie semipermeabile	14'066,32
Superficie a verde	142'618,70

Situazione Ante operam

Destinazione	mq	Coefficiente
Terreni agricoli	222'399,40	0.2

Coefficiente di deflusso ante operam 0.20.

Situazione Post operam

Descrizione	Superficie (mq)	Coefficiente	
Superficie impermeabile	65'714,38	0,9	Impermeabile
Superficie semipermeabile	14'066,32	0,6	Semipermeabile
Superfici a verde	142'618,70	0,2	Permeabile

Coefficiente di deflusso post operam 0.43 (media pesata).

Si specifica che, per quando riguarda le superfici occupate dai pannelli si è utilizzato un coefficiente pari a 0.9 (per suoli impermeabili) rispetto al coefficiente 0.7 inserito nella tabella regionale, al fine di operare a favore di sicurezza.

10.2.2 Determinazione dei coefficienti udometrici AREA 2

La superficie totale dell'intervento ha estensione pari a **68,48 ettari**.

Le superfici saranno trasformate secondo lo schema riportato nella tabella seguente:

Descrizione	Superficie (mq)
Superficie complessiva dell'intervento	684'756,10
Superficie impermeabile	195'829,91
Superficie semipermeabile	33'394,84
Superficie a verde	455'531,30

Situazione Ante operam

Destinazione	mq	Coefficiente
Terreni agricoli	684'756,10	0.2

Coefficiente di deflusso ante operam 0.20.

Situazione Post operam

Descrizione	Superficie (mq)	Coefficiente	
Superficie impermeabile	195'829,91	0,9	Impermeabile
Superficie semipermeabile	33'394,84	0,6	Semipermeabile
Superfici a verde	455'531,30	0,2	Permeabile

Coefficiente di deflusso post operam 0.42 (media pesata).

Si specifica che, per quando riguarda le superfici occupate dai pannelli si è utilizzato un coefficiente pari a 0.9 (per suoli impermeabili) rispetto al coefficiente 0.7 inserito nella tabella regionale, al fine di operare a favore di sicurezza.

10.2.3 Determinazione dei coefficienti udometrici AREA 3

La superficie totale dell'intervento ha estensione pari a **21,07 ettari**.

Le superfici saranno trasformate secondo lo schema riportato nella tabella seguente:

Descrizione	Superficie (mq)
Superficie complessiva dell'intervento	210'689,50
Superficie impermeabile	62'483,76
Superficie semipermeabile	11'644,24
Superficie a verde	136'561,50

Situazione Ante operam

Destinazione	mq	Coefficiente
Terreni agricoli	210'689,50	0.2

Coefficiente di deflusso ante operam 0.20.

Situazione Post operam

Descrizione	Superficie (mq)	Coefficiente	
Superficie impermeabile	62'483,76	0,9	Impermeabile
Superficie semipermeabile	11'644,24	0,6	Semipermeabile
Superfici a verde	136'561,50	0,2	Permeabile

Coefficiente di deflusso post operam 0.43 (media pesata).

Si specifica che, per quando riguarda le superfici occupate dai pannelli si è utilizzato un coefficiente pari a 0.9 (per suoli impermeabili) rispetto al coefficiente 0.7 inserito nella tabella regionale, al fine di operare a favore di sicurezza.

10.2.4 Determinazione dei coefficienti udometrici AREA 4

La superficie totale dell'intervento ha estensione pari a **14,97 ettari**.

Le superfici saranno trasformate secondo lo schema riportato nella tabella seguente:

Descrizione	Superficie (mq)
Superficie complessiva dell'intervento	149'687,10
Superficie impermeabile	33'112,47
Superficie semipermeabile	8'887,44
Superficie a verde	107'687,2

Situazione Ante operam

Destinazione	mq	Coefficiente
Terreni agricoli	149'687,10	0.2

Coefficiente di deflusso ante operam 0.20.

Situazione Post operam

Descrizione	Superficie (mq)	Coefficiente	
Superficie impermeabile	33'112,47	0,9	Impermeabile
Superficie semipermeabile	8'887,44	0,6	Semipermeabile
Superfici a verde	107'687,2	0,2	Permeabile

Coefficiente di deflusso post operam 0.38 (media pesata).

Si specifica che, per quando riguarda le superfici occupate dai pannelli si è utilizzato un coefficiente pari a 0.9 (per suoli impermeabili) rispetto al coefficiente 0.7 inserito nella tabella regionale, al fine di operare a favore di sicurezza.

10.2.5 Determinazione dei coefficienti udometrici AREA 5a

La superficie totale dell'intervento ha estensione pari a **13,18 ettari**.

Le superfici saranno trasformate secondo lo schema riportato nella tabella seguente:

Descrizione	Superficie (mq)
Superficie complessiva dell'intervento	131'760,77
Superficie impermeabile	25'101,97
Superficie semipermeabile	7'688,54
Superficie a verde	98'970,30

Situazione Ante operam

Destinazione	mq	Coefficiente
Terreni agricoli	131'760,77	0.2

Coefficiente di deflusso ante operam 0.20.

Situazione Post operam

Descrizione	Superficie (mq)	Coefficiente	
Superficie impermeabile	25'101,97	0,9	Impermeabile
Superficie semipermeabile	7'688,54	0,6	Semipermeabile
Superfici a verde	98'970,30	0,2	Permeabile

Coefficiente di deflusso post operam 0.36 (media pesata).

Si specifica che, per quando riguarda le superfici occupate dai pannelli si è utilizzato un coefficiente pari a 0.9 (per suoli impermeabili) rispetto al coefficiente 0.7 inserito nella tabella regionale, al fine di operare a favore di sicurezza.

10.2.6 Determinazione dei coefficienti udometrici AREA 5b

La superficie totale dell'intervento ha estensione pari a **34,53 ettari**.

Le superfici saranno trasformate secondo lo schema riportato nella tabella seguente:

Descrizione	Superficie (mq)
Superficie complessiva dell'intervento	345'266,50
Superficie impermeabile	81'179,94
Superficie semipermeabile	21'087,62
Superficie a verde	242'998,90

Situazione Ante operam

Destinazione	mq	Coefficiente
Terreni agricoli	345'266,50	0.2

Coefficiente di deflusso ante operam 0.20.

Situazione Post operam

Descrizione	Superficie (mq)	Coefficiente	
Superficie impermeabile	81'179,94	0,9	Impermeabile
Superficie semipermeabile	21'087,62	0,6	Semipermeabile
Superfici a verde	242'998,90	0,2	Permeabile

Coefficiente di deflusso post operam 0.39 (media pesata).

Si specifica che, per quando riguarda le superfici occupate dai pannelli si è utilizzato un coefficiente pari a 0.9 (per suoli impermeabili) rispetto al coefficiente 0.7 inserito nella tabella regionale, al fine di operare a favore di sicurezza.

10.2.7 Determinazione dei coefficienti udometrici AREA 6

La superficie totale dell'intervento ha estensione pari a **5,88 ettari**.

Le superfici saranno trasformate secondo lo schema riportato nella tabella seguente:

Descrizione	Superficie (mq)
Superficie complessiva dell'intervento	58'772,90
Superficie impermeabile	10'342,90
Superficie semipermeabile	5'237,21
Superficie a verde	43'192,8

Situazione Ante operam

Destinazione	mq	Coefficiente
Terreni agricoli	58'772,90	0.2

Coefficiente di deflusso ante operam 0.20.

Situazione Post operam

Descrizione	Superficie (mq)	Coefficiente	
Superficie impermeabile	10'342,90	0,9	Impermeabile
Superficie semipermeabile	5'237,21	0,6	Semipermeabile
Superfici a verde	43'192,8	0,2	Permeabile

Coefficiente di deflusso post operam 0.36 (media pesata).

Si specifica che, per quando riguarda le superfici occupate dai pannelli si è utilizzato un coefficiente pari a 0.9 (per suoli impermeabili) rispetto al coefficiente 0.7 inserito nella tabella regionale, al fine di operare a favore di sicurezza.

10.3 Calcolo volume di laminazione – Deliberazione n.61/2009

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica viene adottato il metodo di calcolo previsto dalla Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009.

Nella Deliberazione n.61/2009 è previsto, per superfici urbanizzate oltre 1 ha:

- Scarico concesso 8 l/sec ha
- volume da accumulare: massimo valore tra 350 mc/ha per la superficie totale e 500 mc/ha per la superficie impermeabile

10.3.1 Calcolo volume di laminazione – Deliberazione n.61/2009 AREA 1

Nel caso dell'area 1:

Superficie urbanizzata: $22,24 \text{ ha} * 350 \text{ mc/ha} = 7'784 \text{ mc}$

Superficie impermeabile: $6,57 \text{ ha} * 500 \text{ mc/ha} = 3'285 \text{ mc}$

Verrà quindi adottato il valore più alto tra i due, ossia quello della superficie urbanizzata. il volume di invaso minimo da garantire. è quindi pari **7'784 mc.**

10.3.2 Calcolo volume di laminazione – Deliberazione n.61/2009 AREA 2

Nel caso dell'area 2:

Superficie urbanizzata: $68,48 \text{ ha} * 350 \text{ mc/ha} = 23'968 \text{ mc}$

Superficie impermeabile: $19,58 \text{ ha} * 500 \text{ mc/ha} = 9'790 \text{ mc}$

Verrà quindi adottato il valore più alto tra i due, ossia quello della superficie urbanizzata. il volume di invaso minimo da garantire. è quindi pari **23'968 mc.**

10.3.3 Calcolo volume di laminazione – Deliberazione n.61/2009 AREA 3

Nel caso dell'area 3:

Superficie urbanizzata: $21,07 \text{ ha} * 350 \text{ mc/ha} = 7'374,5 \text{ mc}$

Superficie impermeabile: $6,25 \text{ ha} * 500 \text{ mc/ha} = 3'125 \text{ mc}$

Verrà quindi adottato il valore più alto tra i due, ossia quello della superficie urbanizzata. il volume di invaso minimo da garantire. è quindi pari **7'374,5 mc.**

10.3.4 Calcolo volume di laminazione – Deliberazione n.61/2009 AREA 4

Nel caso dell'area 4:

Superficie urbanizzata: $14,97 \text{ ha} * 350 \text{ mc/ha} = 5'239,5 \text{ mc}$

Superficie impermeabile: $3,31 \text{ ha} * 500 \text{ mc/ha} = 1'655 \text{ mc}$

Verrà quindi adottato il valore più alto tra i due, ossia quello della superficie urbanizzata. il volume di invaso minimo da garantire. è quindi pari **5'239,5 mc.**

10.3.5 Calcolo volume di laminazione – Deliberazione n.61/2009 AREA 5a

Nel caso dell'area 5a:

Superficie urbanizzata: $13,18 \text{ ha} * 350 \text{ mc/ha} = 4'613 \text{ mc}$

Superficie impermeabile: $2,51 \text{ ha} * 500 \text{ mc/ha} = 1'255 \text{ mc}$

Verrà quindi adottato il valore più alto tra i due, ossia quello della superficie urbanizzata. il volume di invaso minimo da garantire. è quindi pari **4'613 mc.**

10.3.6 Calcolo volume di laminazione – Deliberazione n.61/2009 AREA 5b

Nel caso dell'area 5b:

Superficie urbanizzata: $34,53 \text{ ha} * 350 \text{ mc/ha} = 12'085,5 \text{ mc}$

Superficie impermeabile: $8,12 \text{ ha} * 500 \text{ mc/ha} = 4'060 \text{ mc}$

Verrà quindi adottato il valore più alto tra i due, ossia quello della superficie urbanizzata. il volume di invaso minimo da garantire. è quindi pari **12'085,5 mc.**

10.3.7 Calcolo volume di laminazione – Deliberazione n.61/2009 AREA 6

Nel caso dell'area 6:

Superficie urbanizzata: $5,88 \text{ ha} * 350 \text{ mc/ha} = 2'058 \text{ mc}$

Superficie impermeabile: $1,03 \text{ ha} * 500 \text{ mc/ha} = 515 \text{ mc}$

Verrà quindi adottato il valore più alto tra i due, ossia quello della superficie urbanizzata. il volume di invaso minimo da garantire. è quindi pari **2'058 mc.**

10.4 Calcolo volume di laminazione – metodo delle sole piogge

Tr	a	n
anni	mm	-
5	34.12	0.23
10	39.68	0.23
25	46.70	0.23
50	51.91	0.23
100	57.08	0.23
200	62.23	0.23

Figura 13: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica

L'equazione di calcolo utilizzata per la determinazione del volume di pioggia complessivamente entrante è riportata di seguito:

$$W_e = S \cdot \phi \cdot a \cdot D^n$$

In cui S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso, ϕ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo (quindi $S \cdot \phi$ è la superficie scolante impermeabile dell'intervento), D è la durata di pioggia, a = a1, wT e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica espressa nella forma:

$$h = a \cdot D^n = a_1 \cdot w_T \cdot D$$

Si specifica che sono state effettuate le verifiche alle situazioni ante operam e post operam con tempo di ritorno pari a 25 e 100 anni.

10.4.1 Calcolo volume di laminazione – metodo delle sole piogge AREA 1

Situazione ante operam – verifica della volumetria con TR 25 anni ad 1 h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	46.7
Parametro n	0.23
h (mm)	46.70
ϕ med.	0.2
Superficie (mq)	222399.4
ϕ *S (mq)	44479.88
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=25 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	26.37	3909.74	1172.92
	10	0.17	30.93	2292.74	1375.64
	15	0.25	33.95	1677.89	1510.10
	20	0.33	36.27	1344.50	1613.40
	25	0.42	38.18	1132.25	1698.37
	30	0.50	39.82	983.95	1771.10
	35	0.58	41.26	873.82	1835.02
	40	0.67	42.54	788.44	1892.25
	45	0.75	43.71	720.08	1944.22
	50	0.83	44.78	663.97	1991.91
piogge orarie	55	0.92	45.77	616.99	2036.05
	60	1.00	46.70	577.00	2077.21
	65	1.08	47.57	542.51	2115.81
	70	1.17	48.39	512.42	2152.18
	75	1.25	49.16	485.91	2186.60
	80	1.33	49.89	462.35	2219.30
	85	1.42	50.60	441.27	2250.46
	90	1.50	51.26	422.27	2280.24
	120	2.00	54.77	338.36	2436.22
	150	2.50	57.66	284.95	2564.52
	180	3.00	60.12	247.63	2674.35
	210	3.50	62.29	219.91	2770.87
	240	4.00	64.24	198.42	2857.29
	270	4.50	66.00	181.22	2935.75
	300	5.00	67.62	167.10	3007.76
	330	5.50	69.12	155.27	3074.43
	360	6.00	70.52	145.21	3136.57
	390	6.50	71.83	136.53	3194.85
	420	7.00	73.06	128.96	3249.77
	450	7.50	74.23	122.29	3301.75
	480	8.00	75.34	116.36	3351.13

Volume di laminazione da smaltire = **2'077,21 m³**

Situazione post operam – verifica della volumetria con TR 25 anni durata 1h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	46.7
Parametro n	0.23
h (mm)	46.70
ϕ med.	0.43
Superficie (mq)	222399.4
ϕ *S (mq)	95631.742
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=25 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	26.37	8405.93	2521.78
	10	0.17	30.93	4929.39	2957.63
	15	0.25	33.95	3607.47	3246.72
	20	0.33	36.27	2890.68	3468.81
	25	0.42	38.18	2434.33	3651.49
	30	0.50	39.82	2115.48	3807.87
	35	0.58	41.26	1878.71	3945.30
	40	0.67	42.54	1695.14	4068.35
	45	0.75	43.71	1548.17	4180.07
	50	0.83	44.78	1427.53	4282.60
	55	0.92	45.77	1326.52	4377.51
piogge orarie	60	1.00	46.70	1240.56	4466.00
	65	1.08	47.57	1166.41	4548.98
	70	1.17	48.39	1101.71	4627.18
	75	1.25	49.16	1044.71	4701.19
	80	1.33	49.89	994.06	4771.50
	85	1.42	50.60	948.72	4838.50
	90	1.50	51.26	907.88	4902.53
	120	2.00	54.77	727.48	5237.88
	150	2.50	57.66	612.64	5513.73
	180	3.00	60.12	532.39	5749.85
	210	3.50	62.29	472.81	5957.37
	240	4.00	64.24	426.61	6143.17
	270	4.50	66.00	389.62	6311.87
	300	5.00	67.62	359.26	6466.69
	330	5.50	69.12	333.84	6610.01
	360	6.00	70.52	312.21	6743.63
	390	6.50	71.83	293.54	6868.93
	420	7.00	73.06	277.26	6987.01
	450	7.50	74.23	262.92	7098.77
	480	8.00	75.34	250.17	7204.93

Volume di laminazione da smaltire = **4'466,00 m³**

Situazione ante operam – verifica della volumetria con TR 100 anni ad 1 h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	57.08
Parametro n	0.23
h (mm)	57.08
ϕ med.	0.2
Superficie (mq)	222399.4
ϕ *S (mq)	44479.88
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=100 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	32.23	4778.75	1433.63
	10	0.17	37.80	2802.34	1681.41
	15	0.25	41.50	2050.84	1845.75
	20	0.33	44.33	1643.34	1972.01
	25	0.42	46.67	1383.91	2075.86
	30	0.50	48.67	1202.65	2164.76
	35	0.58	50.42	1068.04	2242.89
	40	0.67	52.00	963.69	2312.85
	45	0.75	53.43	880.13	2376.36
	50	0.83	54.74	811.55	2434.65
piogge orarie	55	0.92	55.95	754.12	2488.61
	60	1.00	57.08	705.25	2538.91
	65	1.08	58.14	663.10	2586.09
	70	1.17	59.14	626.32	2630.54
	75	1.25	60.09	593.92	2672.62
	80	1.33	60.98	565.12	2712.59
	85	1.42	61.84	539.35	2750.67
	90	1.50	62.66	516.12	2787.07
	120	2.00	66.95	413.57	2977.72
	150	2.50	70.47	348.28	3134.54
	180	3.00	73.49	302.66	3268.78
	210	3.50	76.14	268.79	3386.75
	240	4.00	78.52	242.53	3492.38
	270	4.50	80.67	221.50	3588.28
	300	5.00	82.65	204.24	3676.30
	330	5.50	84.48	189.79	3757.78
	360	6.00	86.19	177.49	3833.74
	390	6.50	87.79	166.88	3904.97
	420	7.00	89.30	157.62	3972.10
	450	7.50	90.73	149.47	4035.63
	480	8.00	92.09	142.22	4095.98

Volume di laminazione da smaltire = **2'538,91 m³**

Situazione post operam – verifica della volumetria con TR 100 anni durata 1h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	57.08
Parametro n	0.23
h (mm)	57.08
ϕ med.	0.43
Superficie (mq)	222399.4
ϕ *S (mq)	95631.742
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=100 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	32.23	10274.32	3082.30
	10	0.17	37.80	6025.04	3615.02
	15	0.25	41.50	4409.30	3968.37
	20	0.33	44.33	3533.19	4239.83
	25	0.42	46.67	2975.41	4463.11
	30	0.50	48.67	2585.69	4654.24
	35	0.58	50.42	2296.29	4822.22
	40	0.67	52.00	2071.92	4972.62
	45	0.75	53.43	1892.28	5109.17
	50	0.83	54.74	1744.83	5234.49
piogge orarie	55	0.92	55.95	1621.36	5350.50
	60	1.00	57.08	1516.29	5458.66
	65	1.08	58.14	1425.66	5560.08
	70	1.17	59.14	1346.59	5655.67
	75	1.25	60.09	1276.92	5746.13
	80	1.33	60.98	1215.01	5832.06
	85	1.42	61.84	1159.60	5913.95
	90	1.50	62.66	1109.67	5992.21
	120	2.00	66.95	889.18	6402.11
	150	2.50	70.47	748.81	6739.26
	180	3.00	73.49	650.73	7027.87
	210	3.50	76.14	577.90	7281.51
	240	4.00	78.52	521.43	7508.61
	270	4.50	80.67	476.22	7714.80
	300	5.00	82.65	439.11	7904.04
	330	5.50	84.48	408.04	8079.22
	360	6.00	86.19	381.60	8242.54
	390	6.50	87.79	358.79	8395.68
	420	7.00	89.30	338.89	8540.01
	450	7.50	90.73	321.36	8676.61
	480	8.00	92.09	305.78	8806.37

Volume di laminazione da smaltire = **5'458,66 m³**

10.4.2 Calcolo volume di laminazione – metodo delle sole piogge AREA 2

Situazione ante operam – verifica della volumetria con TR 25 anni ad 1 h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	46.7
Parametro n	0.23
h (mm)	46.70
ϕ med.	0.2
Superficie (mq)	684756.1
ϕ^*S (mq)	136951.22
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=25 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	26.37	12037.88	3611.36
	10	0.17	30.93	7059.22	4235.53
	15	0.25	33.95	5166.14	4649.53
	20	0.33	36.27	4139.65	4967.58
	25	0.42	38.18	3486.12	5229.19
	30	0.50	39.82	3029.52	5453.13
	35	0.58	41.26	2690.45	5649.94
	40	0.67	42.54	2427.56	5826.15
	45	0.75	43.71	2217.09	5986.14
	50	0.83	44.78	2044.32	6132.97
	55	0.92	45.77	1899.67	6268.90
piogge orarie	60	1.00	46.70	1776.56	6395.62
	65	1.08	47.57	1670.37	6514.45
	70	1.17	48.39	1577.72	6626.44
	75	1.25	49.16	1496.10	6732.43
	80	1.33	49.89	1423.57	6833.11
	85	1.42	50.60	1358.64	6929.06
	90	1.50	51.26	1300.14	7020.75
	120	2.00	54.77	1041.81	7501.01
	150	2.50	57.66	877.34	7896.03
	180	3.00	60.12	762.42	8234.19
	210	3.50	62.29	677.09	8531.36
	240	4.00	64.24	610.93	8797.45
	270	4.50	66.00	557.96	9039.03
	300	5.00	67.62	514.49	9260.74
	330	5.50	69.12	478.08	9465.99
	360	6.00	70.52	447.10	9657.34
	390	6.50	71.83	420.38	9836.78
	420	7.00	73.06	397.06	10005.88
	450	7.50	74.23	376.52	10165.92
	480	8.00	75.34	358.26	10317.95

Volume di laminazione da smaltire = **6'395,62 m³**

Situazione post operam – verifica della volumetria con TR 25 anni durata 1h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	46.7
Parametro n	0.23
h (mm)	46.70
ϕ med.	0.42
Superficie (mq)	684756.1
ϕ *S (mq)	287597.562
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=25 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	26.37	25279.54	7583.86
	10	0.17	30.93	14824.36	8894.62
	15	0.25	33.95	10848.90	9764.01
	20	0.33	36.27	8693.27	10431.92
	25	0.42	38.18	7320.86	10981.29
	30	0.50	39.82	6361.99	11451.57
	35	0.58	41.26	5649.94	11864.87
	40	0.67	42.54	5097.88	12234.92
	45	0.75	43.71	4655.89	12570.89
	50	0.83	44.78	4293.08	12879.24
piogge orarie	55	0.92	45.77	3989.30	13164.69
	60	1.00	46.70	3730.78	13430.81
	65	1.08	47.57	3507.78	13680.35
	70	1.17	48.39	3313.22	13915.53
	75	1.25	49.16	3141.80	14138.11
	80	1.33	49.89	2989.49	14349.54
	85	1.42	50.60	2853.14	14551.03
	90	1.50	51.26	2730.29	14743.58
	120	2.00	54.77	2187.79	15752.12
	150	2.50	57.66	1842.41	16581.67
	180	3.00	60.12	1601.09	17291.79
	210	3.50	62.29	1421.89	17915.86
	240	4.00	64.24	1282.96	18474.64
	270	4.50	66.00	1171.73	18981.96
	300	5.00	67.62	1080.42	19447.56
	330	5.50	69.12	1003.97	19878.59
	360	6.00	70.52	938.91	20280.42
	390	6.50	71.83	882.79	20657.23
	420	7.00	73.06	833.82	21012.35
	450	7.50	74.23	790.68	21348.44
	480	8.00	75.34	752.35	21667.70

Volume di laminazione da smaltire = **13'430,81 m³**

Situazione ante operam – verifica della volumetria con TR 100 anni ad 1 h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	57.08
Parametro n	0.23
h (mm)	57.08
ϕ med.	0.2
Superficie (mq)	684756.1
ϕ *S (mq)	136951.22
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=100 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	32.23	14713.53	4414.06
	10	0.17	37.80	8628.27	5176.96
	15	0.25	41.50	6314.42	5682.98
	20	0.33	44.33	5059.77	6071.72
	25	0.42	46.67	4260.99	6391.48
	30	0.50	48.67	3702.89	6665.20
	35	0.58	50.42	3288.45	6905.75
	40	0.67	52.00	2967.14	7121.13
	45	0.75	53.43	2709.88	7316.68
	50	0.83	54.74	2498.72	7496.15
piogge orarie	55	0.92	55.95	2321.91	7662.29
	60	1.00	57.08	2171.44	7817.18
	65	1.08	58.14	2041.65	7962.42
	70	1.17	59.14	1928.41	8099.30
	75	1.25	60.09	1828.63	8228.85
	80	1.33	60.98	1739.98	8351.91
	85	1.42	61.84	1660.62	8469.18
	90	1.50	62.66	1589.12	8581.26
	120	2.00	66.95	1273.37	9168.26
	150	2.50	70.47	1072.34	9651.08
	180	3.00	73.49	931.89	10064.40
	210	3.50	76.14	827.59	10427.63
	240	4.00	78.52	746.73	10752.85
	270	4.50	80.67	681.98	11048.13
	300	5.00	82.65	628.84	11319.13
	330	5.50	84.48	584.34	11570.00
	360	6.00	86.19	546.48	11803.88
	390	6.50	87.79	513.81	12023.20
	420	7.00	89.30	485.31	12229.89
	450	7.50	90.73	460.20	12425.50
	480	8.00	92.09	437.89	12611.32

Volume di laminazione da smaltire = **7'817,18 m³**

Situazione post operam – verifica della volumetria con TR 100 anni durata 1h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	57.08
Parametro n	0.23
h (mm)	57.08
ϕ med.	0.42
Superficie (mq)	684756.1
ϕ *S (mq)	287597.562
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=100 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	32.23	30898.42	9269.52
	10	0.17	37.80	18119.37	10871.62
	15	0.25	41.50	13260.28	11934.26
	20	0.33	44.33	10625.52	12750.62
	25	0.42	46.67	8948.07	13422.10
	30	0.50	48.67	7776.06	13996.91
	35	0.58	50.42	6905.75	14502.07
	40	0.67	52.00	6230.99	14954.37
	45	0.75	53.43	5690.75	15365.02
	50	0.83	54.74	5247.30	15741.91
piogge orarie	55	0.92	55.95	4876.00	16090.81
	60	1.00	57.08	4560.02	16416.07
	65	1.08	58.14	4287.46	16721.08
	70	1.17	59.14	4049.65	17008.54
	75	1.25	60.09	3840.13	17280.59
	80	1.33	60.98	3653.96	17539.01
	85	1.42	61.84	3487.31	17785.28
	90	1.50	62.66	3337.16	18020.64
	120	2.00	66.95	2674.07	19253.34
	150	2.50	70.47	2251.92	20267.28
	180	3.00	73.49	1956.97	21135.23
	210	3.50	76.14	1737.94	21898.02
	240	4.00	78.52	1568.12	22580.99
	270	4.50	80.67	1432.16	23201.07
	300	5.00	82.65	1320.56	23770.17
	330	5.50	84.48	1227.12	24297.00
	360	6.00	86.19	1147.60	24788.14
	390	6.50	87.79	1079.00	25248.71
	420	7.00	89.30	1019.16	25682.76
	450	7.50	90.73	966.43	26093.56
	480	8.00	92.09	919.58	26483.77

Volume di laminazione da smaltire = **16'416,07 m³**

10.4.3 Calcolo volume di laminazione – metodo delle sole piogge AREA 3

Situazione ante operam – verifica della volumetria con TR 25 anni ad 1 h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	46.7
Parametro n	0.23
h (mm)	46.70
ϕ med.	0.2
Superficie (mq)	210689.5
$\phi*S$ (mq)	42137.9
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=25 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	26.37	3703.88	1111.16
	10	0.17	30.93	2172.02	1303.21
	15	0.25	33.95	1589.55	1430.59
	20	0.33	36.27	1273.71	1528.45
	25	0.42	38.18	1072.63	1608.94
	30	0.50	39.82	932.14	1677.85
	35	0.58	41.26	827.81	1738.40
	40	0.67	42.54	746.93	1792.62
	45	0.75	43.71	682.17	1841.85
	50	0.83	44.78	629.01	1887.03
piogge orarie	55	0.92	45.77	584.50	1928.85
	60	1.00	46.70	546.62	1967.84
	65	1.08	47.57	513.95	2004.40
	70	1.17	48.39	485.44	2038.86
	75	1.25	49.16	460.33	2071.47
	80	1.33	49.89	438.01	2102.45
	85	1.42	50.60	418.03	2131.97
	90	1.50	51.26	400.03	2160.18
	120	2.00	54.77	320.55	2307.95
	150	2.50	57.66	269.94	2429.49
	180	3.00	60.12	234.59	2533.54
	210	3.50	62.29	208.33	2624.98
	240	4.00	64.24	187.98	2706.85
	270	4.50	66.00	171.68	2781.18
	300	5.00	67.62	158.30	2849.40
	330	5.50	69.12	147.10	2912.55
	360	6.00	70.52	137.57	2971.42
	390	6.50	71.83	129.34	3026.63
	420	7.00	73.06	122.17	3078.66
	450	7.50	74.23	115.85	3127.91
	480	8.00	75.34	110.23	3174.68

Volume di laminazione da smaltire = **1'967,84 m³**

Situazione post operam – verifica della volumetria con TR 25 anni durata 1h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	46.7
Parametro n	0.23
h (mm)	46.70
ϕ med.	0.43
Superficie (mq)	210689.5
ϕ *S (mq)	90596.485
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=25 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	26.37	7963.34	2389.00
	10	0.17	30.93	4669.84	2801.91
	15	0.25	33.95	3417.53	3075.77
	20	0.33	36.27	2738.48	3286.17
	25	0.42	38.18	2306.15	3459.23
	30	0.50	39.82	2004.10	3607.38
	35	0.58	41.26	1779.79	3737.57
	40	0.67	42.54	1605.89	3854.14
	45	0.75	43.71	1466.66	3959.97
	50	0.83	44.78	1352.37	4057.11
	55	0.92	45.77	1256.67	4147.03
piogge orarie	60	1.00	46.70	1175.24	4230.86
	65	1.08	47.57	1104.99	4309.47
	70	1.17	48.39	1043.70	4383.55
	75	1.25	49.16	989.70	4453.66
	80	1.33	49.89	941.72	4520.27
	85	1.42	50.60	898.77	4583.74
	90	1.50	51.26	860.07	4644.40
	120	2.00	54.77	689.18	4962.10
	150	2.50	57.66	580.38	5223.41
	180	3.00	60.12	504.36	5447.11
	210	3.50	62.29	447.91	5643.70
	240	4.00	64.24	404.15	5819.72
	270	4.50	66.00	369.11	5979.53
	300	5.00	67.62	340.34	6126.20
	330	5.50	69.12	316.26	6261.98
	360	6.00	70.52	295.77	6388.56
	390	6.50	71.83	278.09	6507.26
	420	7.00	73.06	262.66	6619.13
	450	7.50	74.23	249.07	6725.00
	480	8.00	75.34	237.00	6825.57

Volume di laminazione da smaltire = **4'230,86 m³**

Situazione ante operam – verifica della volumetria con TR 100 anni ad 1 h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	57.08
Parametro n	0.23
h (mm)	57.08
ϕ med.	0.2
Superficie (mq)	210689.5
ϕ^*S (mq)	42137.9
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=100 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	32.23	4527.14	1358.14
	10	0.17	37.80	2654.79	1592.88
	15	0.25	41.50	1942.86	1748.57
	20	0.33	44.33	1556.82	1868.18
	25	0.42	46.67	1311.04	1966.56
	30	0.50	48.67	1139.32	2050.78
	35	0.58	50.42	1011.81	2124.80
	40	0.67	52.00	912.95	2191.07
	45	0.75	53.43	833.79	2251.24
	50	0.83	54.74	768.82	2306.46
piogge orarie	55	0.92	55.95	714.42	2357.57
	60	1.00	57.08	668.12	2405.23
	65	1.08	58.14	628.18	2449.92
	70	1.17	59.14	593.34	2492.04
	75	1.25	60.09	562.64	2531.90
	80	1.33	60.98	535.37	2569.76
	85	1.42	61.84	510.95	2605.84
	90	1.50	62.66	488.95	2640.33
	120	2.00	66.95	391.80	2820.94
	150	2.50	70.47	329.94	2969.50
	180	3.00	73.49	286.73	3096.67
	210	3.50	76.14	254.64	3208.43
	240	4.00	78.52	229.76	3308.50
	270	4.50	80.67	209.84	3399.35
	300	5.00	82.65	193.49	3482.73
	330	5.50	84.48	179.79	3559.92
	360	6.00	86.19	168.14	3631.88
	390	6.50	87.79	158.09	3699.36
	420	7.00	89.30	149.32	3762.96
	450	7.50	90.73	141.60	3823.15
	480	8.00	92.09	134.73	3880.32

Volume di laminazione da smaltire = **2'405,23 m³**

Situazione post operam – verifica della volumetria con TR 100 anni durata 1h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	57.08
Parametro n	0.23
h (mm)	57.08
ϕ med.	0.43
Superficie (mq)	210689.5
ϕ *S (mq)	90596.485
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=100 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	32.23	9733.35	2920.01
	10	0.17	37.80	5707.81	3424.68
	15	0.25	41.50	4177.14	3759.43
	20	0.33	44.33	3347.16	4016.59
	25	0.42	46.67	2818.74	4228.11
	30	0.50	48.67	2449.55	4409.19
	35	0.58	50.42	2175.39	4568.32
	40	0.67	52.00	1962.83	4710.80
	45	0.75	53.43	1792.65	4840.16
	50	0.83	54.74	1652.96	4958.88
piogge orarie	55	0.92	55.95	1536.00	5068.79
	60	1.00	57.08	1436.46	5171.25
	65	1.08	58.14	1350.60	5267.33
	70	1.17	59.14	1275.69	5357.88
	75	1.25	60.09	1209.68	5443.58
	80	1.33	60.98	1151.04	5524.99
	85	1.42	61.84	1098.54	5602.56
	90	1.50	62.66	1051.24	5676.70
	120	2.00	66.95	842.36	6065.02
	150	2.50	70.47	709.38	6384.42
	180	3.00	73.49	616.47	6657.84
	210	3.50	76.14	547.47	6898.12
	240	4.00	78.52	493.98	7113.27
	270	4.50	80.67	451.15	7308.60
	300	5.00	82.65	415.99	7487.87
	330	5.50	84.48	386.56	7653.83
	360	6.00	86.19	361.51	7808.54
	390	6.50	87.79	339.90	7953.63
	420	7.00	89.30	321.05	8090.36
	450	7.50	90.73	304.44	8219.77
	480	8.00	92.09	289.68	8342.69

Volume di laminazione da smaltire = **5'171,25 m³**

10.4.4 Calcolo volume di laminazione – metodo delle sole piogge AREA 4

Situazione ante operam – verifica della volumetria con TR 25 anni ad 1 h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	46.7
Parametro n	0.23
h (mm)	46.70
ϕ med.	0.2
Superficie (mq)	149687.1
$\phi*S$ (mq)	29937.42
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=25 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	26.37	2631.47	789.44
	10	0.17	30.93	1543.14	925.88
	15	0.25	33.95	1129.31	1016.38
	20	0.33	36.27	904.92	1085.91
	25	0.42	38.18	762.06	1143.10
	30	0.50	39.82	662.25	1192.05
	35	0.58	41.26	588.13	1235.07
	40	0.67	42.54	530.66	1273.59
	45	0.75	43.71	484.65	1308.57
	50	0.83	44.78	446.89	1340.66
	55	0.92	45.77	415.27	1370.38
piogge orarie	60	1.00	46.70	388.35	1398.08
	65	1.08	47.57	365.14	1424.05
	70	1.17	48.39	344.89	1448.54
	75	1.25	49.16	327.05	1471.70
	80	1.33	49.89	311.19	1493.71
	85	1.42	50.60	297.00	1514.69
	90	1.50	51.26	284.21	1534.73
	120	2.00	54.77	227.74	1639.71
	150	2.50	57.66	191.79	1726.07
	180	3.00	60.12	166.67	1799.99
	210	3.50	62.29	148.01	1864.95
	240	4.00	64.24	133.55	1923.11
	270	4.50	66.00	121.97	1975.92
	300	5.00	67.62	112.47	2024.39
	330	5.50	69.12	104.51	2069.26
	360	6.00	70.52	97.74	2111.09
	390	6.50	71.83	91.89	2150.31
	420	7.00	73.06	86.80	2187.28
	450	7.50	74.23	82.31	2222.26
	480	8.00	75.34	78.32	2255.50

Volume di laminazione da smaltire = **1'398,08 m³**

Situazione post operam – verifica della volumetria con TR 25 anni durata 1h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	46.7
Parametro n	0.23
h (mm)	46.70
ϕ med.	0.38
Superficie (mq)	149687.1
ϕ *S (mq)	56881.098
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=25 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	26.37	4999.79	1499.94
	10	0.17	30.93	2931.97	1759.18
	15	0.25	33.95	2145.70	1931.13
	20	0.33	36.27	1719.36	2063.23
	25	0.42	38.18	1447.92	2171.88
	30	0.50	39.82	1258.27	2264.89
	35	0.58	41.26	1117.45	2346.64
	40	0.67	42.54	1008.26	2419.82
	45	0.75	43.71	920.84	2486.27
	50	0.83	44.78	849.09	2547.26
	55	0.92	45.77	789.00	2603.72
piogge orarie	60	1.00	46.70	737.87	2656.35
	65	1.08	47.57	693.77	2705.70
	70	1.17	48.39	655.29	2752.22
	75	1.25	49.16	621.39	2796.24
	80	1.33	49.89	591.26	2838.05
	85	1.42	50.60	564.30	2877.90
	90	1.50	51.26	540.00	2915.99
	120	2.00	54.77	432.70	3115.46
	150	2.50	57.66	364.39	3279.53
	180	3.00	60.12	316.66	3419.97
	210	3.50	62.29	281.22	3543.40
	240	4.00	64.24	253.74	3653.92
	270	4.50	66.00	231.74	3754.25
	300	5.00	67.62	213.69	3846.34
	330	5.50	69.12	198.57	3931.59
	360	6.00	70.52	185.70	4011.06
	390	6.50	71.83	174.60	4085.59
	420	7.00	73.06	164.91	4155.83
	450	7.50	74.23	156.38	4222.30
	480	8.00	75.34	148.80	4285.44

Volume di laminazione da smaltire = **2'656,35 m³**

Situazione ante operam – verifica della volumetria con TR 100 anni ad 1 h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	57.08
Parametro n	0.23
h (mm)	57.08
ϕ med.	0.2
Superficie (mq)	149687.1
ϕ *S (mq)	29937.42
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=100 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	32.23	3216.37	964.91
	10	0.17	37.80	1886.13	1131.68
	15	0.25	41.50	1380.33	1242.29
	20	0.33	44.33	1106.06	1327.27
	25	0.42	46.67	931.45	1397.17
	30	0.50	48.67	809.45	1457.01
	35	0.58	50.42	718.85	1509.59
	40	0.67	52.00	648.61	1556.67
	45	0.75	53.43	592.38	1599.42
	50	0.83	54.74	546.22	1638.65
	55	0.92	55.95	507.57	1674.97
piogge orarie	60	1.00	57.08	474.67	1708.83
	65	1.08	58.14	446.30	1740.58
	70	1.17	59.14	421.55	1770.50
	75	1.25	60.09	399.74	1798.82
	80	1.33	60.98	380.36	1825.72
	85	1.42	61.84	363.01	1851.36
	90	1.50	62.66	347.38	1875.86
	120	2.00	66.95	278.36	2004.17
	150	2.50	70.47	234.41	2109.72
	180	3.00	73.49	203.71	2200.07
	210	3.50	76.14	180.91	2279.47
	240	4.00	78.52	163.23	2350.56
	270	4.50	80.67	149.08	2415.11
	300	5.00	82.65	137.46	2474.35
	330	5.50	84.48	127.74	2529.19
	360	6.00	86.19	119.46	2580.32
	390	6.50	87.79	112.32	2628.26
	420	7.00	89.30	106.09	2673.44
	450	7.50	90.73	100.60	2716.20
	480	8.00	92.09	95.72	2756.82

Volume di laminazione da smaltire = **1'708,83 m³**

Situazione post operam – verifica della volumetria con TR 100 anni durata 1h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	57.08
Parametro n	0.23
h (mm)	57.08
ϕ med.	0.38
Superficie (mq)	149687.1
ϕ *S (mq)	56881.098
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=100 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	32.23	6111.09	1833.33
	10	0.17	37.80	3583.65	2150.19
	15	0.25	41.50	2622.62	2360.36
	20	0.33	44.33	2101.52	2521.82
	25	0.42	46.67	1769.75	2654.63
	30	0.50	48.67	1537.95	2768.31
	35	0.58	50.42	1365.82	2868.22
	40	0.67	52.00	1232.37	2957.68
	45	0.75	53.43	1125.52	3038.90
	50	0.83	54.74	1037.81	3113.44
	55	0.92	55.95	964.38	3182.44
piogge orarie	60	1.00	57.08	901.88	3246.77
	65	1.08	58.14	847.97	3307.10
	70	1.17	59.14	800.94	3363.95
	75	1.25	60.09	759.50	3417.76
	80	1.33	60.98	722.68	3468.87
	85	1.42	61.84	689.72	3517.58
	90	1.50	62.66	660.02	3564.12
	120	2.00	66.95	528.88	3807.93
	150	2.50	70.47	445.39	4008.47
	180	3.00	73.49	387.05	4180.13
	210	3.50	76.14	343.73	4330.99
	240	4.00	78.52	310.14	4466.07
	270	4.50	80.67	283.25	4588.71
	300	5.00	82.65	261.18	4701.27
	330	5.50	84.48	242.70	4805.46
	360	6.00	86.19	226.97	4902.60
	390	6.50	87.79	213.41	4993.69
	420	7.00	89.30	201.57	5079.54
	450	7.50	90.73	191.14	5160.79
	480	8.00	92.09	181.87	5237.97

Volume di laminazione da smaltire = **3'246,77 m³**

10.4.5 Calcolo volume di laminazione – metodo delle sole piogge AREA 5a

Situazione ante operam – verifica della volumetria con TR 25 anni ad 1 h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	46.7
Parametro n	0.23
h (mm)	46.70
ϕ med.	0.2
Superficie (mq)	131760.8
$\phi*S$ (mq)	26352.16
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=25 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	26.37	2316.33	694.90
	10	0.17	30.93	1358.34	815.00
	15	0.25	33.95	994.07	894.66
	20	0.33	36.27	796.55	955.86
	25	0.42	38.18	670.80	1006.20
	30	0.50	39.82	582.94	1049.29
	35	0.58	41.26	517.70	1087.16
	40	0.67	42.54	467.11	1121.07
	45	0.75	43.71	426.61	1151.85
	50	0.83	44.78	393.37	1180.11
	55	0.92	45.77	365.53	1206.26
piogge orarie	60	1.00	46.70	341.85	1230.65
	65	1.08	47.57	321.41	1253.51
	70	1.17	48.39	303.59	1275.06
	75	1.25	49.16	287.88	1295.46
	80	1.33	49.89	273.92	1314.83
	85	1.42	50.60	261.43	1333.29
	90	1.50	51.26	250.17	1350.93
	120	2.00	54.77	200.46	1443.34
	150	2.50	57.66	168.82	1519.36
	180	3.00	60.12	146.71	1584.42
	210	3.50	62.29	130.29	1641.61
	240	4.00	64.24	117.56	1692.80
	270	4.50	66.00	107.36	1739.29
	300	5.00	67.62	99.00	1781.95
	330	5.50	69.12	91.99	1821.45
	360	6.00	70.52	86.03	1858.27
	390	6.50	71.83	80.89	1892.79
	420	7.00	73.06	76.40	1925.33
	450	7.50	74.23	72.45	1956.13
	480	8.00	75.34	68.94	1985.38

Volume di laminazione da smaltire = **1'230,65 m³**

Situazione post operam – verifica della volumetria con TR 25 anni durata 1h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	46.7
Parametro n	0.23
h (mm)	46.70
ϕ med.	0.36
Superficie (mq)	131760.8
ϕ *S (mq)	47433.888
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=25 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	26.37	4169.39	1250.82
	10	0.17	30.93	2445.00	1467.00
	15	0.25	33.95	1789.33	1610.39
	20	0.33	36.27	1433.79	1720.55
	25	0.42	38.18	1207.44	1811.16
	30	0.50	39.82	1049.29	1888.72
	35	0.58	41.26	931.85	1956.89
	40	0.67	42.54	840.80	2017.92
	45	0.75	43.71	767.90	2073.34
	50	0.83	44.78	708.06	2124.19
	55	0.92	45.77	657.96	2171.27
piogge orarie	60	1.00	46.70	615.32	2215.16
	65	1.08	47.57	578.54	2256.32
	70	1.17	48.39	546.45	2295.11
	75	1.25	49.16	518.18	2331.82
	80	1.33	49.89	493.06	2366.69
	85	1.42	50.60	470.57	2399.92
	90	1.50	51.26	450.31	2431.68
	120	2.00	54.77	360.84	2598.02
	150	2.50	57.66	303.87	2734.84
	180	3.00	60.12	264.07	2851.96
	210	3.50	62.29	234.52	2954.89
	240	4.00	64.24	211.60	3047.05
	270	4.50	66.00	193.25	3130.72
	300	5.00	67.62	178.20	3207.52
	330	5.50	69.12	165.59	3278.60
	360	6.00	70.52	154.86	3344.88
	390	6.50	71.83	145.60	3407.03
	420	7.00	73.06	137.52	3465.60
	450	7.50	74.23	130.41	3521.03
	480	8.00	75.34	124.09	3573.69

Volume di laminazione da smaltire = **2'215,16 m³**

Situazione ante operam – verifica della volumetria con TR 100 anni ad 1 h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	57.08
Parametro n	0.23
h (mm)	57.08
ϕ med.	0.2
Superficie (mq)	131760.8
ϕ *S (mq)	26352.16
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=100 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	32.23	2831.18	849.35
	10	0.17	37.80	1660.25	996.15
	15	0.25	41.50	1215.02	1093.52
	20	0.33	44.33	973.60	1168.32
	25	0.42	46.67	819.90	1229.85
	30	0.50	48.67	712.51	1282.52
	35	0.58	50.42	632.76	1328.80
	40	0.67	52.00	570.94	1370.25
	45	0.75	53.43	521.44	1407.88
	50	0.83	54.74	480.80	1442.41
piogge orarie	55	0.92	55.95	446.78	1474.38
	60	1.00	57.08	417.83	1504.18
	65	1.08	58.14	392.85	1532.13
	70	1.17	59.14	371.06	1558.47
	75	1.25	60.09	351.87	1583.40
	80	1.33	60.98	334.81	1607.07
	85	1.42	61.84	319.54	1629.64
	90	1.50	62.66	305.78	1651.21
	120	2.00	66.95	245.02	1764.16
	150	2.50	70.47	206.34	1857.06
	180	3.00	73.49	179.31	1936.59
	210	3.50	76.14	159.24	2006.48
	240	4.00	78.52	143.69	2069.06
	270	4.50	80.67	131.23	2125.88
	300	5.00	82.65	121.00	2178.03
	330	5.50	84.48	112.44	2226.30
	360	6.00	86.19	105.15	2271.30
	390	6.50	87.79	98.87	2313.50
	420	7.00	89.30	93.38	2353.28
	450	7.50	90.73	88.55	2390.92
	480	8.00	92.09	84.26	2426.67

Volume di laminazione da smaltire = **1'504,18 m³**

Situazione post operam – verifica della volumetria con TR 100 anni durata 1h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	57.08
Parametro n	0.23
h (mm)	57.08
ϕ med.	0.36
Superficie (mq)	131760.8
ϕ *S (mq)	47433.888
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=100 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	32.23	5096.12	1528.84
	10	0.17	37.80	2988.45	1793.07
	15	0.25	41.50	2187.04	1968.33
	20	0.33	44.33	1752.48	2102.98
	25	0.42	46.67	1475.82	2213.73
	30	0.50	48.67	1282.52	2308.53
	35	0.58	50.42	1138.98	2391.85
	40	0.67	52.00	1027.69	2466.45
	45	0.75	53.43	938.58	2534.18
	50	0.83	54.74	865.45	2596.34
piogge orarie	55	0.92	55.95	804.21	2653.88
	60	1.00	57.08	752.09	2707.53
	65	1.08	58.14	707.14	2757.83
	70	1.17	59.14	667.91	2805.24
	75	1.25	60.09	633.36	2850.11
	80	1.33	60.98	602.65	2892.73
	85	1.42	61.84	575.17	2933.35
	90	1.50	62.66	550.40	2972.17
	120	2.00	66.95	441.04	3175.48
	150	2.50	70.47	371.41	3342.71
	180	3.00	73.49	322.77	3485.87
	210	3.50	76.14	286.64	3611.67
	240	4.00	78.52	258.63	3724.32
	270	4.50	80.67	236.21	3826.59
	300	5.00	82.65	217.80	3920.45
	330	5.50	84.48	202.39	4007.34
	360	6.00	86.19	189.28	4088.34
	390	6.50	87.79	177.96	4164.31
	420	7.00	89.30	168.09	4235.90
	450	7.50	90.73	159.39	4303.65
	480	8.00	92.09	151.67	4368.01

Volume di laminazione da smaltire = **2'707,53 m³**

10.4.6 Calcolo volume di laminazione – metodo delle sole piogge AREA 5b

Situazione ante operam – verifica della volumetria con TR 25 anni ad 1 h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	46.7
Parametro n	0.23
h (mm)	46.70
ϕ med.	0.2
Superficie (mq)	345266.5
ϕ *S (mq)	69053.3
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=25 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	26.37	6069.72	1820.91
	10	0.17	30.93	3559.39	2135.63
	15	0.25	33.95	2604.86	2344.38
	20	0.33	36.27	2087.29	2504.74
	25	0.42	38.18	1757.77	2636.65
	30	0.50	39.82	1527.54	2749.57
	35	0.58	41.26	1356.57	2848.80
	40	0.67	42.54	1224.02	2937.65
	45	0.75	43.71	1117.90	3018.32
	50	0.83	44.78	1030.79	3092.36
piogge orarie	55	0.92	45.77	957.85	3160.89
	60	1.00	46.70	895.77	3224.79
	65	1.08	47.57	842.23	3284.71
	70	1.17	48.39	795.52	3341.17
	75	1.25	49.16	754.36	3394.62
	80	1.33	49.89	717.79	3445.38
	85	1.42	50.60	685.05	3493.76
	90	1.50	51.26	655.55	3539.99
	120	2.00	54.77	525.30	3782.15
	150	2.50	57.66	442.37	3981.32
	180	3.00	60.12	384.43	4151.83
	210	3.50	62.29	341.40	4301.67
	240	4.00	64.24	308.04	4435.83
	270	4.50	66.00	281.34	4557.64
	300	5.00	67.62	259.41	4669.44
	330	5.50	69.12	241.06	4772.93
	360	6.00	70.52	225.44	4869.41
	390	6.50	71.83	211.96	4959.88
	420	7.00	73.06	200.20	5045.15
	450	7.50	74.23	189.85	5125.84
	480	8.00	75.34	180.64	5202.50

Volume di laminazione da smaltire = **3'244,79 m³**

Situazione post operam – verifica della volumetria con TR 25 anni durata 1h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	46.7
Parametro n	0.23
h (mm)	46.70
ϕ med.	0.39
Superficie (mq)	345266.5
ϕ^*S (mq)	134653.935
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=25 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	26.37	11835.95	3550.78
	10	0.17	30.93	6940.81	4164.48
	15	0.25	33.95	5079.48	4571.54
	20	0.33	36.27	4070.21	4884.25
	25	0.42	38.18	3427.65	5141.47
	30	0.50	39.82	2978.70	5361.66
	35	0.58	41.26	2645.32	5555.16
	40	0.67	42.54	2386.84	5728.42
	45	0.75	43.71	2179.90	5885.73
	50	0.83	44.78	2010.03	6030.10
piogge orarie	55	0.92	45.77	1867.80	6163.74
	60	1.00	46.70	1746.76	6288.34
	65	1.08	47.57	1642.35	6405.18
	70	1.17	48.39	1551.26	6515.29
	75	1.25	49.16	1471.00	6619.50
	80	1.33	49.89	1399.69	6718.49
	85	1.42	50.60	1335.85	6812.83
	90	1.50	51.26	1278.33	6902.98
	120	2.00	54.77	1024.33	7375.18
	150	2.50	57.66	862.62	7763.58
	180	3.00	60.12	749.64	8096.06
	210	3.50	62.29	665.73	8388.25
	240	4.00	64.24	600.69	8649.87
	270	4.50	66.00	548.61	8887.40
	300	5.00	67.62	505.86	9105.40
	330	5.50	69.12	470.06	9307.21
	360	6.00	70.52	439.60	9495.34
	390	6.50	71.83	413.32	9671.77
	420	7.00	73.06	390.40	9838.04
	450	7.50	74.23	370.20	9995.40
	480	8.00	75.34	352.25	10144.87

Volume di laminazione da smaltire = **6'288,34 m³**

Situazione ante operam – verifica della volumetria con TR 100 anni ad 1 h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	57.08
Parametro n	0.23
h (mm)	57.08
ϕ med.	0.2
Superficie (mq)	345266.5
ϕ *S (mq)	69053.3
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=100 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	32.23	7418.83	2225.65
	10	0.17	37.80	4350.53	2610.32
	15	0.25	41.50	3183.85	2865.46
	20	0.33	44.33	2551.23	3061.47
	25	0.42	46.67	2148.47	3222.70
	30	0.50	48.67	1867.06	3360.71
	35	0.58	50.42	1658.10	3482.00
	40	0.67	52.00	1496.08	3590.60
	45	0.75	53.43	1366.37	3689.20
	50	0.83	54.74	1259.90	3779.69
piogge orarie	55	0.92	55.95	1170.75	3863.47
	60	1.00	57.08	1094.88	3941.56
	65	1.08	58.14	1029.44	4014.80
	70	1.17	59.14	972.34	4083.82
	75	1.25	60.09	922.03	4149.14
	80	1.33	60.98	877.33	4211.18
	85	1.42	61.84	837.32	4270.32
	90	1.50	62.66	801.26	4326.83
	120	2.00	66.95	642.06	4622.80
	150	2.50	70.47	540.69	4866.25
	180	3.00	73.49	469.88	5074.65
	210	3.50	76.14	417.29	5257.80
	240	4.00	78.52	376.51	5421.78
	270	4.50	80.67	343.87	5570.67
	300	5.00	82.65	317.07	5707.31
	330	5.50	84.48	294.64	5833.80
	360	6.00	86.19	275.54	5951.73
	390	6.50	87.79	259.07	6062.31
	420	7.00	89.30	244.70	6166.53
	450	7.50	90.73	232.04	6265.16
	480	8.00	92.09	220.79	6358.86

Volume di laminazione da smaltire = **3'941,56 m³**

Situazione post operam – verifica della volumetria con TR 100 anni durata 1h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	57.08
Parametro n	0.23
h (mm)	57.08
ϕ med.	0.39
Superficie (mq)	345266.5
$\phi*S$ (mq)	134653.935
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=100 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	32.23	14466.72	4340.02
	10	0.17	37.80	8483.54	5090.12
	15	0.25	41.50	6208.50	5587.65
	20	0.33	44.33	4974.89	5969.87
	25	0.42	46.67	4189.51	6284.26
	30	0.50	48.67	3640.77	6553.39
	35	0.58	50.42	3233.29	6789.91
	40	0.67	52.00	2917.37	7001.68
	45	0.75	53.43	2664.42	7193.94
	50	0.83	54.74	2456.80	7370.40
	55	0.92	55.95	2282.96	7533.76
piogge orarie	60	1.00	57.08	2135.01	7686.05
	65	1.08	58.14	2007.40	7828.86
	70	1.17	59.14	1896.06	7963.44
	75	1.25	60.09	1797.96	8090.82
	80	1.33	60.98	1710.79	8211.81
	85	1.42	61.84	1632.77	8327.12
	90	1.50	62.66	1562.46	8437.31
	120	2.00	66.95	1252.01	9014.46
	150	2.50	70.47	1054.35	9489.19
	180	3.00	73.49	916.26	9895.57
	210	3.50	76.14	813.71	10252.71
	240	4.00	78.52	734.20	10572.48
	270	4.50	80.67	670.54	10862.80
	300	5.00	82.65	618.29	11129.26
	330	5.50	84.48	574.54	11375.92
	360	6.00	86.19	537.31	11605.87
	390	6.50	87.79	505.19	11821.51
	420	7.00	89.30	477.17	12024.74
	450	7.50	90.73	452.48	12217.07
	480	8.00	92.09	430.55	12399.77

Volume di laminazione da smaltire = **7'686,05 m³**

10.4.7 Calcolo volume di laminazione – metodo delle sole piogge AREA 6

Situazione ante operam – verifica della volumetria con TR 25 anni ad 1 h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	46.7
Parametro n	0.23
h (mm)	46.70
ϕ med.	0.2
Superficie (mq)	58772.9
$\phi*S$ (mq)	11754.58
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=25 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	26.37	1033.22	309.96
	10	0.17	30.93	605.90	363.54
	15	0.25	33.95	443.41	399.07
	20	0.33	36.27	355.31	426.37
	25	0.42	38.18	299.22	448.82
	30	0.50	39.82	260.02	468.04
	35	0.58	41.26	230.92	484.94
	40	0.67	42.54	208.36	500.06
	45	0.75	43.71	190.29	513.79
	50	0.83	44.78	175.47	526.40
piogge orarie	55	0.92	45.77	163.05	538.06
	60	1.00	46.70	152.48	548.94
	65	1.08	47.57	143.37	559.14
	70	1.17	48.39	135.42	568.75
	75	1.25	49.16	128.41	577.85
	80	1.33	49.89	122.19	586.49
	85	1.42	50.60	116.61	594.72
	90	1.50	51.26	111.59	602.59
	120	2.00	54.77	89.42	643.81
	150	2.50	57.66	75.30	677.72
	180	3.00	60.12	65.44	706.74
	210	3.50	62.29	58.12	732.25
	240	4.00	64.24	52.44	755.09
	270	4.50	66.00	47.89	775.82
	300	5.00	67.62	44.16	794.85
	330	5.50	69.12	41.03	812.47
	360	6.00	70.52	38.37	828.89
	390	6.50	71.83	36.08	844.29
	420	7.00	73.06	34.08	858.81
	450	7.50	74.23	32.32	872.55
	480	8.00	75.34	30.75	885.59

Volume di laminazione da smaltire = **548,94 m³**

Situazione post operam – verifica della volumetria con TR 25 anni durata 1h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	46.7
Parametro n	0.23
h (mm)	46.70
ϕ med.	0.36
Superficie (mq)	58772.9
ϕ *S (mq)	21158.244
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=25 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	26.37	1859.79	557.94
	10	0.17	30.93	1090.61	654.37
	15	0.25	33.95	798.14	718.33
	20	0.33	36.27	639.55	767.47
	25	0.42	38.18	538.59	807.88
	30	0.50	39.82	468.04	842.48
	35	0.58	41.26	415.66	872.89
	40	0.67	42.54	375.05	900.11
	45	0.75	43.71	342.53	924.83
	50	0.83	44.78	315.84	947.51
piogge orarie	55	0.92	45.77	293.49	968.51
	60	1.00	46.70	274.47	988.09
	65	1.08	47.57	258.06	1006.45
	70	1.17	48.39	243.75	1023.75
	75	1.25	49.16	231.14	1040.13
	80	1.33	49.89	219.93	1055.68
	85	1.42	50.60	209.90	1070.50
	90	1.50	51.26	200.86	1084.67
	120	2.00	54.77	160.95	1158.87
	150	2.50	57.66	135.54	1219.90
	180	3.00	60.12	117.79	1272.14
	210	3.50	62.29	104.61	1318.05
	240	4.00	64.24	94.39	1359.16
	270	4.50	66.00	86.20	1396.48
	300	5.00	67.62	79.49	1430.74
	330	5.50	69.12	73.86	1462.45
	360	6.00	70.52	69.07	1492.01
	390	6.50	71.83	64.95	1519.73
	420	7.00	73.06	61.34	1545.86
	450	7.50	74.23	58.17	1570.58
	480	8.00	75.34	55.35	1594.07

Volume di laminazione da smaltire = **988,09 m³**

Situazione ante operam – verifica della volumetria con TR 100 anni ad 1 h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	57.08
Parametro n	0.23
h (mm)	57.08
ϕ med.	0.2
Superficie (mq)	58772.9
ϕ *S (mq)	11754.58
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=100 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	32.23	1262.87	378.86
	10	0.17	37.80	740.57	444.34
	15	0.25	41.50	541.97	487.77
	20	0.33	44.33	434.28	521.14
	25	0.42	46.67	365.72	548.58
	30	0.50	48.67	317.82	572.08
	35	0.58	50.42	282.25	592.72
	40	0.67	52.00	254.67	611.21
	45	0.75	53.43	232.59	627.99
	50	0.83	54.74	214.47	643.40
	55	0.92	55.95	199.29	657.66
piogge orarie	60	1.00	57.08	186.38	670.95
	65	1.08	58.14	175.24	683.42
	70	1.17	59.14	165.52	695.17
	75	1.25	60.09	156.95	706.29
	80	1.33	60.98	149.34	716.85
	85	1.42	61.84	142.53	726.91
	90	1.50	62.66	136.39	736.53
	120	2.00	66.95	109.29	786.92
	150	2.50	70.47	92.04	828.36
	180	3.00	73.49	79.98	863.83
	210	3.50	76.14	71.03	895.01
	240	4.00	78.52	64.09	922.92
	270	4.50	80.67	58.53	948.27
	300	5.00	82.65	53.97	971.53
	330	5.50	84.48	50.15	993.06
	360	6.00	86.19	46.90	1013.13
	390	6.50	87.79	44.10	1031.96
	420	7.00	89.30	41.65	1049.70
	450	7.50	90.73	39.50	1066.49
	480	8.00	92.09	37.58	1082.43

Volume di laminazione da smaltire = **670,95 m³**

Situazione post operam – verifica della volumetria con TR 100 anni durata 1h

DATI CURVA PREVISIONALE 1 ORA	
Parametro a (mm*s-n)	57.08
Parametro n	0.23
h (mm)	57.08
ϕ med.	0.36
Superficie (mq)	58772.9
ϕ *S (mq)	21158.244
Tempo di pioggia (min)	60

Tr=100 anni	TP		h	Q pioggia entrante	V pioggia entrante
	min.	ore	mm	Q in (l/s)	V in (mc)
scroscio	5	0.08	32.23	2273.16	681.95
	10	0.17	37.80	1333.02	799.81
	15	0.25	41.50	975.54	877.99
	20	0.33	44.33	781.71	938.05
	25	0.42	46.67	658.30	987.45
	30	0.50	48.67	572.08	1029.74
	35	0.58	50.42	508.05	1066.90
	40	0.67	52.00	458.41	1100.18
	45	0.75	53.43	418.66	1130.39
	50	0.83	54.74	386.04	1158.12
	55	0.92	55.95	358.72	1183.78
piogge orarie	60	1.00	57.08	335.48	1207.71
	65	1.08	58.14	315.42	1230.15
	70	1.17	59.14	297.93	1251.30
	75	1.25	60.09	282.51	1271.31
	80	1.33	60.98	268.82	1290.33
	85	1.42	61.84	256.56	1308.44
	90	1.50	62.66	245.51	1325.76
	120	2.00	66.95	196.73	1416.45
	150	2.50	70.47	165.67	1491.04
	180	3.00	73.49	143.97	1554.90
	210	3.50	76.14	127.86	1611.01
	240	4.00	78.52	115.37	1661.26
	270	4.50	80.67	105.36	1706.88
	300	5.00	82.65	97.15	1748.75
	330	5.50	84.48	90.28	1787.50
	360	6.00	86.19	84.43	1823.64
	390	6.50	87.79	79.38	1857.52
	420	7.00	89.30	74.98	1889.45
	450	7.50	90.73	71.10	1919.67
	480	8.00	92.09	67.65	1948.38

Volume di laminazione da smaltire = **1'207,71 m³**

10.5 Tabelle riassuntive

10.5.1 Tabella riassuntiva AREA 1

<u>Vol. di laminazione</u> <u>(Deliberazione n.61/2009)</u>	<u>Vol. di laminazione post operam TR</u> <u>25 anni (Metodo sole piogge)</u>	<u>Vol. di laminazione post operam TR</u> <u>100 anni (Metodo sole piogge)</u>
7'784 m ³	4'466,00 m ³	5'458,66 m ³

Il volume di laminazione da adottare è quindi quello della Deliberazione n.61/2009 (più cautelativo tra i due metodi utilizzati): il volume di laminazione da adottare sarà quindi pari a **7'784 m³**.

10.5.2 Tabella riassuntiva AREA 2

<u>Vol. di laminazione</u> <u>(Deliberazione n.61/2009)</u>	<u>Vol. di laminazione post operam TR</u> <u>25 anni (Metodo sole piogge)</u>	<u>Vol. di laminazione post operam TR</u> <u>100 anni (Metodo sole piogge)</u>
23'968 m ³	13'430,81 m ³	16'416,07 m ³

Il volume di laminazione da adottare è quindi quello della Deliberazione n.61/2009 (più cautelativo tra i due metodi utilizzati): il volume di laminazione da adottare sarà quindi pari a **23'968 m³**.

10.5.3 Tabella riassuntiva AREA 3

<u>Vol. di laminazione</u> <u>(Deliberazione n.61/2009)</u>	<u>Vol. di laminazione post operam TR</u> <u>25 anni (Metodo sole piogge)</u>	<u>Vol. di laminazione post operam TR</u> <u>100 anni (Metodo sole piogge)</u>
7'374,5 m ³	4'230,86 m ³	5'171,25 m ³

Il volume di laminazione da adottare è quindi quello della Deliberazione n.61/2009 (più cautelativo tra i due metodi utilizzati): il volume di laminazione da adottare sarà quindi pari a **7'374,5 m³**.

10.5.4 Tabella riassuntiva AREA 4

<u>Vol. di laminazione</u> <u>(Deliberazione n.61/2009)</u>	<u>Vol. di laminazione post operam TR</u> <u>25 anni (Metodo sole piogge)</u>	<u>Vol. di laminazione post operam TR</u> <u>100 anni (Metodo sole piogge)</u>
5'239,5 m ³	2'656,35 m ³	3'246,77 m ³

Il volume di laminazione da adottare è quindi quello della Deliberazione n.61/2009 (più cautelativo tra i due metodi utilizzati): il volume di laminazione da adottare sarà quindi pari a **5'239,5 m³**.

10.5.5a Tabella riassuntiva AREA 5a

<u>Vol. di laminazione</u> <u>(Deliberazione n.61/2009)</u>	<u>Vol. di laminazione post operam TR</u> <u>25 anni (Metodo sole piogge)</u>	<u>Vol. di laminazione post operam TR</u> <u>100 anni (Metodo sole piogge)</u>
4'613 m ³	2'215,16 m ³	2'707,53 m ³

Il volume di laminazione da adottare è quindi quello della Deliberazione n.61/2009 (più cautelativo tra i due metodi utilizzati): il volume di laminazione da adottare sarà quindi pari a **4'613 m³**.

10.5.5b Tabella riassuntiva AREA 5b

<u>Vol. di laminazione</u> <u>(Deliberazione n.61/2009)</u>	<u>Vol. di laminazione post operam TR</u> <u>25 anni (Metodo sole piogge)</u>	<u>Vol. di laminazione post operam TR</u> <u>100 anni (Metodo sole piogge)</u>
12'085,5 m ³	6'288,34 m ³	7'686,05 m ³

Il volume di laminazione da adottare è quindi quello della Deliberazione n.61/2009 (più cautelativo tra i due metodi utilizzati): il volume di laminazione da adottare sarà quindi pari a **12'085,5 m³**.

10.5.6 Tabella riassuntiva AREA 6

<u>Vol. di laminazione</u> <u>(Deliberazione n.61/2009)</u>	<u>Vol. di laminazione post operam TR</u> <u>25 anni (Metodo sole piogge)</u>	<u>Vol. di laminazione post operam TR</u> <u>100 anni (Metodo sole piogge)</u>
2'058 m ³	988,09 m ³	1'207,71 m ³

Il volume di laminazione da adottare è quindi quello della Deliberazione n.61/2009 (più cautelativo tra i due metodi utilizzati): il volume di laminazione da adottare sarà quindi pari a **2'058 m³**.

11.MISURE COMPENSATIVE PROPOSTE

La presente relazione ha esaminato le caratteristiche idrogeologiche del sito oggetto di intervento, situato nel Comune di Bondeno (FE), e ha individuato le opere necessarie al rispetto dei criteri imposti dal DGR 1860/2006 in materia di invarianza idraulica, per la determinazione dei volumi e delle modalità di compensazione dell'aggravio idraulico eventualmente indotto dalla realizzazione del campo fotovoltaico.

L'intero lotto di terreni è stato suddiviso in alcune sottoaree, il cui volume finale di laminazione richiesto è pari a:

- circa 7'784 m³ per l'area 1;
- circa 23'968 m³ per l'area 2;
- circa 7'374,5 m³ per l'area 3;
- circa 5'239,5 m³ per l'area 4;
- circa 4'613 m³ per l'area 5a;
- circa 12'085,5 m³ per l'area 5b;
- circa 2'058 m³ per l'area 6;

Per ciascuna area, si può prevedere la realizzazione di un invaso (vasca di laminazione) che ha la funzione di laminare le portate e che, una volta pieno – dovrà essere svuotato ad esempio mediante opere di drenaggio/infiltrazione nel sottosuolo.

Il Piano di Manutenzione prevede lo sfalcio periodico della vegetazione, al fine di mantenere funzionale il sistema di raccolta, garantendo inoltre la pulizia delle condotte di scarico.

La verifica condotta mediante la cartografia tecnica redatta dal PGRA e del PAI ha evidenziato che le aree:

- per quanto riguarda il reticolo principale- ricade nello scenario di pericolosità L (bassa probabilità – scenari eventi estremi T ritorno > 200 anni) del Bacino del Po;
- per quanto riguarda il reticolo secondario di pianura, ricade nello scenario di pericolosità M (media probabilità – scenari eventi T ritorno 100 – 200 anni) e H (alta probabilità – scenari eventi T ritorno 100 – 200 anni) del Bacino del Po.

Nello specifico, ricadono in pericolosità alta: parte meridionale dell'area 1, parte occidentale dell'area 3, parte orientale dell'area 5b e tutta l'area 2. Le aree 4 e 5a ricadono nello scenario di pericolosità media.

- per quanto riguarda la classe di rischio idraulico, l'area ricade in classe R1 – rischio moderato e R2 – rischio medio.

Nello specifico, ricadono in rischio moderato parte settentrionale dell'area 1, parte orientale dell'area 3, tutta l'area 4, tutta l'area 5a, tutta l'area 5b (eccetto le abitazioni) e tutta l'area 6 (eccetto le abitazioni); mentre ricadono in rischio medio parte meridionale dell'area 1, parte occidentale dell'area 3, zona con abitazioni nelle aree 5b e 6, tutta l'area 2.

Occorre preservare, per gli edifici adiacenti esistenti, la stessa situazione presente ante operam in termini di pericolosità e di rischio di allagamento.

Sulla base dello studio condotto ed in seguito alle verifiche effettuate, considerando la situazione ante e post-intervento, sulla realizzazione dell'opera, si può affermare quanto segue:

- non aumenta il livello di pericolosità idraulica e di rischio poiché l'opera non comporta variazioni nell'assetto idraulico e nel dissesto idraulico, senza variare la permeabilità e la risposta idrologica della stessa area; infatti, come già evidenziato nei paragrafi precedenti,
- la recinzione perimetrale sarà progettata in modo tale da non ostacolare in alcun modo il ruscellamento superficiale, e sostenuta da paletti infissi nel terreno.
- non preclude la possibilità di eliminare o ridurre le condizioni di pericolosità e rischio dalle aree limitrofe.

L'intervento di progetto, con le dovute precauzioni sopra citate, risulta compatibile dal punto di vista idraulico con il contesto geologico, idrogeologico e le normative vigenti.

Serie 24/11/2025



Dott. Geol. Alberto Velicogna

BIBLIOGRAFIA

- Per la cartografia: <http://www.isprambiente.gov.it> (cartografia geologica)
- PAI (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico) Regione Emilia Romagna
- PGRA (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni) Regione EmiliaRomagna
- PRG (Piano Regolatore Generale) Regione Emilia Romagna
- AdbPO – Geoportale del distretto del Po