

REGIONE: Emilia Romagna

PROVINCIA: Ferrara

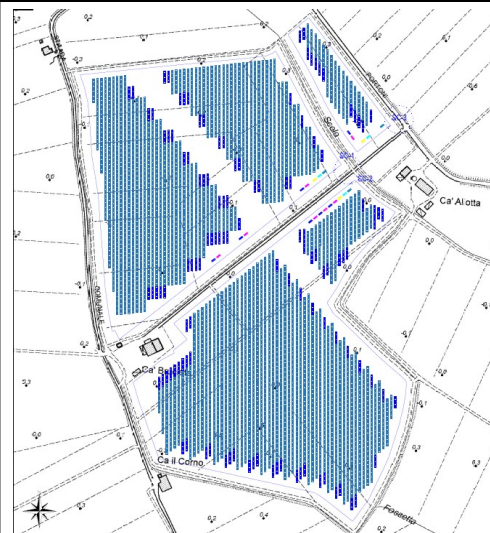
COMUNE: Portomaggiore

RELAZIONE GEOLOGICA - MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA

PROGETTO: REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO AVANZATO CONNESSO ALLA RTN DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 18.030,60 kW

Via Portoni Bandissolo snc – via Roversella

Caratterizzazione e modellizzazione geologica, geotecnica e sismica del sito.



NORMATIVA D.M. 17/01/2018, ENTRATA IN VIGORE IL 22/03/2018

DATA : 30-07-2025

DOCUMENTO : n. 116-025

COMMITTENTE:

Lio Energy Lepus Srl

Via Arrigo Boito, 8 Milano (MI) 20121

GEOLOGO:

Dr.Geol. Matteo Pollini



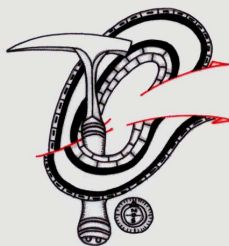
I.GEO.S

- Sede: Argenta (FE) Via C.Corticelli n. 16
Uffici Reggio Emilia (RE) : via Emilia S. Pietro
uffici support Bolzano (BZ): via C. di Risparmio

Tel. : 339- 2613319

e.mail : pollinimatteo72@gmail.com

PEC : pollinimatteo@epap.sicurezza postale.it



- Geologia
- Geotecnica
- Idrogeologia
- Ambiente
- Sicurezza cantieri
- Fonti Rinnovabili

Associated Alea – partner CER

Business Development BIOENERGIE

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. VINCOLISTICA	3
2.1. UBICAZIONI E CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO	3
2.2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	6
2.3. DESCRIZIONE DEL SITO D'INTERVENTO (vincolistica sovra comunale).....	6
2.4. INDIVIDUAZIONI DELLE PROBLEMATICHE AMBIENTALI.....	8
2.5. ANALISI DOCUMENTAZIONE PIANI URBANISTICI.....	8
2.6. ANALISI CARTOGRAFIA PIANI DI BACINO (PAI ; PIAE).....	10
3. GEOMORFOLOGIA e GEOLOGIA.....	14
3.1. LITOLOGIA DI SUPERFICIE	21
3.2.. SUBSIDENZA	22
4. TETTONICA LOCALE.....	24
5. CARATTERISTICHE SISMICHE	25
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO IN BASE ALLE N.T.C. 2018	31
7. VERIFICA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	33
8. criticità idrauliche.....	33
9. campagna di indagini	34
10. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	34
11. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE (MODELLO GEOLOGICO)	35
12. MODELLO IDROGEOLOGICO DELL'AREA.....	37
13. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI	72

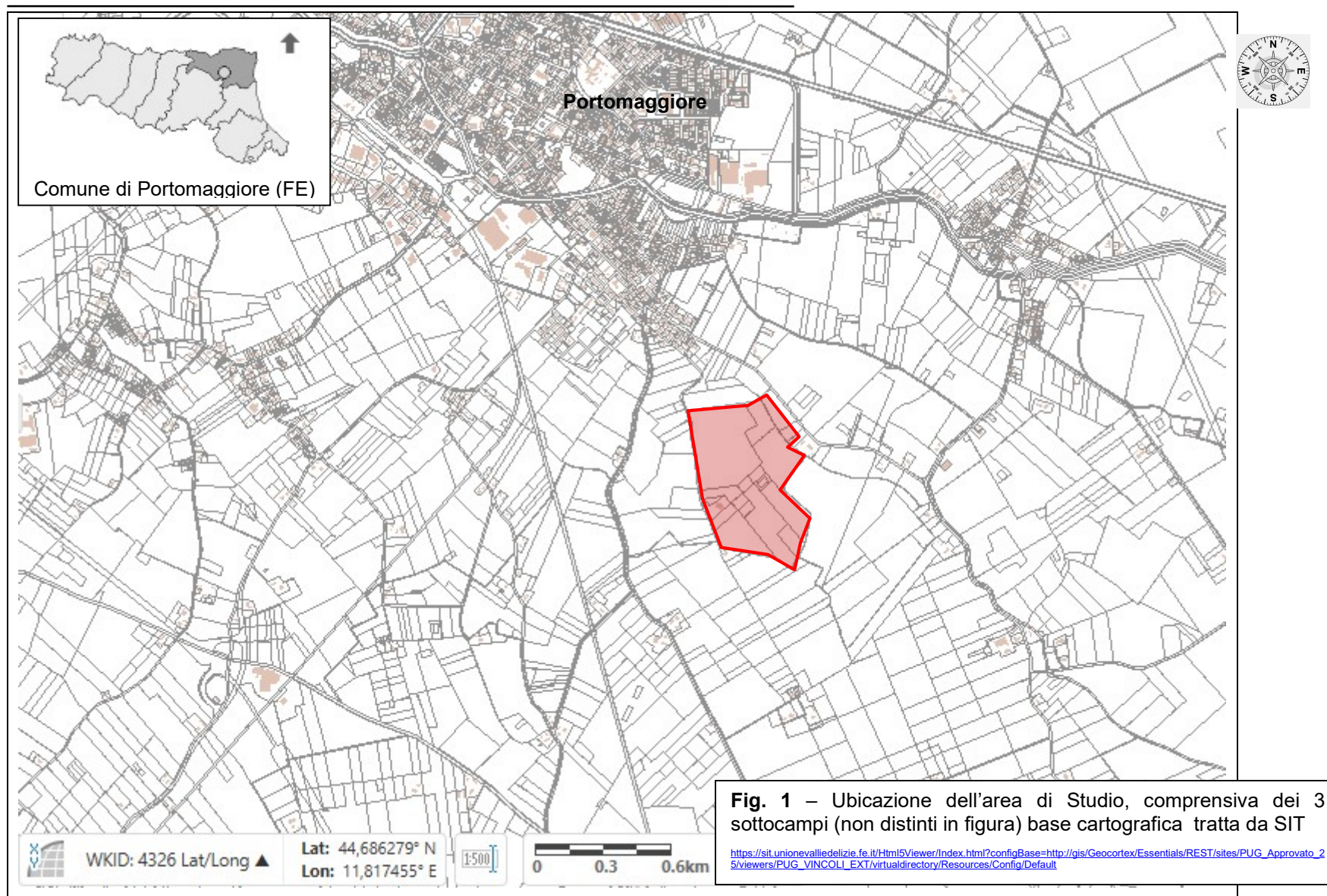
1. PREMESSA

Su incarico di **Lio energy Lepus srl** . (Via Arrigo Boito, 8 Milano (MI) 20121), lo scrivente ha eseguito un'indagine geognostica in un sito sul quale è in progetto la realizzazione di impianti solari agrivoltaici avanzati a terra. A quest'intervento è rivolta la seguente relazione geologica, che è stata realizzata allo scopo di ricavare indicazioni per la realizzazione del modello geologico locale, e per fornire definire le caratteristiche geologiche-geotecniche-idrogeologiche generali.. Il **29-02-2008** il Senato ha approvato, senza modifiche, il disegno di legge n. 2013, nel testo licenziato dalla Camera dei deputati; pertanto il decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248, recante proroga di termini previsti da disposizioni legislative e disposizioni urgenti in materia finanziaria, il cosiddetto milleproroghe, è stato convertito in legge e si attende soltanto la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale. Il 01-07-2009 è poi entrato in vigore il D.M. 14/01/2008 (sostituito con NTC 2018). **Il Comune di Portomaggiore è stato classificato in zona 3**, e ad esso si applica la normativa antisismica dettata, in materia, dalla legislazione statale e regionale. Poiché nello specifico, il progetto in essere sarà soggetto alla sola manutenzione ordinaria, sulla scorta del D.M. 14/01/2008 (sostituito con NTC 2018), la Classe d'Uso risulta essere la II. Le modalità d'indagine e i risultati ottenuti sono descritti e analizzati nel presente rapporto.

2. VINCOLISTICA

2.1. UBICAZIONI E CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO

L'area oggetto del presente studio nel settore sud del territorio comunale di Portomaggiore (FE). L'area indagata si trova a circa 200 metri a sud est, del limite meridionale di Portomaggiore, tra via Portoni Bandissolo e via Roversella. In tale sito dovrà essere realizzato un impianto solare agrivoltaico avanzato a terra, suddiviso in sottocampi. Per fornire un'indicazione più precisa sull'ubicazione dell'area oggetto di intervento vengono riportate: uno stralcio della Carta Tecnica Regionale, ed una ctr alla scala 1.5000 (fig. 1 e 2).



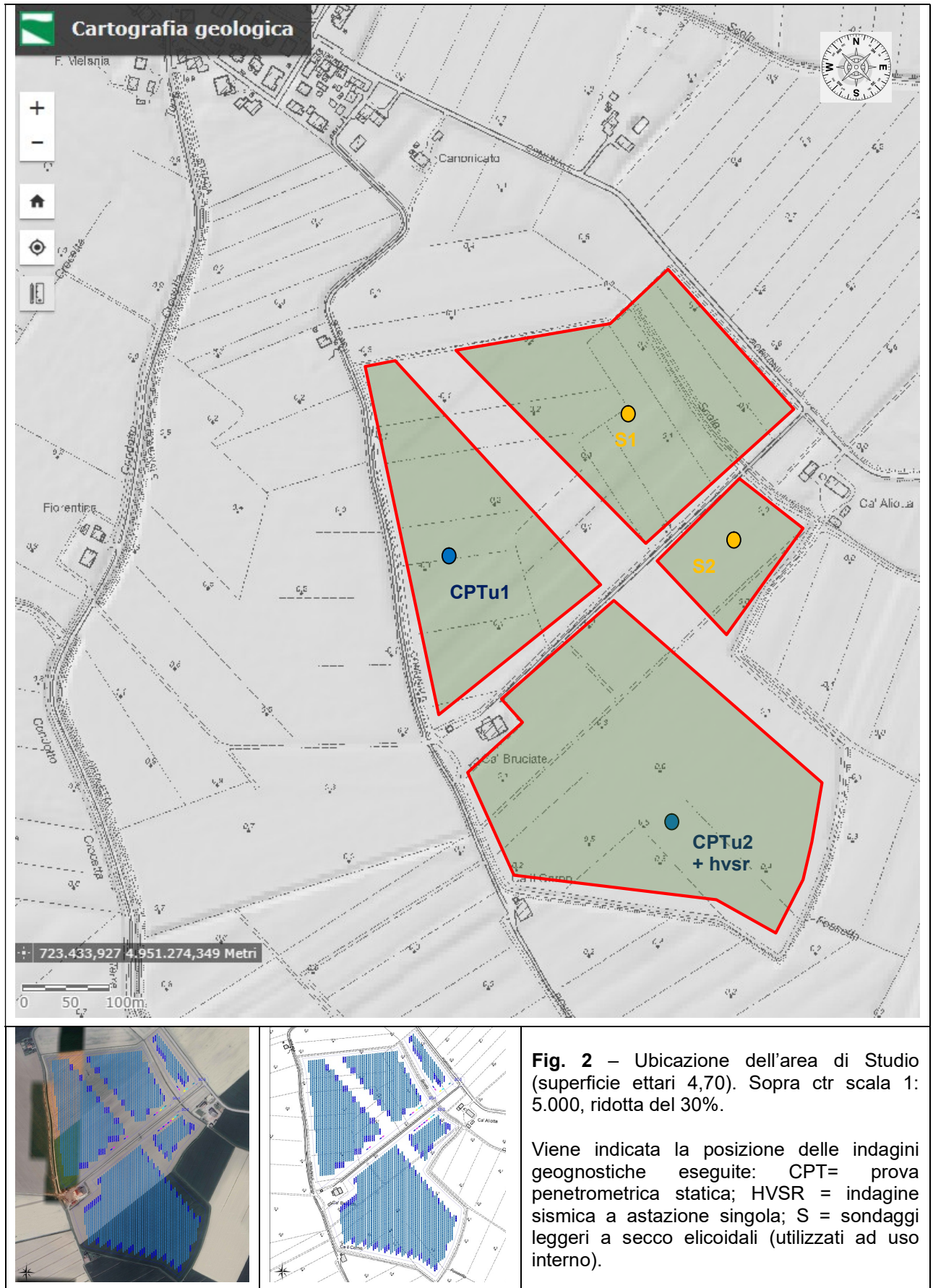


Fig. 2 – Ubicazione dell'area di Studio (superficie ettari 4,70). Sopra ctr scala 1: 5.000, ridotta del 30%.

Viene indicata la posizione delle indagini geognostiche eseguite: CPT= prova penetrometrica statica; HVSR = indagine sismica a stazione singola; S = sondaggi leggeri a secco elicoidali (utilizzati ad uso interno).

2.2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Tutte le indagini geognostiche e le valutazioni geotecniche svolte nel presente lavoro sono state eseguite secondo le seguenti normative e raccomandazioni di riferimento:

D.M. 14-03-2008 : “Testo Unitario”-Norme Tecniche per le Costruzioni (entrato in vigore il 01/07/2009). Sostituito dal **D.M. 17.01.2018 (NTC) entrato in vigore il 22/03/2018**

- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** : “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare e febbraio 2009.

- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** : “Pericolosità Sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27-07-2007.

Eurocodice 8 (1998) : Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecniche (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997) : Progettazione geotecnica-Parte I: regole generali - UNI

Eurocodice 7.2 (2002) : Progettazione geotecnica-Parte II: progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) UNI

Eurocodice 7.3 (2002) : Progettazione geotecnica-Parte II: progettazione assistita da prove in sito (2002)-UNI

A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana

“Aspetti Geotecnica della progettazione in zona sismica” Linee Guida (edizione provvisoria marzo 2005)

PTCP: Piano Territoriale di Coordinamento provinciale

PSC intercomunale

-**Nota Regione Emilia Romagna (13/10/2009)** “conclusione del regime transitorio delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D. M. 14 gennaio 2008 ed illustrazione dell’art. 64, comma 7, della L.R. n. 6 del 2009.”

- **Linee Guida (luglio 2010)** NTC 2008; Gruppo Interregionale dell’Ordine dei Geologi

2.3. DESCRIZIONE DEL SITO D’INTERVENTO (VINCOLISTICA SOVRA COMUNALE)

Dal punto di vista della vincolistica a scala sovra comunale, si fa riferimento a quanto riportato nel PTCP attualmente vigente, della Provincia di Ferrara. Secondo tale strumento, il sito indagato risulta esente da vincoli.

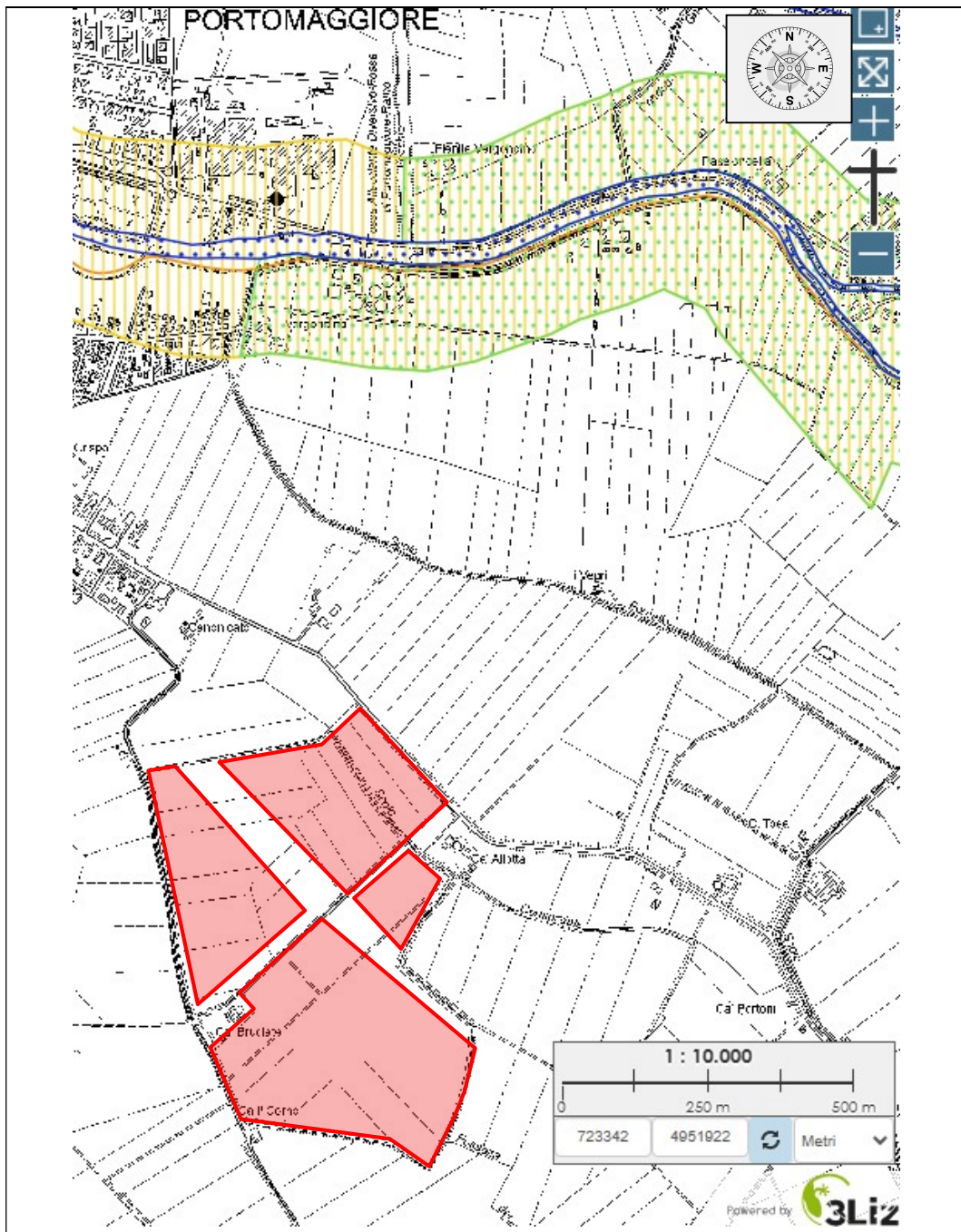


Fig. 3 - Carta vincoli PTCP del sito di via Paglioni, nord-est di Portomaggiore. Tratto dalla cartografia online della provincia di Ferrara (aggiornamento 2010-2011). Area indagata, perimetrata in rosso, in figura.

Legenda:

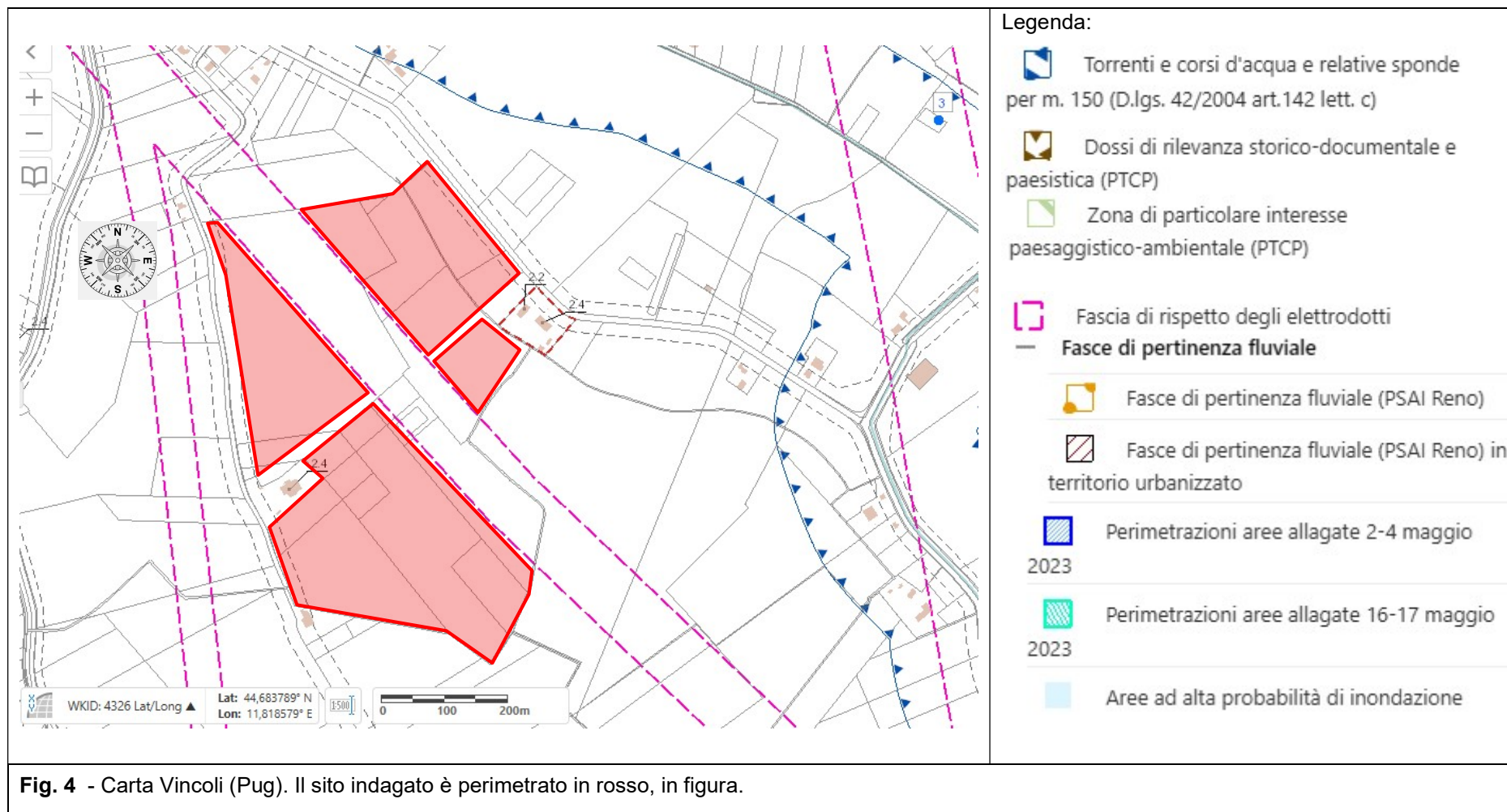
- ZPS e SIC (Art.31)
 - SIC
 - SIC-ZPS
 - ZPS
- Dossi (Art.20)
 - dossi o dune di rilevanza storico documentale e paesisti
 - dossi o dune di rilevanza idrogeologica (art.20b)

2.4. INDIVIDUAZIONI DELLE PROBLEMATICHE AMBIENTALI

Dal punto di vista ambientale, le problematiche connesse al sito indagato sono rappresentate dalla differenza di quota con il piano stradale, in relazione agli scoli presenti, pertanto devono essere correttamente progettate e regimate le acque di prima pioggia (ma per dettagli ulteriori si rimanda alla relazione specifica di invarianza idraulica).

2.5. ANALISI DOCUMENTAZIONE PIANI URBANISTICI

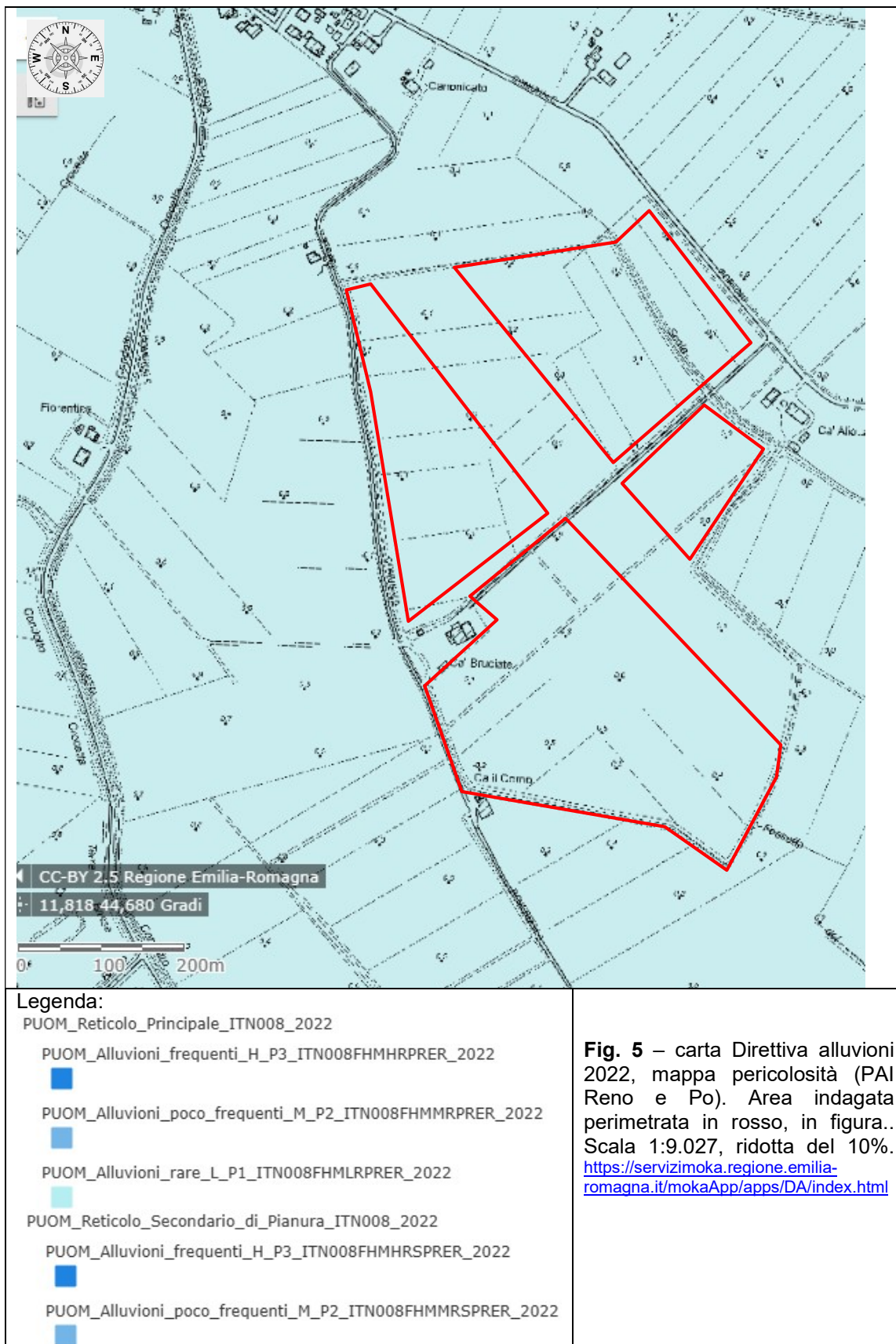
Secondo quanto riportato nel PSC/pug comunale , il sito indagato non ha vincoli particolari che possano precludere all'intervento in progetto. Il sito, in base alla cartografia sit del pug, ha le seguenti caratteristiche:

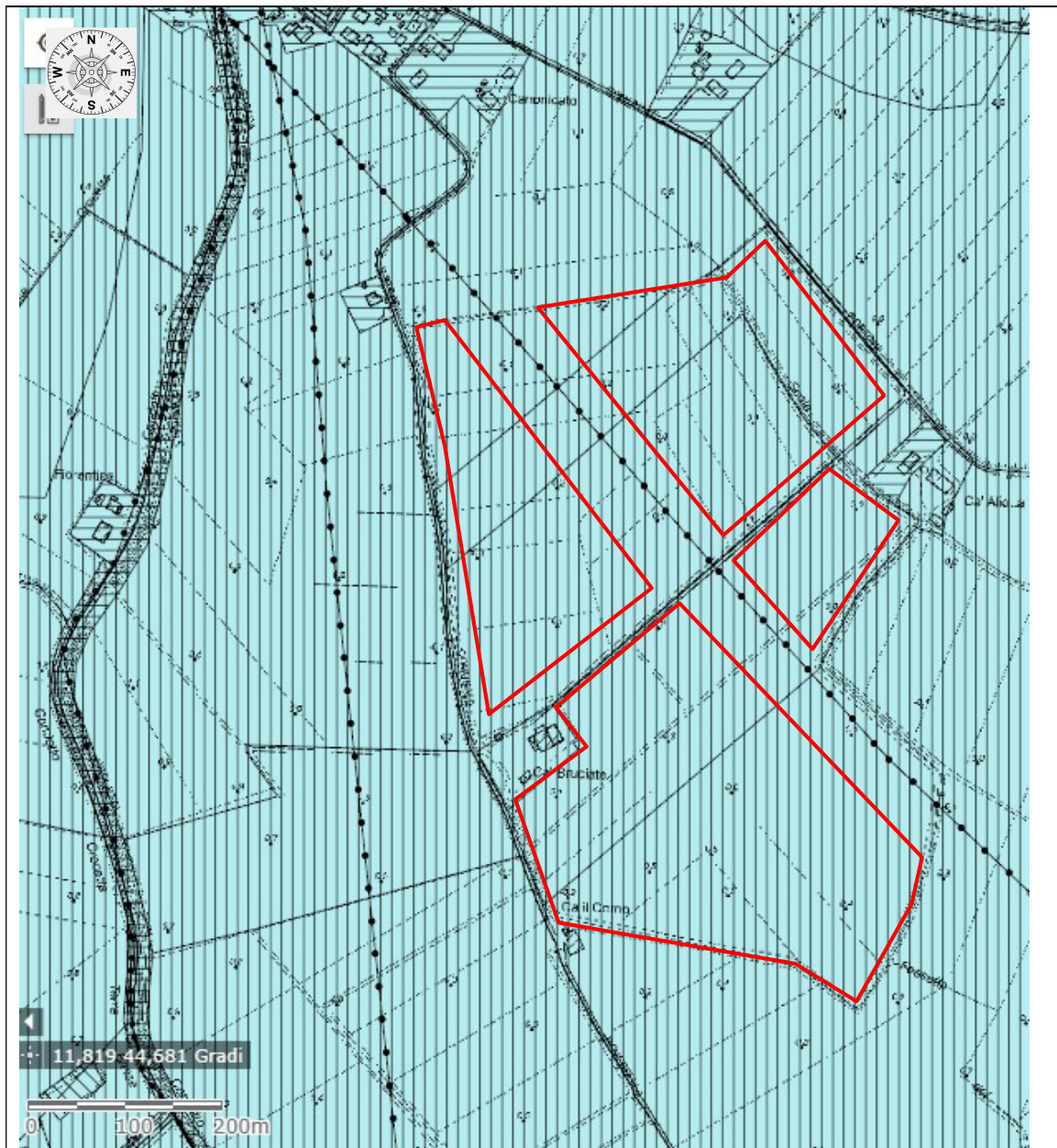


2.6. ANALISI CARTOGRAFIA PIANI DI BACINO (PAI ; PIAE)

Secondo la cartografia del PAE (piano attività estrattive) comunale e provinciale, l'area indagata non ricade in zone di escavazione inerti.). Secondo quanto riportato nel PAI, il sito indagato risulta non essere interessato da emergenze naturalistiche, paesaggistiche e storico-culturali, relativamente ad aree di dissesto idraulico ed idrogeologico. Al momento della redazione del presente documento, le cartografie PAI, e direttiva alluvioni, forniscono , per il sito indagato, le seguenti caratteristiche:

denominazione pratica	Comuni interessati
	Portomaggiore (FE))
Direttiva alluvioni 2022 Mappa pericolosità	PUOM_Alluvioni_rare_L_P1_ITI021FHMLRPRER_2022 PUOM_Alluvioni_rare_L_P1_ITN008FHMLRPRER_2022 PUOM_Alluvioni_poco_frequenti_M_P2_ITN008FHMMRSPRER_2022
Direttiva alluvioni 2019 Mappa pericolosità	EESP_Reticolo_Principale_ITI021FRMRERPOLY_2019 EESP_Reticolo_Principale_ITN008FRMRERPOLY_2019 EESP_Reticolo_Secondario_di_Pianura_ITN008FRMRERPOLY_2019 PUOM_Alluvioni_rare_L_P1_ITI021FHMLRPRER_2019 PUOM_Alluvioni_rare_L_P1_ITN008FHMLRPRER_2019 PUOM_Alluvioni_poco_frequenti_M_P2_ITN008FHMMRSPRER_2019 PMAX_Alluvioni_poco_frequenti_M_P2_ITN008FHMMRSPRER_2019 PMAX_Alluvioni_rare_L_P1_ITI021FHMLRPRER_2019 PMAX Alluvioni rare L P1 ITN008FHMLRPRER 2019
Direttiva alluvioni 2019 Mappa rischio	RMAX_R1_RP_ITI021FRMRERPOLY_2019 RMAX_R1_RP_ITN008FRMRERPOLY_2019 RMAX_R1_RSP_ITN008FRMRERPOLY_2019
carta Perimetrazione aree allagate eventi di maggio 2023	Non interessato da aree perimetrate https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/allagam_202305/index.html
carta Perimetrazione aree con dissesti, verificatesi a seguito degli eventi di maggio 2023	Non interessato da aree perimetrate





Legenda:

PUOM_Distretto_Po_ITN008_2019

PUOM_Reticolo_Principale_ITN008_2019

PUOM_Alluvioni_frequenti_H_P3_ITN008FHMHRPRER_2019



PUOM_Alluvioni_poco_frequenti_M_P2_ITN008FHMMRPRER_2019



PUOM_Alluvioni_rare_L_P1_ITN008FHMLRPRER_2019



PUOM_Reticolo_Secondario_di_Pianura_ITN008_2019

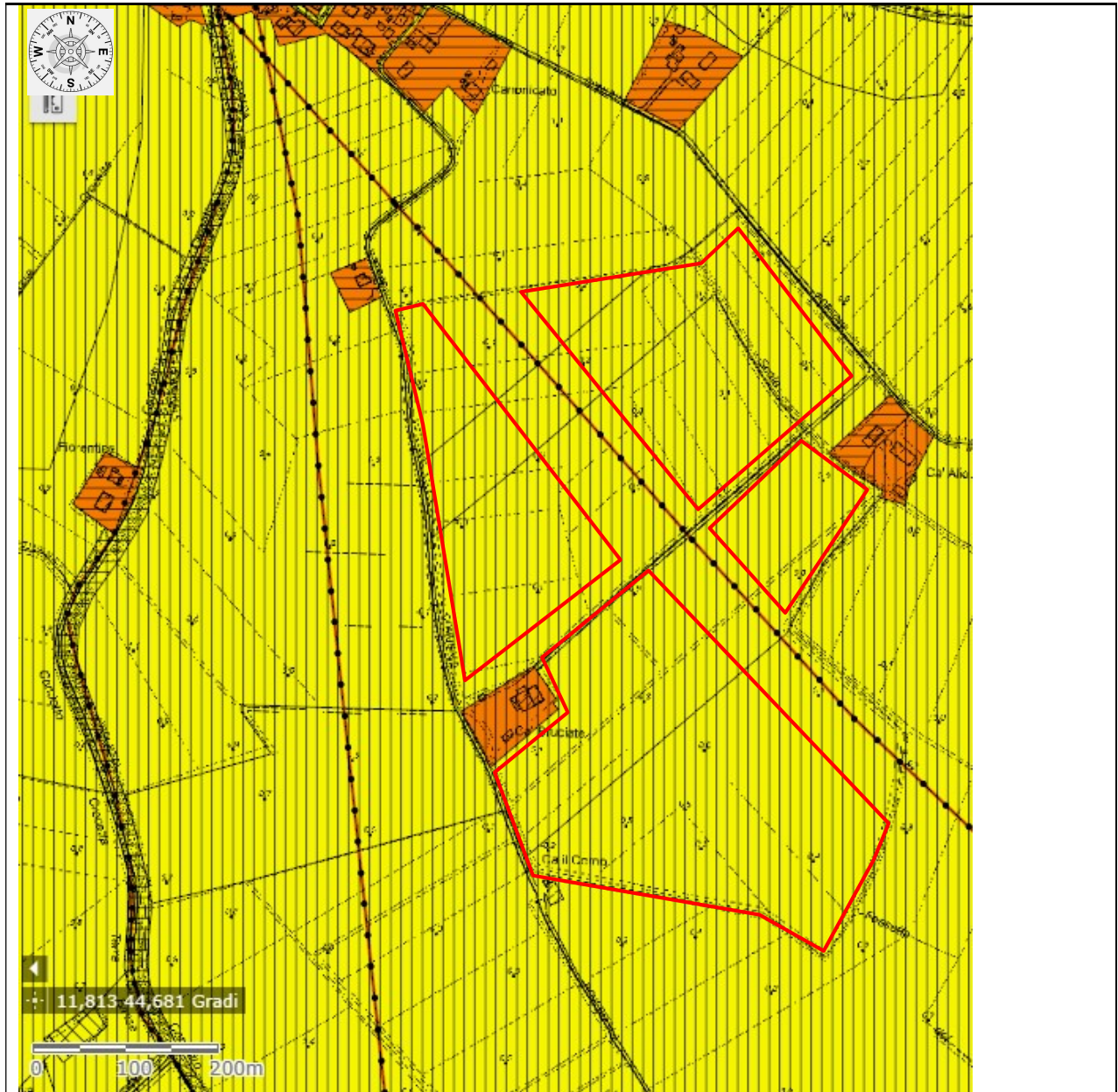
PUOM_Alluvioni_frequenti_H_P3_ITN008FHMHRSPRER_2019



PUOM_Alluvioni_poco_frequenti_M_P2_ITN008FHMMRSPRER_2019



Fig. 5A – carta Direttiva alluvioni 2019, mappa pericolosità (PAI Reno e Po). Area indagata perimetrata in rosso, in figura.. Scala 1:9.027, ridotta del 25%. <https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>



Legenda:

RUOM_Punti_Distretto_Po_ITN008_2019

RUOM_Reticolo_Principale_ITN008FRMRERPOINT_2019

● R1

● R2

● R3

● R4

RUOM_Reticolo_Secondario_di_Pianura_ITN008FRMRERPOINT_2019

● R1

● R2

● R3

● R4

Fig. 5B – carta Direttiva alluvioni 2019, mappa rischio (PAI Reno e Po). Area indagata perimetrata in blu, in figura.. Scala 1:9.027, ridotta del 10%.

<https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>

3. GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA

Le aree di studio hanno quote topografiche comprese tra 0 e +1 metri slm con superficie pianeggiante. Da psc, questo settore di territorio è limitrofo ad *unità di alto topografico corrispondente a dosso fluviale*, e precisamente ricade in una area caratterizzata dalla presenza di paleoalvei. Dallo studio della Carta geologica di pianura dell'Emilia Romagna scala 1: 250.000, il territorio in cui ricade l'area in esame è interessato dalla presenza di depositi di piana alluvionale e di piana deltizia. Ai primi corrispondono argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente con concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti (area interfluviale e depositi di palude); ai secondi, sabbie da medie a fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, localmente sabbie grossolane in corpiccolari e nastroforni (depositi di canale distributore e di argine). Da un punto di vista podologico (note illustrative della Carta dei suoli della Regione Emilia Romagna), l'area ricade in una zona transizionale fra: a) Gruppo 1, Sottogruppo 1C, Unità 1 Cb. L'appartenenza dell'area oggetto del presente studio ad un sistema deposizionale fluvio-alluvionale, è confermato dalla cartografia geomorfologia e geo-litologica del PRG vigente e del PSC associato (versione 7/2/2006). Nell'area di studio i depositi affioranti del Subsistema sono in gran parte costituiti da argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose da tracimazione fluviale, intercalate a sabbie di riempimento di canale di piana deltizia del fiume Po. Nelle aree centro orientali sono invece molto sviluppati fanghi organici di laguna salmastra, che al limite sud-orientale sono in contatto con sabbie costiere di piana e fonte deltizio. Nel margine sud-occidentale la porzione affiorante dell'unità è formata da argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di piana inondabile, e palude di Reno ed altri fiumi appenninici minori. Nei terreni affioranti sono ovunque assenti suoli maturi, a causa della recente bonifica e della messa a coltura di molte aree. Nel sottosuolo dei settori centrale, orientale e settentrionale i depositi inferiori e trasgressivi di AES8 sono costituiti da argille e limi con abbondante sostanza organica che testimoniano lo sviluppo di estesi ambienti di palude e laguna della piana deltizia e costiera. Viceversa nei settori occidentale e meridionale i depositi inferiori del Subsistema sono costituiti da alternanze di argille limi e sabbie di piana alluvionale meglio drenata, con paleosuoli decarbonatati, scarsamente differenziabili dalle facies alluvionali di provenienza appenninica dell'unità sottostante.

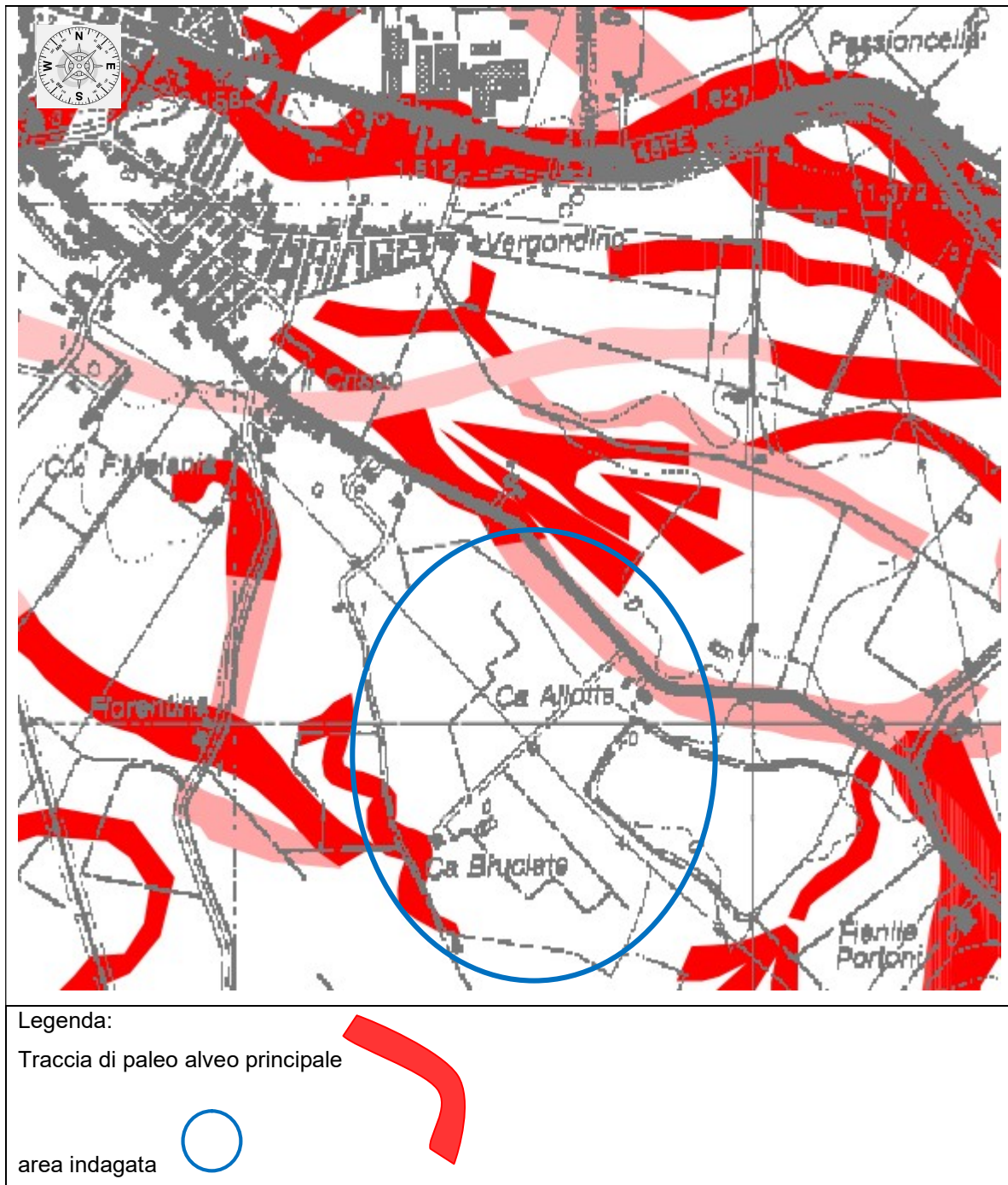


Fig. 7 - carta geomorfologica, tratta dal PSC/pug comunale, scala 1:25.000, ingrandida del 100%.

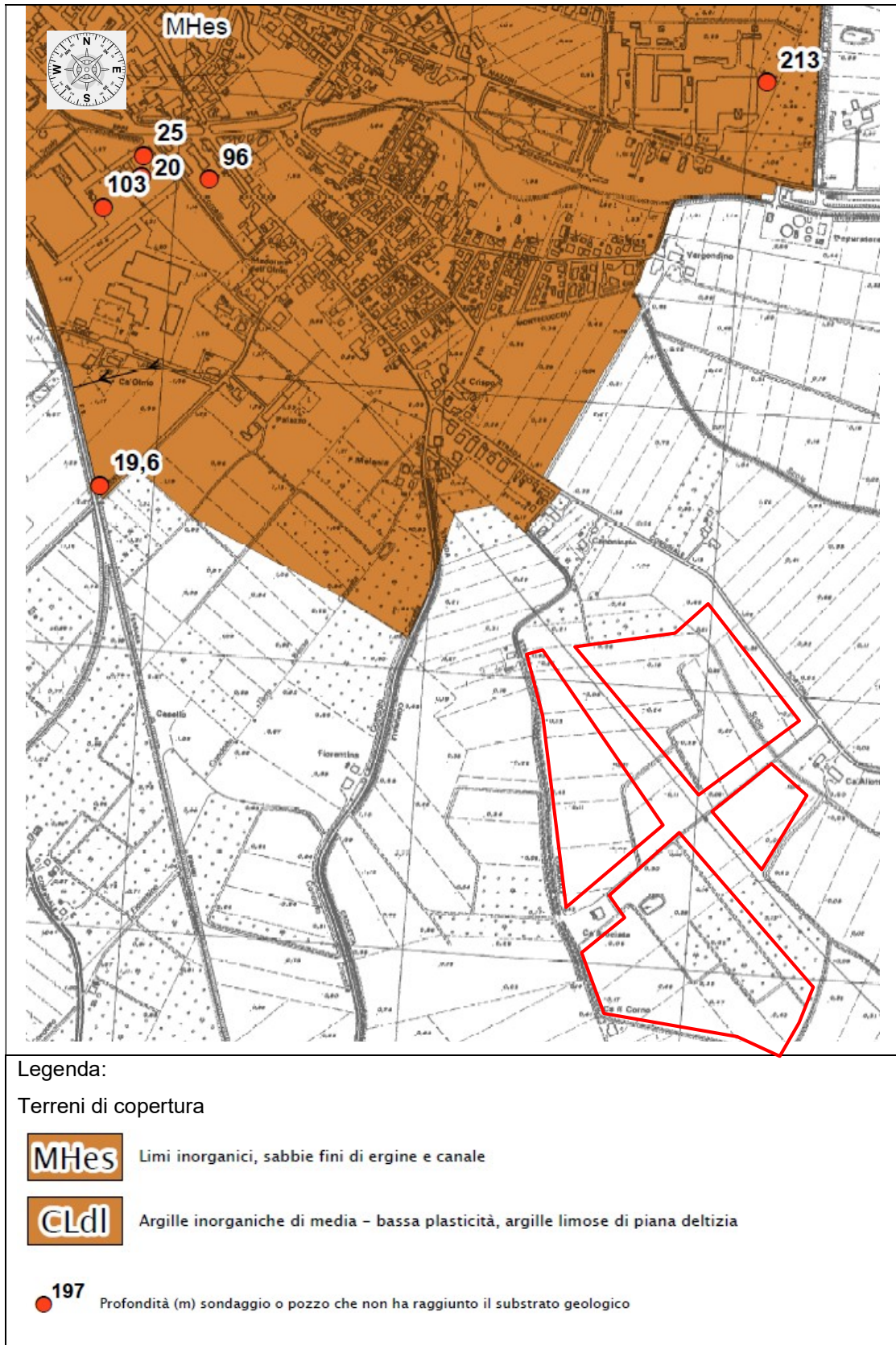
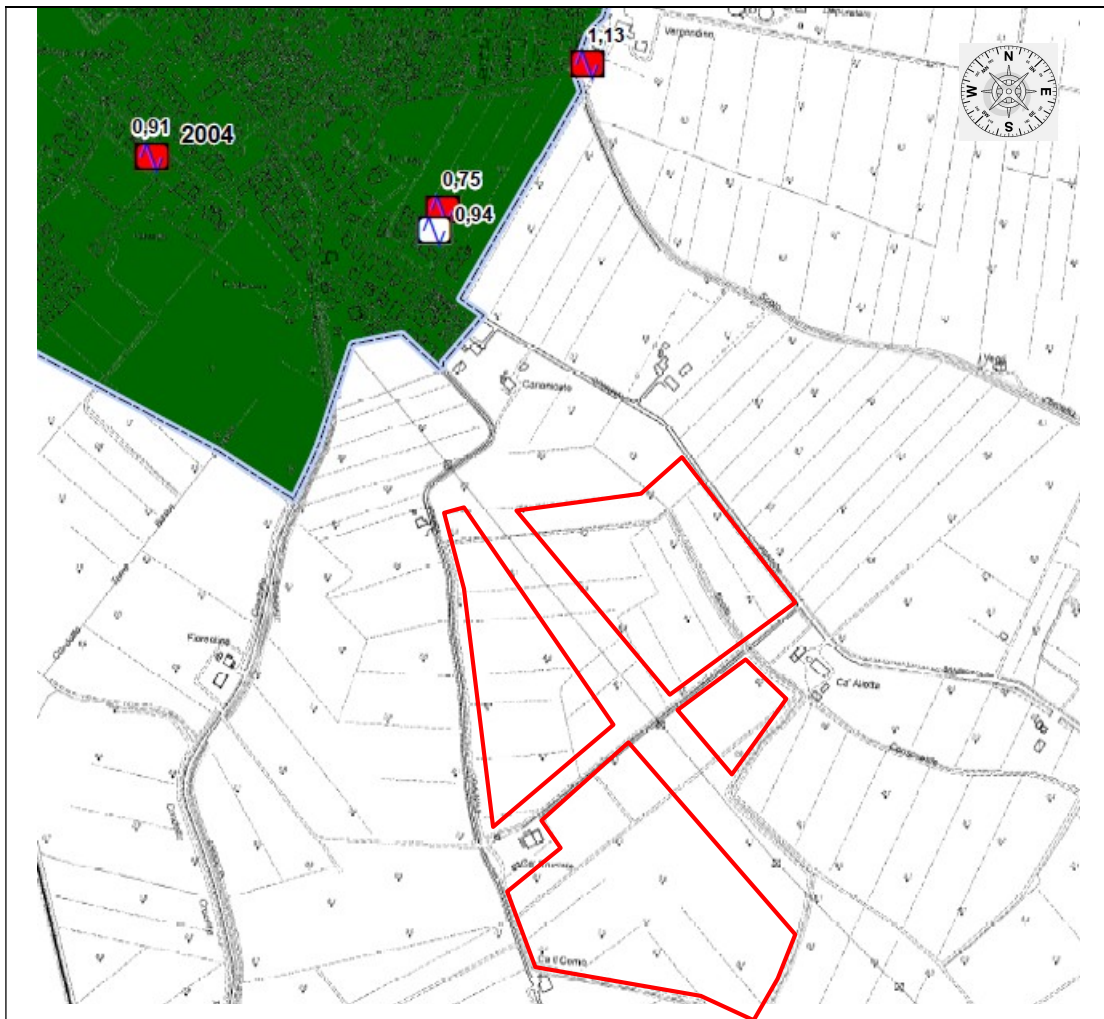
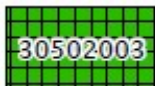


Fig. 8 – carta litologica geologico tecnica del sito indagato, tratto da MZS. Scala 1:10.000, ridotta del 20% . il sito indagato è contraddistinto da Mhes e, più ad est da CLdl.



Zone di attenzione per instabilità



Terreni di copertura costituiti da un primo intervallo di 3-5 metri di depositi in prevalenza limo-sabbiosi, a cui seguono spessori di almeno 7 metri di argille e limi a consistenza da media a bassa, con rare intercalazioni limo-sabbiose di spessore decimetrico. Oltre i 10 metri sono presenti livelli almeno metrici di limi sabbiosi e sabbie ad addensamento da medio ad elevato, intervallati da spessori variabili e in genere in aumento con la profondità, di limi argillosi e argille a consistenza media.



Terreni di copertura costituiti da un primo intervallo di almeno 10 metri di depositi in prevalenza limo-argillosi a consistenza da media a bassa seguiti da livelli almeno metrici di limi sabbiosi e sabbie ad addensamento da medio ad elevato, intervallati da spessori variabili e in genere in aumento con la profondità, di limi argillosi e argille a consistenza media.

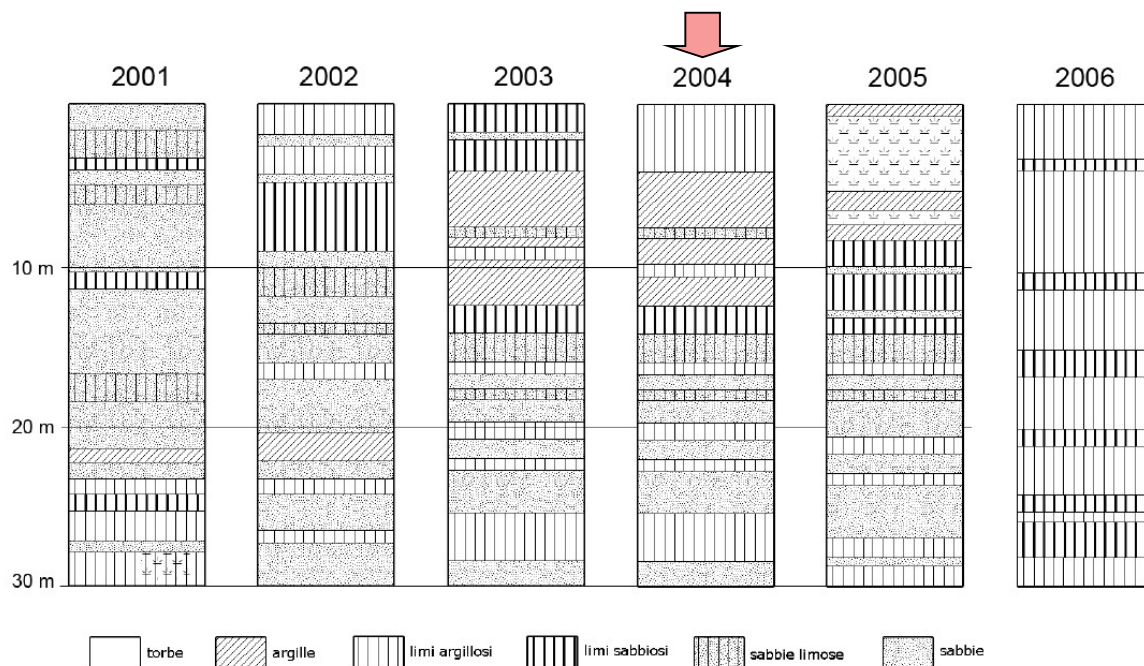


Misura di microtremore a stazione singola con valore della frequenza di risonanza fondamentale f_0 . Ampiezza massima < 3 .



Misura di microtremore a stazione singola con valore della frequenza di risonanza fondamentale f_0 . Ampiezza massima ≥ 3 .

Fig. 9 – carta MOPS del sito indagato, tratto da MZS. Scala 1:10.000, ridotta del 50% . il sito indagato è contraddistinto da 2004.



Zona 2004

Terreni di copertura costituiti da un primo intervallo di almeno 10 metri di depositi in prevalenza limo-argillosi a consistenza da media a bassa seguiti da livelli almeno metrici di limi sabbiosi e sabbie ad addensamento da medio ad elevato, intervallati da spessori variabili e in genere in aumento con la profondità, di limi argillosi e argille a consistenza media.

Zona 2003

Terreni di copertura costituiti da un primo intervallo di 3-5 metri di depositi in prevalenza limo-sabbiosi, a cui seguono spessori di almeno 7 metri di argille e limi a consistenza da media a bassa, con rare intercalazioni limo-sabbiose di spessore decimetrico. Oltre i 10 metri sono presenti livelli almeno metrici di limi sabbiosi e sabbie ad addensamento da medio ad elevato, intervallati da spessori variabili e in genere in aumento con la profondità, di limi argillosi e argille a consistenza media.

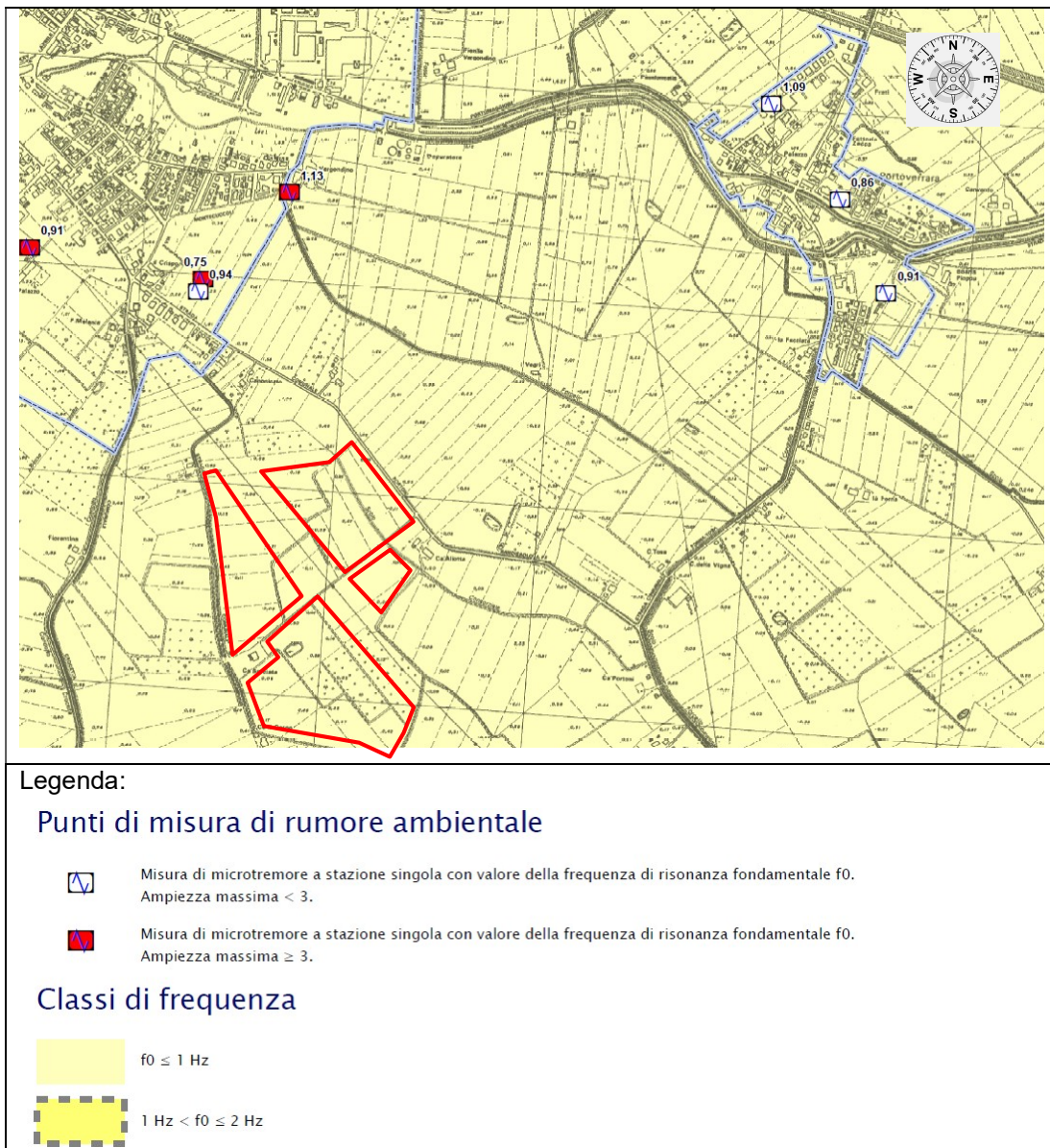


Fig. 10 – carta frequenze naturali dei terreni del sito indagato, tratto da MZS. Scala 1:10.000, ridotta del 50% . il sito indagato è contraddistinto da $f_0 \leq 1$ Hz.

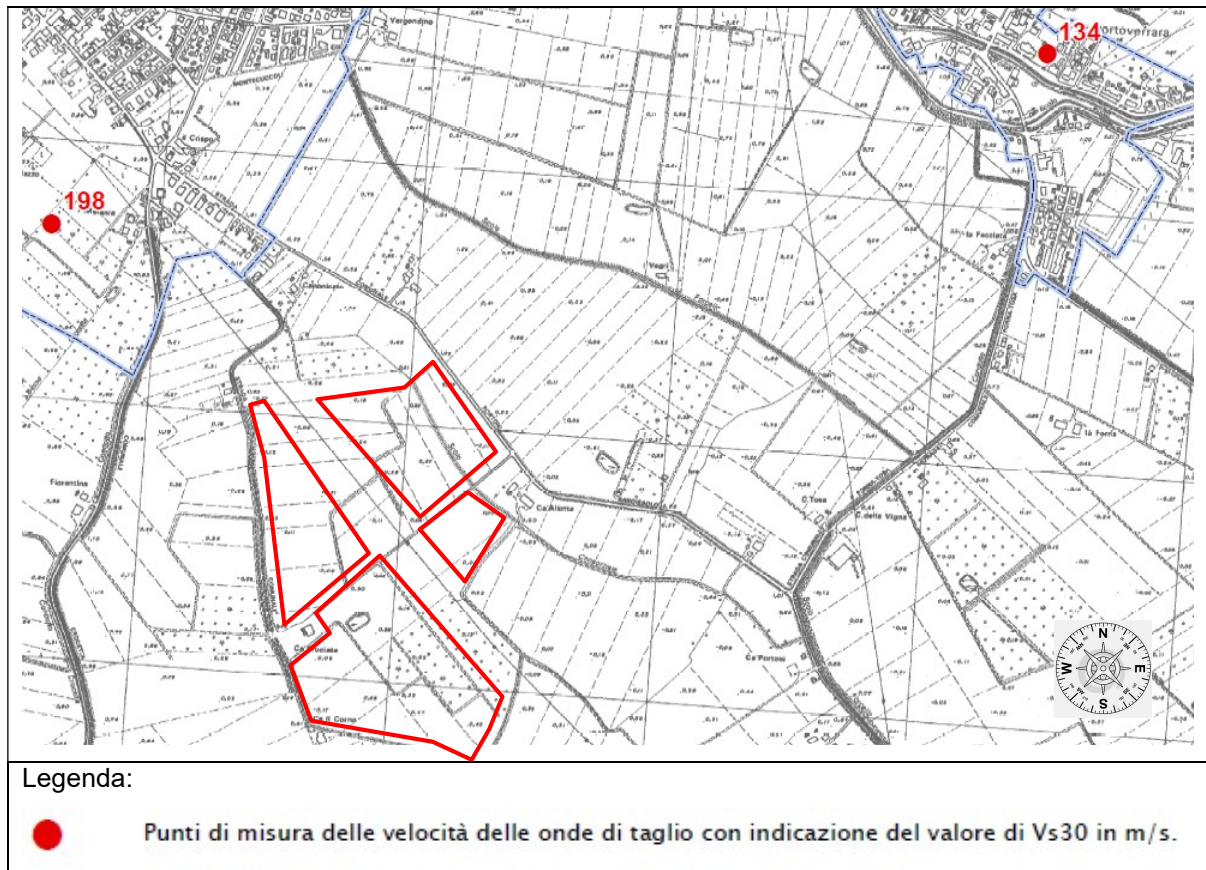


Fig. 11 – carta frequenze naturali dei terreni del sito indagato, tratto da MZS. Scala 1:10.000, ridotta del 40% . il sito indagato è contraddistinto da Vs30 tra 130 e 180 m/sec (in modo cautelativo), caratteristiche velocità di terreni tipo D.

3.1. LITOLOGIA DI SUPERFICIE

Le frazioni granulometriche prese in considerazione sono: sabbia (particelle comprese fra 1 e 0,08 mm), limo (0,08-0,002 mm) e argilla (<0,002 mm). Non sono stati rinvenuti granuli di dimensioni superiori ad 1 mm. La classificazione litologica in base alle tre classi granulometriche componenti è stata fatta, infine, per mezzo del diagramma triangolare di Shepard (1954). La distribuzione dei vari tipi litologici è chiaramente legata al reticolo idrografico dei rami dei corsi fluviali locali, che anticamente divagavano in questo settore della pianura. Sui dossi dei paleo alvei sono presenti sedimenti sabbiosi (principalmente sabbie limose e sabbie argillose), alternati a terreni equilibrati (miscele ternarie argilla-limo-sabbia). Altri lembi di terreni equilibrati si rinvengono lateralmente a tali dossi.

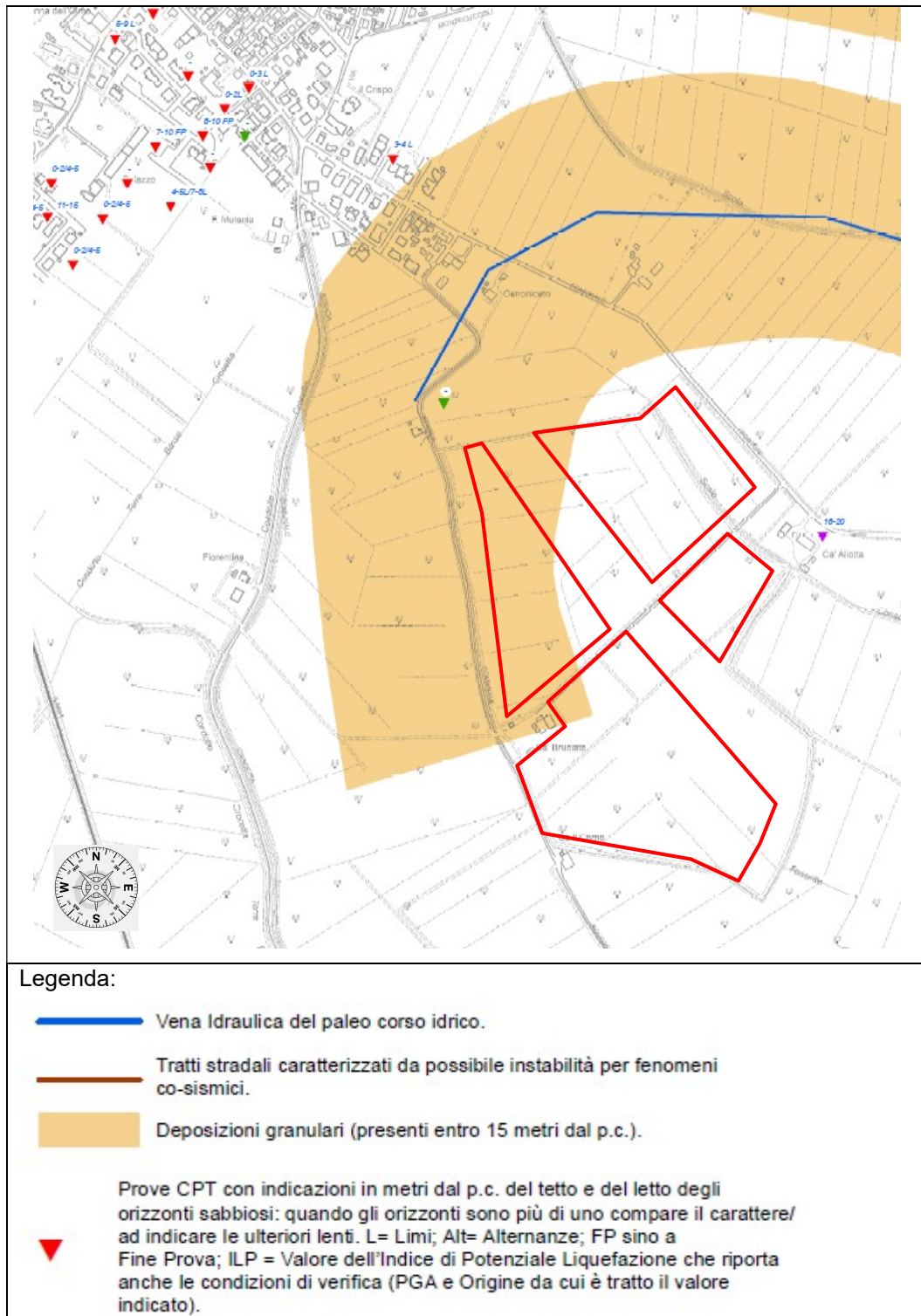
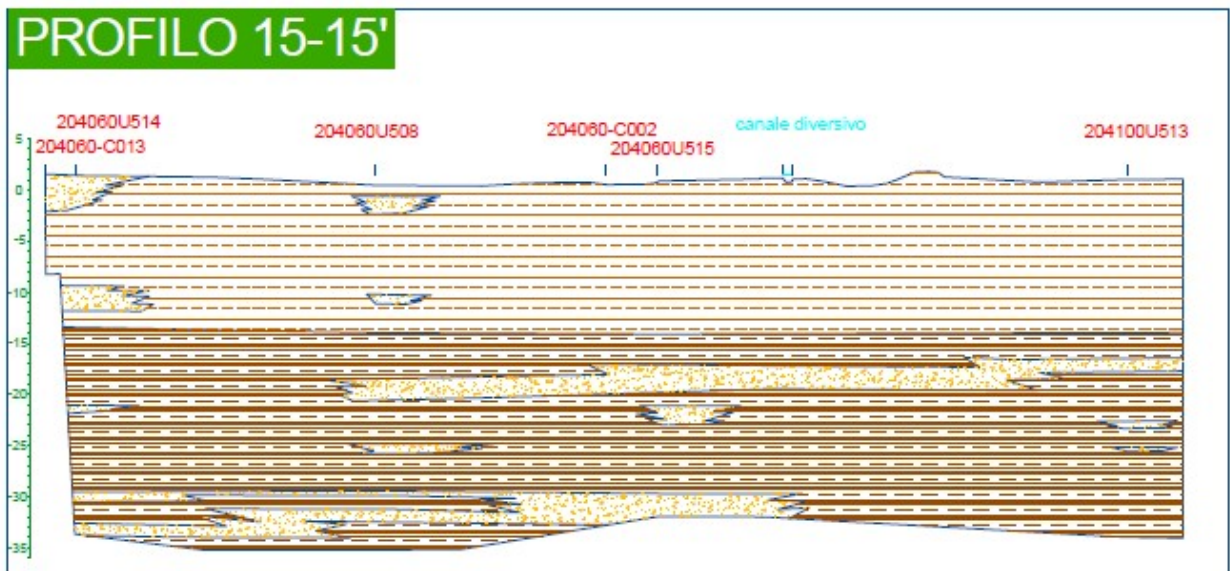
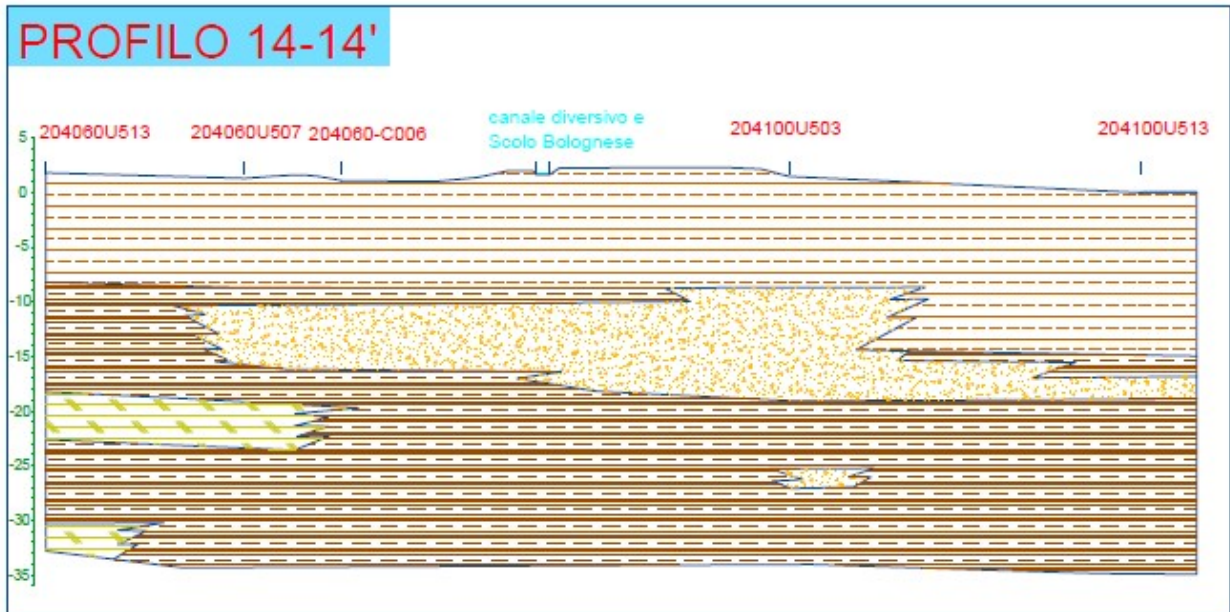


Fig. 12 – carta profondità tetto e letto lenti sabbiose del sito indagato, tratto da MZS. Scala 1:8.000, ridotta del 30% .








-  AL o LA prevalentemente inconsistenti
-  AL o LA prevalenti, da inconsistenti a moderatamente consistenti (possibili sedimenti organici)
-  A o AL prevalenti, da consistenti a molto consistenti
-  S, SL o LS prevalenti, da moderatamente addensate ad addensate
-  Deposito di rotta

Fig. 13 - Profili geologici schematici dell'areale di studio (da MZS, non in scala)

3.2.. SUBSIDENZA

Secondo quanto riportato nel PSc comunale, al fine di analizzare il fenomeno della subsidenza nell'area di interesse sono state raccolte le indagini effettuate da ARPA, pubblicate a Bologna nell'ottobre del 2001 che riguardano i capisaldi della rete regionale. Le livellazioni riguardano periodi diversi, compresi tra il 1973 e il 1992, da confrontare con l'ultima livellazione disponibile del 1999. L'ARPA ha elaborato una *Carta a curve di uguale velocità di abbassamento* dalla quale è stata estratta dall'Ufficio di Piano - Subsidenza – Curve isocinetiche (mm/anno)), che mette in evidenza il comportamento del fenomeno. Tale carta inevitabilmente presenta una disomogeneità sia spaziale che temporale: i punti di misura si ritrovano quasi esclusivamente lungo le direttrici principali e inoltre come già osservato i dati rilevati abbracciano un arco temporale disomogeneo, compreso tra il 1970 e il 1993, da confrontare con i dati del rilievo 1999. Rimane comunque utile per una valutazione di insieme dell'andamento del fenomeno nell'area di interesse.

4. TETTONICA LOCALE

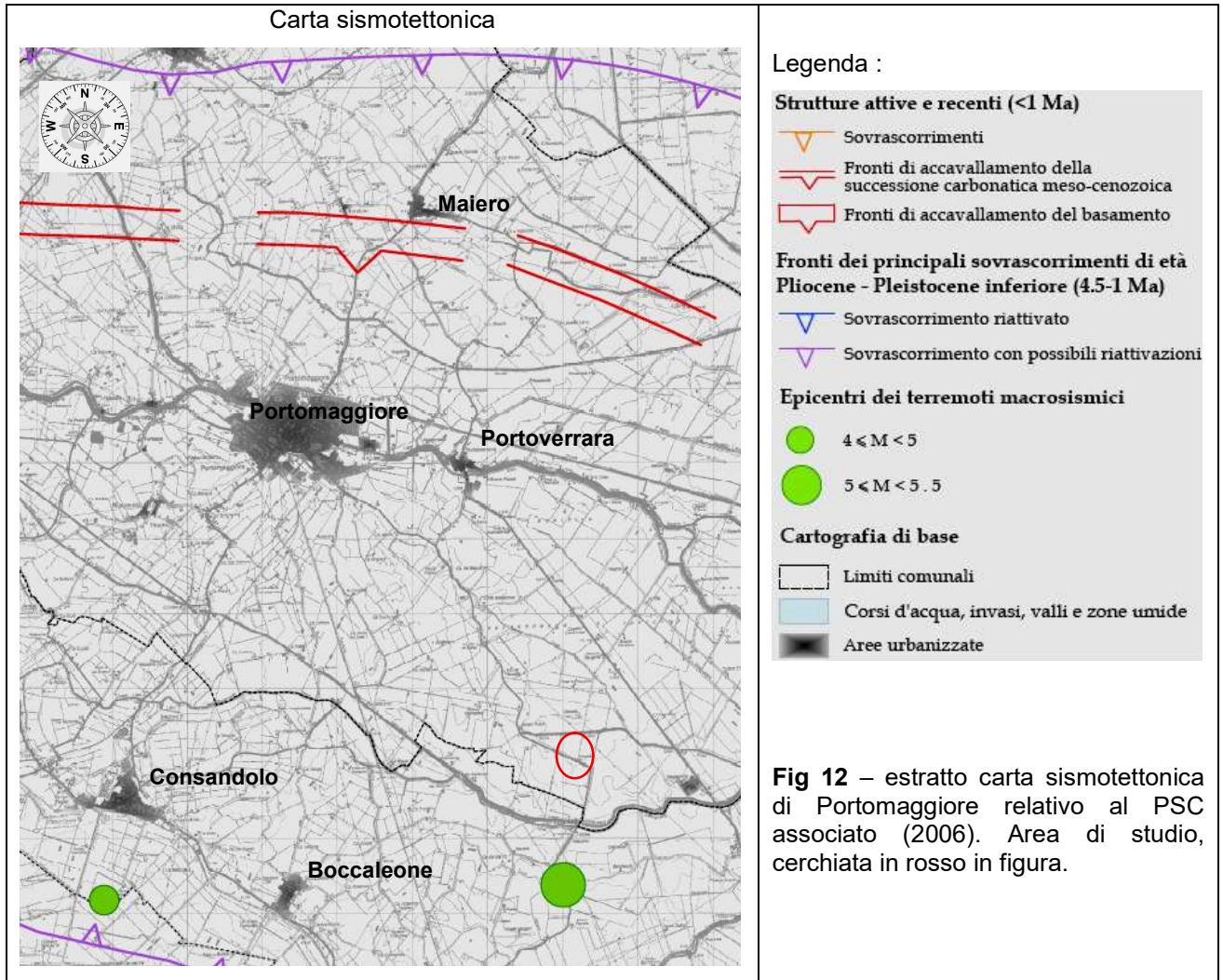
La convergenza tra placca europea e africana è accomodata nell'appennino settentrionale da pattern deformativi e da un'attività sismica molto complessi. Il campo di stress attivo, ricavato dall'analisi dei meccanismi focali di terremoti e dallo studio dello stress in pozzi, rileva la presenza di un settore tirrenico della catena in cui domina un campo deformativi estensionale mentre nel settore adriatico prevale una compressione attiva. In quest'ultimo settore, in cui si colloca l'Emilia Romagna, la tettonica attiva è generalmente caratterizzata dalla presenza di strutture compressive attive, come sovrascorrimenti e piegamenti. L'analisi sismotettonica condotta in recenti studi (Benedetti et. al., 2003), ha messo in evidenza come parte delle strutture individuate da profili sismici che interessano il riempimento sedimentario Plio-pleistocenico siano caratterizzate da attività da molto recente ad attuale. In particolare, risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza-Parma, Reggio Emilia e Ferrara. A tali strutture (in particolare alla dorsale ferrarese) possono essere associati i fenomeni di fagliazione superficiale (note illustrative della Carta sismotettonica della R.E.R. scala 1: 250000).

5. CARATTERISTICHE SISMICHE

Dal punto di vista sismotettonico (carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna alla scala 1: 250000), l'abitato di Argenta si trova pochi Km a nord di un lineamento tettonico sepolto sud-vergente, ad andamento NW-SE, indicato in bibliografia come sovrascorrimento con possibili riattivazioni. Viene anche individuato pochi Km a nord del centro di Argenta, quello che storicamente è stato l'epicentro macrosismico di terremoto con $5 \leq M < 5.5$. L'analisi sismotettonica condotta in recenti studi (Benedetti et. al., 2003), ha messo in evidenza come parte delle strutture individuate da profili sismici che interessano il riempimento sedimentario Plio-pleistocenico siano caratterizzate da attività da molto recente ad attuale. In particolare, risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza-Parma, Reggio Emilia e Ferrara. A tali strutture (in particolare alla dorsale ferrarese) possono essere associati i fenomeni di fagliazione superficiale (note illustrative della Carta sismotettonica della R.E.R. scala 1: 250000).

Portomaggiore ricade a sud del sistema di faglie e pieghe del substrato roccioso che forma la dorsale ferrarese. Si noti come lo spessore cumulativo dei sedimenti pliocenici, pleistocenici e olocenici sotto Portomaggiore vari tra 2000 e 3000 metri, mentre spostandosi nell'area della bonifica del Mezzano tali spessori si riducono notevolmente per la presenza dell'alto strutturale sopra citato. La magnitudo di progetto prevista nell'area sismogenetica 912 dal Gruppo di Lavoro dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia è 6,14Mw, ma su tutta l'area della Dorsale Ferrarese storicamente in provincia di Ferrara, e aree limitrofe, non sono documentati terremoti di magnitudosuperiore a 5,6Ms.

Al di fuori della zona sismogenetica 912 e dunque al di fuori della Dorsale Ferrarese sembra dunque responsabile usare la magnitudo di progetto di 51/4, per l'analisi del rischio della liquefazione e la determinazione del rapporto di sforzo ciclico. Invece, nell'utilizzo dei grafici basati sull'indice di resistenza penetrometrica dinamica (SPT), sono da preferire le curve dedicate alle sabbie limose (come si vedrà di seguito), funzione della percentuale in fine. Nelle sabbie dello strato "C", depositatesi in ambiente costiero ed in ambiente di piallassa sono significative le componenti limose, dunque con frazione coesiva > del 20%.



Terremoti storici dal 217 ac all'anno 2002 (sito portaleabruzzo)

data	MAG	zona	dist. in km
1) 10/01/1969	4,63	Russi	28,81
2) 11/01/1968	4,58	Bagnacavallo	26,99
3) 30/12/1967	5,36	Alfonsine	7,97
4) 18/12/1965	4,95	Russi	26,99
5) 13/01/1909	5,53	Molinella	18,20
6) 16/01/1898	5,03	Portomaggiore	10,85
7) 03/07/1895	4,83	Comacchio	23,21
8) 23/03/1895	4,83	Ostellato	8,61
9) 01/08/1891	4,83	Lugo	24,13
10) 22/10/1796	5,63	Molinella	18,65
11) 15/03/1689	4,83	Bagnacavallo	25,18
12) 18/08/1688	5,17	Bagnacavallo	25,18
13) 11/04/1688	5,88	Cotignola	27,19
14) 18/03/1624	5,43	Argenta	4,74
15) 10/07/1591	5,24	Russi	27,98
16) 18/10/1508	4,83	Ferrara	29,12
17) 10/08/1425	4,83	Ferrara	29,12

Ai sensi della **OPCM 3274** e successive variazioni e secondo l'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'**art. 16, c.1, della L.R. 20/2000** per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" , per la caratterizzazione sismica del sito è stata eseguita *n.1* indagine sismica

Masw + Remi

I metodi utilizzati sfruttano le onde di superficie (onde di Rayleigh) e il fenomeno della dispersione delle stesse (variazione della velocità di fase con il variare della frequenza). Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, $V(\text{fase})/\text{freq.}$, può essere convertito nel profilo $V_s/\text{profondità}$. Il metodo dei microtremori sfrutta il rumore naturale, mentre il metodo Masw sfrutta sorgenti "attive" (massa battente). Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale.

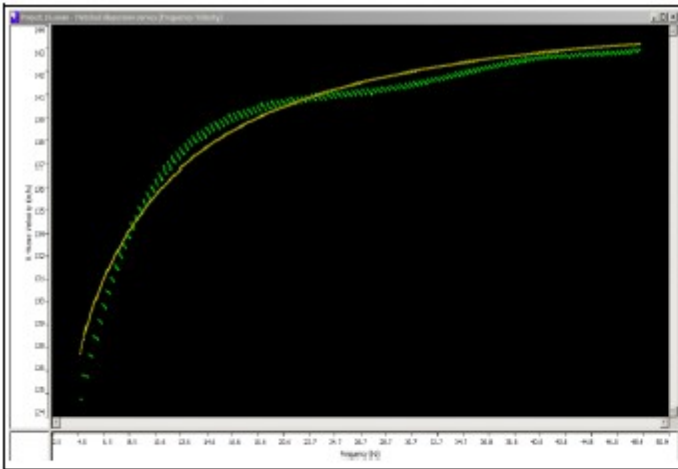
Modalità esecutive

Si è optato per l'analisi delle onde di superficie dal momento che tale tecnica ha dimostrato ampiamente la sua affidabilità e la capacità risolutiva. Il metodo prevede l'utilizzo di strumentazione classica per sismica a rifrazione ad elevata dinamica (24 bits di conversione A/D), con geofoni a bassa frequenza (preferibilmente da 4,5 Hz). Nella fattispecie per le misure è stato utilizzato un sismografo a 12 canali mod. RAS24 a 24 bits con scarico dei dati direttamente su p.c.. Sono state effettuate 10 registrazioni da 30 secondi ciascuna per il metodo Re.Mi e 2 registrazioni da 2 secondi ciascuna per il metodo masw. I geofoni usati sono di tipo verticale da 4.5 Hz e, grazie alla dinamica dello strumento (117 dB di range dinamico), consentono la registrazione delle onde di superficie

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh sia per quanto riguarda il metodo ReMi che per il metodo MASW e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore RMS calcolato è del 3.1 %.

Si fa riferimento alla prova Masw a corredo della MZS

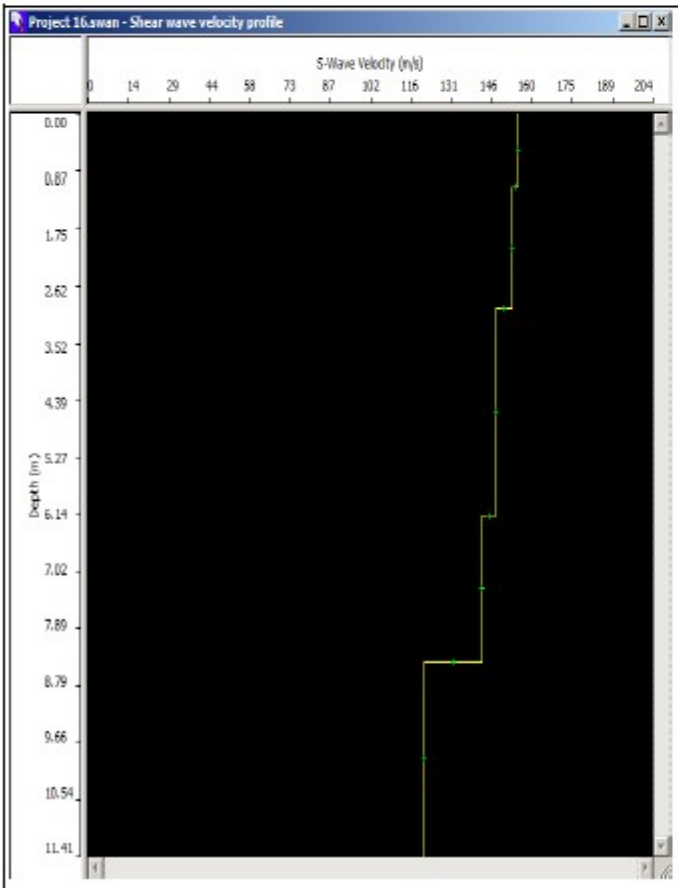
MATCHED DISPERSION CURVES (f-v)



SYNTHETIC MODEL TABLE

	Thickness	Depth	Vs
Layer 1	1.10	0.00	155
Layer 2	1.87	1.10	153
Layer 3	3.19	2.97	147
Layer 4	2.25	6.16	142
Layer 5	INF	8.41	121

Shear Waves Velocity Profile



HISTORY

Model	Thickness	Depth	Vs
1	1.100148	0.000000	155.000000
2	1.870281	1.100148	153.000000
3	2.160429	2.970399	147.000000
4	2.253598	5.160828	142.000000
5	2.414127	8.410000	121.000000

DATA ERROR: 0.51

CALCULATION OF Vs 30

Thick. (m)	Depth (m)	Vs (m/sec)	Thick/Vs
1.1	0	155	0.00710
1.87	1.1	153	0.01222
3.19	2.97	147	0.02170
2.25	6.16	142	0.01585
21.59	8.41	121	0.17843
	30		
	30		0.23529

$V_{s30} = 127$

Seismic classification of soils
 (It. D.M. 14/01/2008) **D**

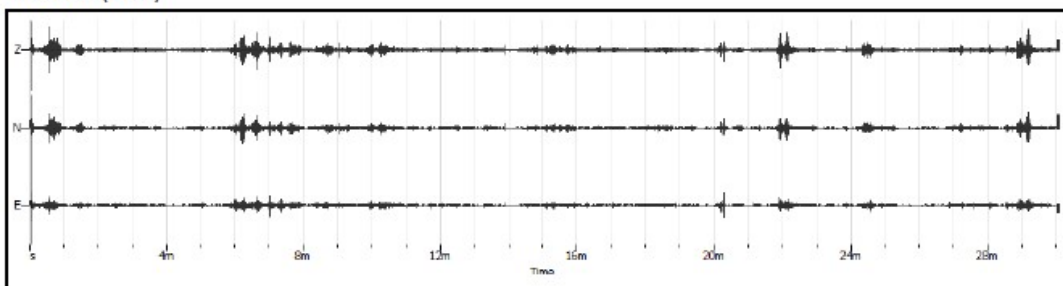
RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

Tipo indagine ; HVSR
Cantiere: area impianto fotovoltaico B
Località : Portomaggiore (FE)

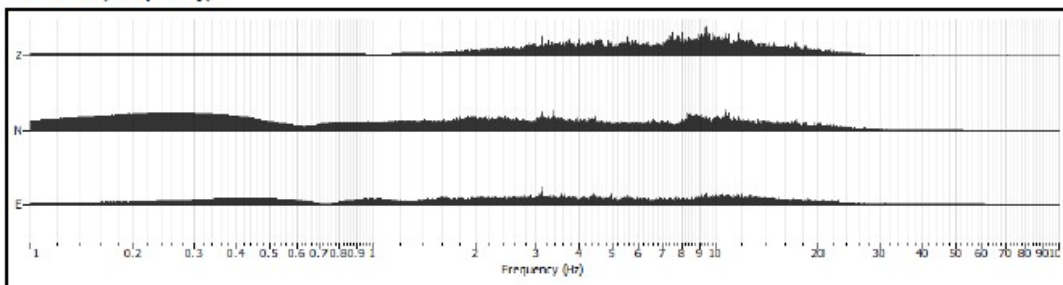
PARAMETRI DI ACQUISIZIONE	
Apparecchiatura di misura	Sara SL 07
Lunghezza registrazione	30 min
Fine registrazione	11:20:00
Frequenza di campionamento	200 Hz

PARAMETRI DI ELABORAZIONE	
Windows lenght (sec)	20
Overlap	5%
Smoothing windows	Konno & Ohmachi
Costant	40
Taper	0.5%
Low Pass	15 Hz
N° of windows	70

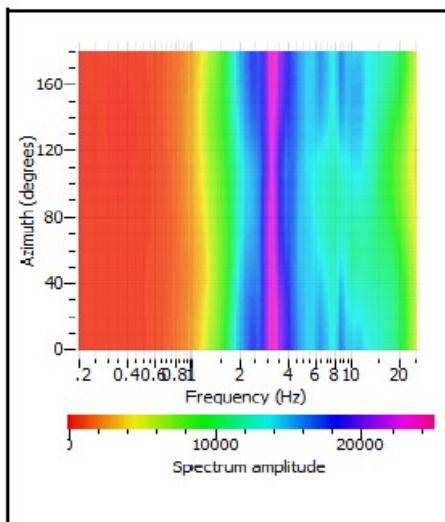
RECORD (Time)



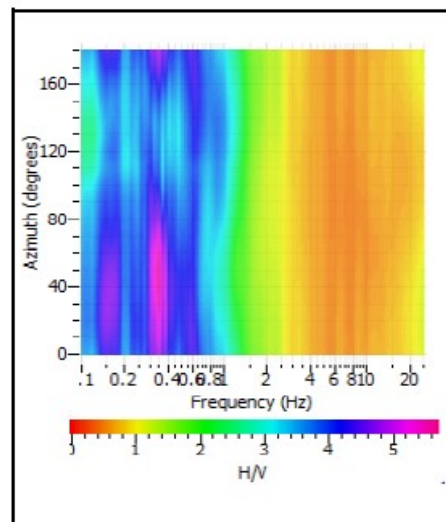
RECORD (Frequency)



HORIZONTAL SPECTRUM ROTATE



HV ROTATE RESULTS

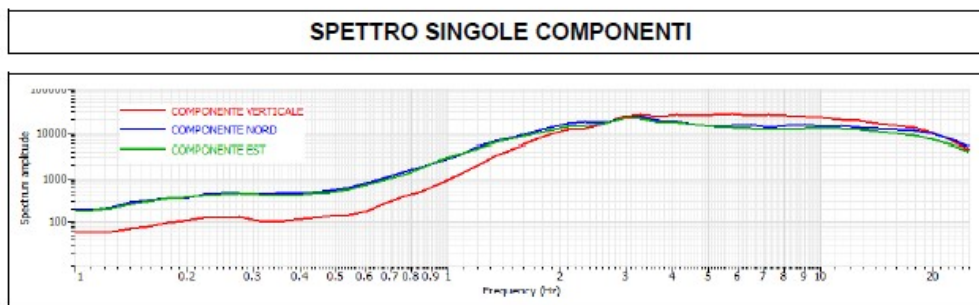
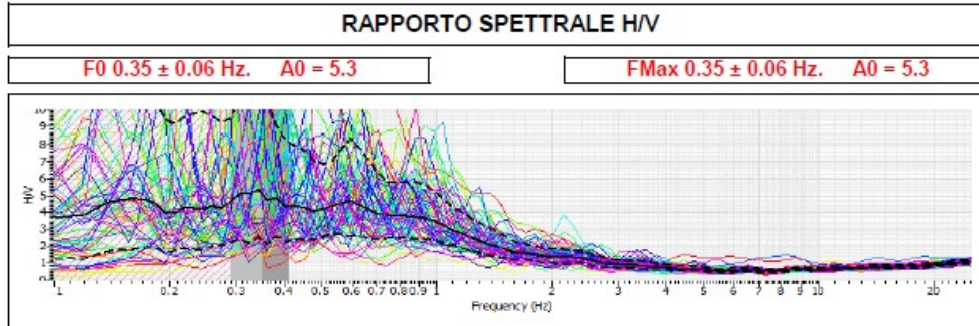


RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSr)

Tipo indagine ; HVSr

Cantiere: area impianto fotovoltaico B

Località : Portomaggiore (FE)



Criteri per una curva H/V affidabile
 [tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

f0	0.35		
Lw	20		
nw	71		
f0 > 10 / Lw	0.35 > 10/20		☑
nc (f0) > 200	497 > 200	☑	
σA(f) < 2 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 > 0.5 Hz	Exceeded 0 out of 100 times	☑	
σA(f) < 3 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 < 0.5 Hz			

Criteri per un picco H/V chiaro
 [almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f in [f0/4, f0] AH/V(f) < A0/2	0 Hz		☑
Exists f' in [4f0, f0] AH/V(f') < A0/2	1.37 Hz	☑	
A0 > 2	5.3 > 2	☑	
fpeak [AH/V(f) ± σA(f)] = f0 ± 5%	0.245788 < 0.05		☒
σf < s(f0)	0.061497 < 0.07	☑	
σA(f0) < θ(f0)	2.88898 < 2.5		☒

Lw	Window length
nW	Number of windows used in the analysis
nc = Lw nW f0	Number of significant cycles
f	Current frequency
f0	H/V peak frequency
σf	Standard deviation of H/V peak frequency
s(f0)	Threshold value for the stability condition of σf < s(f0)
A0	H/V peak amplitude at frequency f0
AH/V(f)	H/V curve amplitude at frequency f
f-	Frequency between f0/4 and f0 for which AH/V(f-) < A0/2
f+	Frequency between f0 and 4f0 for which AH/V(f+) < A0/2
σA(f)	Standard deviation of AH/V(f), σA(f) is the factor by which the mean AH/V(f) curve should be multiplier or divided
σlogH/V(f)	Standard deviation of log AH/V(f) curve
θ(f0)	Threshold value for the stability condition σA(f) < θ(f0)

Threshold value for σf and σA(f0)

Freq. Range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
σ(f0) (Hz)	0.25 f0	0.20 f0	0.15 f0	0.10 f0	0.05 f0
θ(f0) for σA(f0)	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
Log θ(f0) for σlogH/V(f0)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO IN BASE ALLE N.T.C. 2018

Viene di seguito fornita al progettista una serie di dati, in parte ottenuta tramite software-free Geostru, per la determinazione dei parametri sismici di sito in relazione al Decreto Ministeriale NTC 2018. Viene considerato, nel calcolo, la max accelerazione al suolo, calcolata dal software, in relazione ai punti nodali.

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame: Portomaggiore (FE)

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	16071	44,672930	11,803630	4260,7
Sito 2	16072	44,673900	11,873890	2411,3
Sito 3	16294	44,623910	11,875290	4169,1
Sito 4	16293	44,622940	11,805050	5448,6

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,043	2,497	0,261
Danno (SLD)	63	50	0,055	2,477	0,274
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,155	2,587	0,274
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,208	2,528	0,281

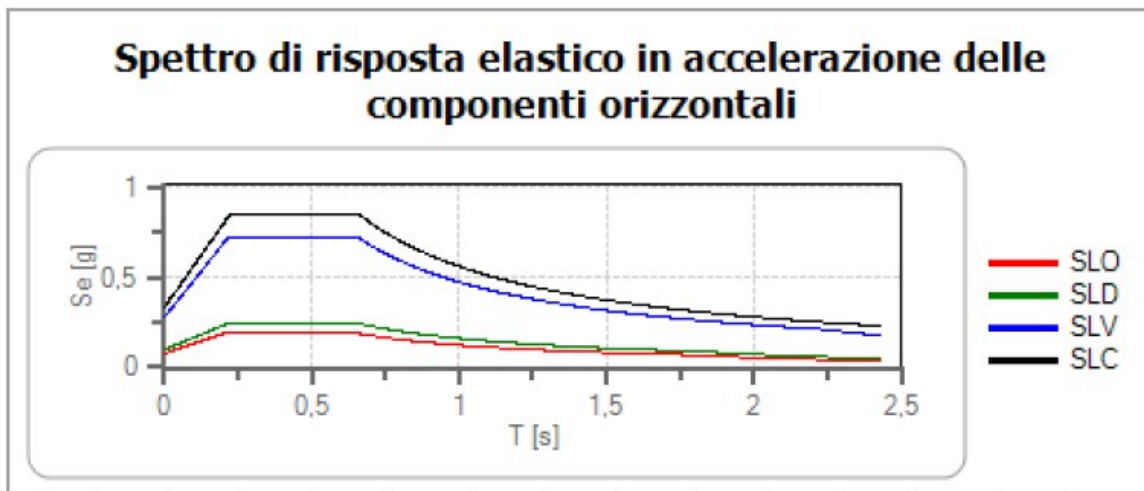
Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,800	2,450	1,000	0,012	0,006	0,600	0,200
SLD	1,800	2,390	1,000	0,012	0,006	0,600	0,200
SLV	1,800	2,390	1,000	0,015	0,007	0,600	0,240
SLC	1,610	2,360	1,000	0,017	0,009	0,600	0,280

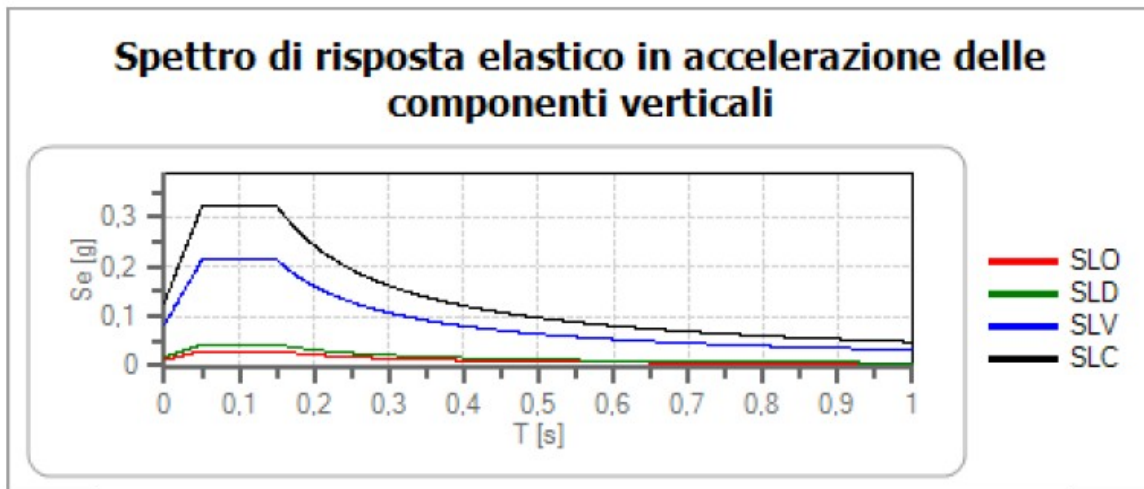
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,043	2,497	0,261	1,800	2,450	1,000	1,800	1,000	0,213	0,639	1,773
SLD	1	0,055	2,477	0,274	1,800	2,390	1,000	1,800	1,000	0,218	0,655	1,821
SLV	1	0,155	2,587	0,274	1,800	2,390	1,000	1,800	1,000	0,218	0,654	2,222
SLC	1	0,208	2,528	0,281	1,610	2,360	1,000	1,610	1,000	0,221	0,662	2,431



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,043	2,497	0,261	1,000	2,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,055	2,477	0,274	1,000	2,390	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,155	2,587	0,274	1,000	2,390	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,208	2,528	0,281	1,000	2,360	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

7. VERIFICA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Ai fini delle verifiche nei riguardi del potenziale di liquefazione, vengono tralasciati gli strati a prevalente carattere argilloso, mentre vengono presi in considerazione gli intervalli stratigrafici aventi granulometriche ricadenti nel range del limo e della sabbia.

In base alla normativa sismica vigente (OPCM 3274 e 3316), deve essere eseguita la verifica alla liquefazione nei seguenti casi:

- ... la falda freatica si trovi in prossimità della superficie (p.c.) ed il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa....nel caso di edifici con fondazioni superficiali tale verifica può essere omessa per litotipi suscettibili che si trovino a profondità maggiore di 15 m da p.c.

In particolare vengono ritenuti motivi di esclusione dalla verifica a liquefazione, quando si accertino almeno una di queste circostanze:

a- Eventi sismici attesi di magnitudo di momento M_w inferiore a 6 e durata inferiore a 15 sec. (“La Liquefazione del terreno in condizioni sismiche” – Crespellani, Nardi, Simoncini – Zanichelli 1988).

b- Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,1g;

c- Accelerazioni massime al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:

- frazione di fine, FC, superiore al 20% (FC=frazione passante al setaccio ASTM 200, 0,074mm), con indice di plasticità $PI > 10$;

- $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;

- $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 25$

d- Dove $(N_1)_{60}$ è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT.

e- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in appositi diagrammi, da distinguere i materiali in funzione del coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ o $U_c > 3,5$.

f- Copertura di strati superficiali non liquefacibili con spessore maggiore di 3m, oppure con spessore maggiore di 5m per magnitudo maggiori di $M > 7$.

La definizione di “vena idraulica”, allargata/qualitativa/indicativa è riferita all’individuazione della presenza di litotipi sabbiosi e/o limosi entro i primi 15 m d al p.c. ovviamente al di sotto di tale profondità possono comunque rilevarsi de posizioni granulari. (tali cartografie, come specificato nella cartografia pug) è modificabile con implementazione di indagini).

I dati maggiormente attendibili sono quelli discendenti da prove CPTU/SCPTU che però sono presenti in numero largamente minoritario.

Il valor di ILP indica il livello di Pericolosità secondo il seguente riferimento Regionale:

ILP= 0= Pericolo Nullo

ILP<2= Pericolo Basso

2<ILP<5= Pericolo Moderato

5<ILP<15= Pericolo Alto

ILP>15= Pericolo Molto Alto

Sono stati eseguiti calcoli (sia tramite comparazione curve granulometriche-fusi di riferimento; sia tramite elaborazione prove penetrometriche e software specifici EPC + Geostru) in relazione all'Atto di indirizzo n. 112/2007 (allegato A3), analizzando anche le cartografie di microzonazione sismica del psc.

Per l'area oggetto di studio si ha un rischio di liquefazione moderato $2 < IL \leq 5$

Relativamente alla verifica alla liquefazione, nella MZS si afferma che:

I valori puntuali di IL ottenuti sono stati, infine, raggruppati in classi, secondo Sonmez (2003), in modo da poter distinguere tra siti a rischio di liquefazione basso ($0 < IL \leq 2$), medio ($2 < IL \leq 5$) ed elevato ($IL > 5$).

8. CRITICITÀ IDRAULICHE

In base a quanto riportato nel quadro conoscitivo del PSC/pug comunale e nel ptcp della provincia, l'area in esame risulta avere rischio idraulico R1 con possibilità di alluvioni P1. Tale analisi è condizionata ovviamente con le modellistiche attualmente adottate dagli enti preposti.

9. CAMPAGNA DI INDAGINI

Per la CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E LITOLOGICA DEL SITO, visto il tipo di opera prevista ed il volume significativo di terreno da essa coinvolto, è stato deciso di elaborare:

n. 2 prove penetrometriche statiche tipo cptu + n. 1 indagine sismica.

La profondità della prova statica è stata programmata al fine di determinare le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi presenti fino a quote sufficienti ad ottenere un decremento superiore al 90% dell'incremento di carico indotto in corrispondenza del piano di fondazione per le fondazioni di seguito considerate; tale profondità è stata scelta in fase esecutiva in seguito ai valori di resistenza verificati nel corso della prova stessa e considerando la trasmissione delle tensioni verticali derivanti dalla teoria di Bousinnesq.

10. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Il *Cone Penetration Test* (o prova CPT) misura la resistenza di un terreno alla penetrazione di una punta conica (punta Begemann) e di un manicotto (*friction jacket cone*) aventi le sottoindicate dimensioni standard: - la punta ha forma conica, avente angolo di 60° e area della superficie di base pari a 10 cm^2 ; - il manicotto per la misura dell'attrito laterale locale ha una

superficie laterale di 150 cm^2 , ed è posto immediatamente sopra la punta conica. È stato utilizzato un penetrometro meccanico (tipo Pagani da 20 tonn di spinta) con misura della resistenza discontinua (caratterizzato da una lettura ogni 20 cm) mediante centralina elettronica. Durante l'infissione nel terreno del sistema punta-batteria aste, vengono misurate alternativamente la resistenza alla punta R_p e la resistenza all'attrito laterale R_l , entrambe espresse in Kg/cm^2 . Dal rapporto R_p/R_l , secondo la teoria di Begemann, è possibile individuare la natura litologica dei terreni interessati dalla prova CPT, in base alla risposta meccanica che ogni singolo strato fornisce.

Per l'esecuzione della **CPTU**, è stato utilizzato un penetrometro Deep drill da 20 tonn di spinta con misura della resistenza in continuo con acquisizione mediante pc.

Detta anche "piezocono", tale prova è caratterizzata dal fatto che il penetrometro statico a punta elettrica in questione è dotato di un elemento poroso di ceramica fine o di acciaio detto filtro, posizionato sulla punta dello strumento od in prossimità di essa, che permette di misurare e registrare, oltre ai parametri di resistenza alla penetrazione q_c ed f_s , anche la pressione interstiziale u nei terreni saturi al di sotto del livello di falda, sia durante l'avanzamento che a penetrometro fermo. La misura della pressione neutrale u è condizionata dalla completa saturazione del filtro, che si ottiene saturando preventivamente il filtro stesso con fluidi viscosi quali oli siliconici.

Questa prova permette di identificare stratificazioni, anche molto sottili con differenti caratteristiche di permeabilità basandosi sulla misura contemporanea della resistenza alla punta q_c e della pressione neutrale u .

Tale peculiarità è utilizzata nello studio dei problemi di filtrazione e consolidazione.

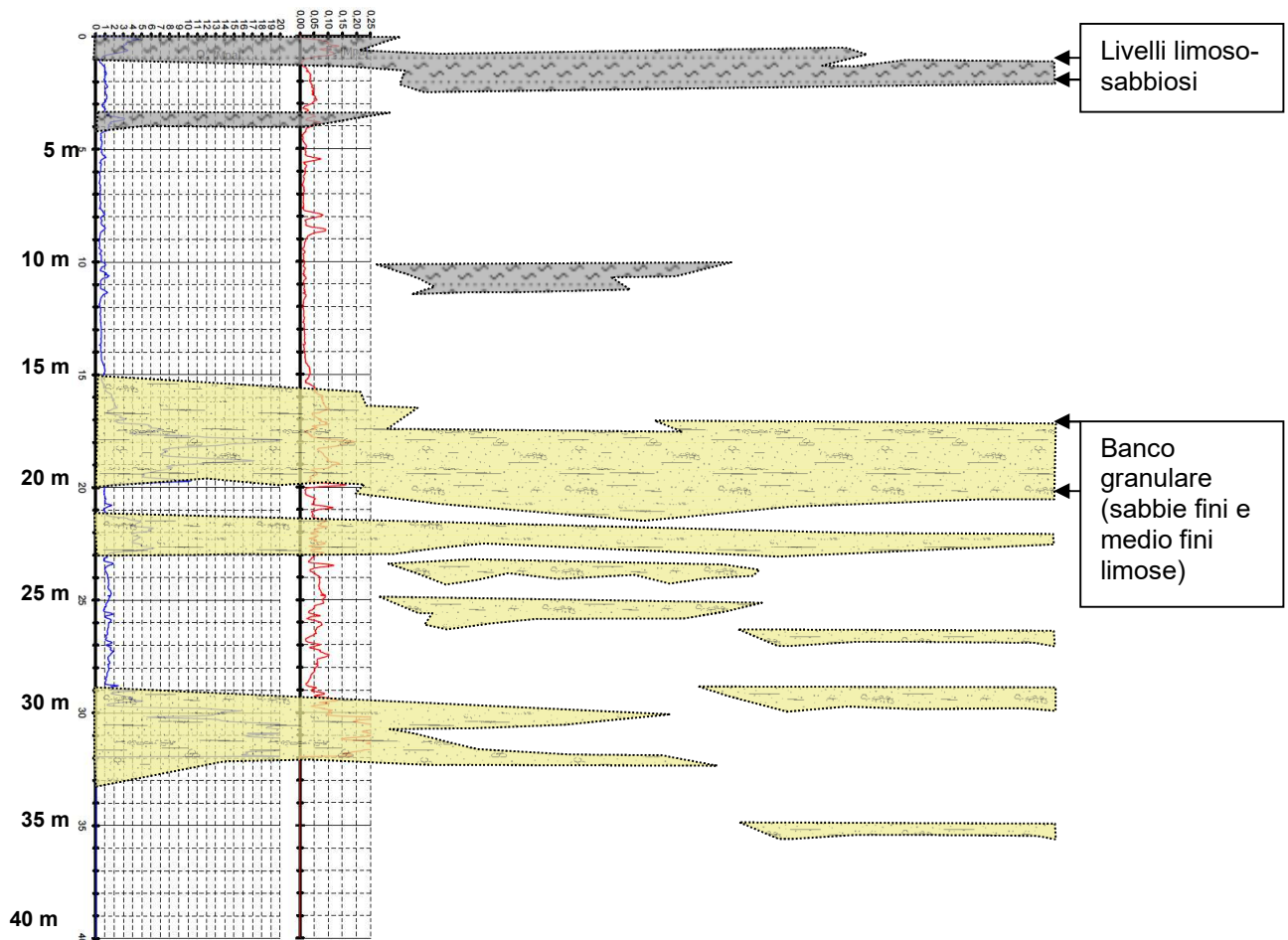
La pressione neutrale misurata con il piezocono si indica con i simboli u_1 , u_2 , u_3 , in funzione della posizione che occupa il filtro sulla punta del piezocono.

Con il piezocono si possono eseguire anche prove di dissipazione della pressione neutra e quindi è possibile stimare le caratteristiche di permeabilità e di consolidazione del terreno; queste prove si eseguono arrestando la penetrazione del piezocono nel terreno in modo tale che la pressione dei pori Δu in eccesso, dovuta alla penetrazione, si possa dissipare. Si misura, quindi, la velocità di riduzione della pressione fino ad un abbattimento del 60% - 80%. Dalla velocità del processo

di dissipazione dipende il processo di consolidazione orizzontale e risulta quindi possibile determinare il coefficiente di consolidazione orizzontale ch e quello di permeabilità orizzontale kh .

11. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE (MODELLO GEOLOGICO)

Le caratteristiche litostratigrafiche esaminate per mezzo del rapporto di Begemann (1965), in corrispondenza delle verticali delle 2 prove eseguite CPTu così come confermato anche dalla elaborazione delle cptu della banca dati geognostica della Regione Emilia Romagna, indicano la presenza di materiali prevalentemente coesivi (argille, argille organiche e limi argillosi), per tutto l'intervallo sino a m 20 circa, con talora alternanze di livelli di limi debolmente sabbiosi (in particolare sulla verticale della prova n. 2).



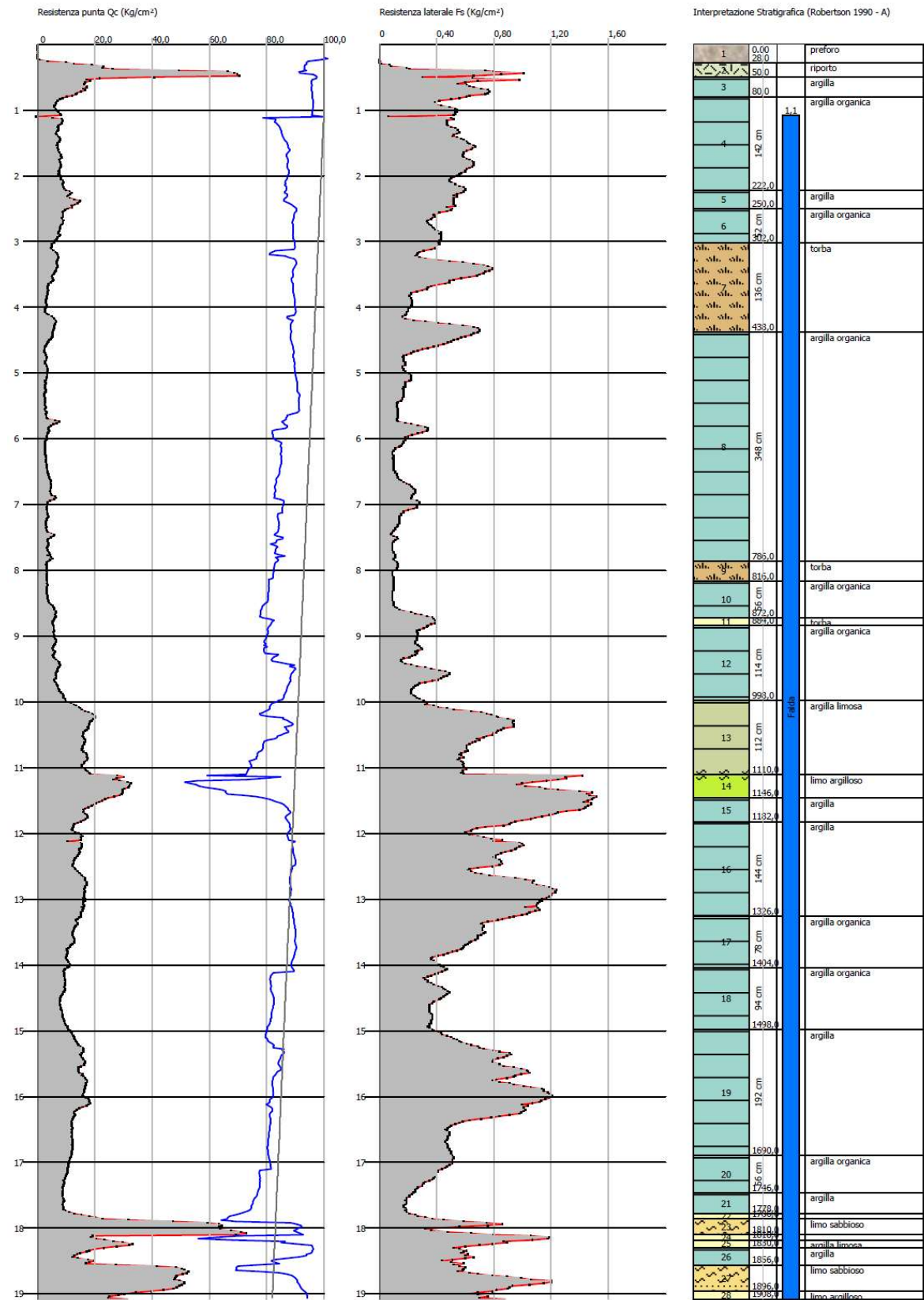
Modello geolitologico generale dell'areale di studio in cui il sito, oggetto del presente lavoro, è inserito. Si riportano, di seguito, le risultanze delle due indagini geognostiche eseguite.

Realizzazione impianti solari agrivoltaici avanzati, in comune di Portomaggiore (FE)

Probe CPTU - Piezocone Nr.1
Strumento utilizzato TECNO PENTA TP CPL2IN

Committente: Dott. Geol. Matteo Pollini
Cantiera: Consolidamento fabbricato
Località: Strada Provinciale 48

29/07/2025

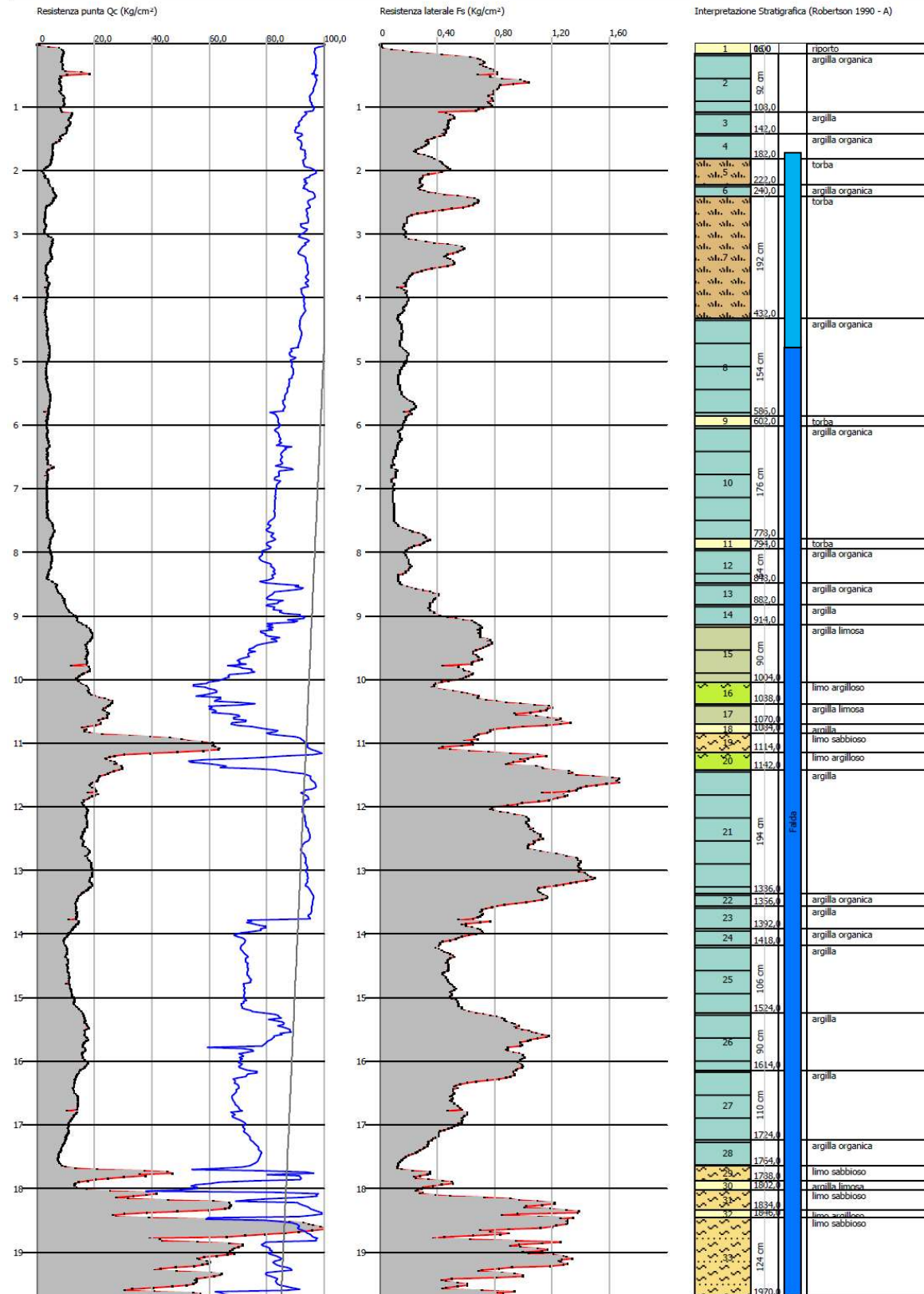


Realizzazione impianti solari agrivoltaici avanzati, in comune di Portomaggiore (FE)

Probe CPTU - Piezocone Nr.2
Strumento utilizzato TECNO PENTA TP CPL2IN

Committente: Dott. Geol. Matteo Pollini
Cantiere: Consolidamento fabbricato
Località: Strada Provinciale 48

29/07/2025



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (CPTU 1)**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 3	0,80	15,81	0,69	0,12	0,12	Lunne T.- Kleven A. 1981	1,05
Strato 4	2,22	7,46	0,55	0,28	0,24	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,48
Strato 5	2,50	12,16	0,53	0,43	0,31	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,78
Strato 6	3,02	7,92	0,40	0,51	0,34	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,49
Strato 7	4,38	4,92	0,41	0,67	0,41	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,28
Strato 8	7,86	3,48	0,19	1,07	0,57	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,16
Strato 9	8,16	3,17	0,11	1,38	0,69	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,12
Strato 10	8,72	4,36	0,14	1,45	0,72	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,19
Strato 11	8,84	5,38	0,38	1,51	0,74	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,26
Strato 12	9,98	6,61	0,28	1,62	0,79	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,33
Strato 13	11,10	16,54	0,66	1,83	0,88	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,98
Strato 14	11,46	29,39	1,27	1,97	0,95	Lunne T.- Kleven A. 1981	1,83
Strato 15	11,82	18,07	1,29	2,05	0,99	Lunne T.- Kleven A. 1981	1,07
Strato 16	13,26	14,78	0,93	2,22	1,07	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,84
Strato 17	14,04	11,86	0,60	2,43	1,17	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,63
Strato 18	14,98	8,97	0,39	2,59	1,24	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,43
Strato 19	16,90	14,20	0,77	2,85	1,37	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,76

Realizzazione impianti solari agrivoltaici avanzati, in comune di Portomaggiore (FE)

Strato 20	17,46	9,93	0,39	3,09	1,48	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,46
Strato 21	17,78	9,34	0,19	3,17	1,51	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,41
Strato 22	17,86	18,98	0,30	3,20	1,53	Lunne T.- Kleven A. 1981	1,05
Strato 24	18,18	20,39	1,13	3,27	1,57	Lunne T.- Kleven A. 1981	1,14
Strato 25	18,30	28,65	0,73	3,29	1,58	Lunne T.- Kleven A. 1981	1,69
Strato 26	18,56	17,11	0,57	3,33	1,59	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,92
Strato 28	19,08	28,98	0,72	3,45	1,66	Lunne T.- Kleven A. 1981	1,70

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 3	0,80	15,81	0,69	0,12	0,12	Mitchell & Gardner (1975)	79,05
Strato 4	2,22	7,46	0,55	0,28	0,24	Mitchell & Gardner (1975)	37,30
Strato 5	2,50	12,16	0,53	0,43	0,31	Mitchell & Gardner (1975)	60,80
Strato 6	3,02	7,92	0,40	0,51	0,34	Mitchell & Gardner (1975)	39,60
Strato 7	4,38	4,92	0,41	0,67	0,41	Mitchell & Gardner (1975)	39,36
Strato 8	7,86	3,48	0,19	1,07	0,57	Mitchell & Gardner (1975)	27,84
Strato 9	8,16	3,17	0,11	1,38	0,69	Mitchell & Gardner (1975)	25,36
Strato 10	8,72	4,36	0,14	1,45	0,72	Mitchell & Gardner (1975)	34,88
Strato 11	8,84	5,38	0,38	1,51	0,74	Mitchell & Gardner (1975)	43,04
Strato 12	9,98	6,61	0,28	1,62	0,79	Mitchell & Gardner (1975)	52,88
Strato 13	11,10	16,54	0,66	1,83	0,88	Mitchell & Gardner	82,70

Strato 14	11,46	29,39	1,27	1,97	0,95	(1975) Mitchell & Gardner	73,47
Strato 15	11,82	18,07	1,29	2,05	0,99	(1975) Mitchell & Gardner	90,35
Strato 16	13,26	14,78	0,93	2,22	1,07	(1975) Mitchell & Gardner	73,90
Strato 17	14,04	11,86	0,60	2,43	1,17	(1975) Mitchell & Gardner	59,30
Strato 18	14,98	8,97	0,39	2,59	1,24	(1975) Mitchell & Gardner	44,85
Strato 19	16,90	14,20	0,77	2,85	1,37	(1975) Mitchell & Gardner	71,00
Strato 20	17,46	9,93	0,39	3,09	1,48	(1975) Mitchell & Gardner	49,65
Strato 21	17,78	9,34	0,19	3,17	1,51	(1975) Mitchell & Gardner	46,70
Strato 22	17,86	18,98	0,30	3,20	1,53	(1975) Mitchell & Gardner	94,90
Strato 24	18,18	20,39	1,13	3,27	1,57	(1975) Mitchell & Gardner	101,95
Strato 25	18,30	28,65	0,73	3,29	1,58	(1975) Mitchell & Gardner	71,62
Strato 26	18,56	17,11	0,57	3,33	1,59	(1975) Mitchell & Gardner	85,55
Strato 28	19,08	28,98	0,72	3,45	1,66	(1975) Mitchell & Gardner	72,45

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 3	0,80	15,81	0,69	0,12	0,12	Ladd ed Altri 1977 n=30	23,70
Strato 4	2,22	7,46	0,55	0,28	0,24	Ladd ed Altri 1977 n=30	11,10
Strato 5	2,50	12,16	0,53	0,43	0,31	Ladd ed Altri 1977 n=30	18,30
Strato 6	3,02	7,92	0,40	0,51	0,34	Ladd ed Altri 1977 n=30	12,00
Strato 7	4,38	4,92	0,41	0,67	0,41	Ladd ed Altri 1977 n=30	7,50
Strato 8	7,86	3,48	0,19	1,07	0,57	Ladd ed Altri 1977 n=30	5,10
Strato 9	8,16	3,17	0,11	1,38	0,69	Ladd ed Altri	4,80

						1977 n=30	
Strato 10	8,72	4,36	0,14	1,45	0,72	Ladd ed Altri	6,60
Strato 11	8,84	5,38	0,38	1,51	0,74	Ladd ed Altri	8,10
Strato 12	9,98	6,61	0,28	1,62	0,79	Ladd ed Altri	9,90
Strato 13	11,10	16,54	0,66	1,83	0,88	Ladd ed Altri	24,90
Strato 14	11,46	29,39	1,27	1,97	0,95	Ladd ed Altri	44,10
Strato 15	11,82	18,07	1,29	2,05	0,99	Ladd ed Altri	27,00
Strato 16	13,26	14,78	0,93	2,22	1,07	Ladd ed Altri	22,20
Strato 17	14,04	11,86	0,60	2,43	1,17	Ladd ed Altri	17,70
Strato 18	14,98	8,97	0,39	2,59	1,24	Ladd ed Altri	13,50
Strato 19	16,90	14,20	0,77	2,85	1,37	Ladd ed Altri	21,30
Strato 20	17,46	9,93	0,39	3,09	1,48	Ladd ed Altri	15,00
Strato 21	17,78	9,34	0,19	3,17	1,51	Ladd ed Altri	14,10
Strato 22	17,86	18,98	0,30	3,20	1,53	Ladd ed Altri	28,50
Strato 24	18,18	20,39	1,13	3,27	1,57	Ladd ed Altri	30,60
Strato 25	18,30	28,65	0,73	3,29	1,58	Ladd ed Altri	42,90
Strato 26	18,56	17,11	0,57	3,33	1,59	Ladd ed Altri	25,80
Strato 28	19,08	28,98	0,72	3,45	1,66	Ladd ed Altri	43,50

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione e a taglio (Kg/cm ²)
Strato 3	0,80	15,81	0,69	0,12	0,12	Imai & Tomauchi	151,25
Strato 4	2,22	7,46	0,55	0,28	0,24	Imai & Tomauchi	95,59
Strato 5	2,50	12,16	0,53	0,43	0,31	Imai & Tomauchi	128,84
Strato 6	3,02	7,92	0,40	0,51	0,34	Imai & Tomauchi	99,15
Strato 7	4,38	4,92	0,41	0,67	0,41	Imai & Tomauchi	74,12
Strato 8	7,86	3,48	0,19	1,07	0,57	Imai & Tomauchi	59,99
Strato 9	8,16	3,17	0,11	1,38	0,69	Imai & Tomauchi	56,66
Strato 10	8,72	4,36	0,14	1,45	0,72	Imai & Tomauchi	68,85
Strato 11	8,84	5,38	0,38	1,51	0,74	Imai & Tomauchi	78,28

Realizzazione impianti solari agrivoltaici avanzati, in comune di Portomaggiore (FE)

Strato 12	9,98	6,61	0,28	1,62	0,79	Imai & Tomauchi	88,78
Strato 13	11,10	16,54	0,66	1,83	0,88	Imai & Tomauchi	155,48
Strato 14	11,46	29,39	1,27	1,97	0,95	Imai & Tomauchi	220,92
Strato 15	11,82	18,07	1,29	2,05	0,99	Imai & Tomauchi	164,12
Strato 16	13,26	14,78	0,93	2,22	1,07	Imai & Tomauchi	145,15
Strato 17	14,04	11,86	0,60	2,43	1,17	Imai & Tomauchi	126,89
Strato 18	14,98	8,97	0,39	2,59	1,24	Imai & Tomauchi	106,98
Strato 19	16,90	14,20	0,77	2,85	1,37	Imai & Tomauchi	141,65
Strato 20	17,46	9,93	0,39	3,09	1,48	Imai & Tomauchi	113,84
Strato 21	17,78	9,34	0,19	3,17	1,51	Imai & Tomauchi	109,66
Strato 22	17,86	18,98	0,30	3,20	1,53	Imai & Tomauchi	169,12
Strato 24	18,18	20,39	1,13	3,27	1,57	Imai & Tomauchi	176,69
Strato 25	18,30	28,65	0,73	3,29	1,58	Imai & Tomauchi	217,50
Strato 26	18,56	17,11	0,57	3,33	1,59	Imai & Tomauchi	158,74
Strato 28	19,08	28,98	0,72	3,45	1,66	Imai & Tomauchi	219,03

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 3	0,80	15,81	0,69	0,12	0,12	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	2,22	7,46	0,55	0,28	0,24	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 5	2,50	12,16	0,53	0,43	0,31	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 6	3,02	7,92	0,40	0,51	0,34	Piacentini Righi 1978	8,52
Strato 7	4,38	4,92	0,41	0,67	0,41	Piacentini Righi 1978	7,23
Strato 8	7,86	3,48	0,19	1,07	0,57	Piacentini Righi 1978	2,35
Strato 9	8,16	3,17	0,11	1,38	0,69	Piacentini Righi 1978	1,07
Strato 10	8,72	4,36	0,14	1,45	0,72	Piacentini Righi 1978	1,33
Strato 11	8,84	5,38	0,38	1,51	0,74	Piacentini Righi 1978	3,64
Strato 12	9,98	6,61	0,28	1,62	0,79	Piacentini Righi 1978	2,49
Strato 13	11,10	16,54	0,66	1,83	0,88	Piacentini Righi 1978	5,3
Strato 14	11,46	29,39	1,27	1,97	0,95	Piacentini	>9

Realizzazione impianti solari agrivoltaici avanzati, in comune di Portomaggiore (FE)

Strato 15	11,82	18,07	1,29	2,05	0,99	Righi 1978 Piacentini	>9
Strato 16	13,26	14,78	0,93	2,22	1,07	Righi 1978 Piacentini	6,12
Strato 17	14,04	11,86	0,60	2,43	1,17	Righi 1978 Piacentini	3,6
Strato 18	14,98	8,97	0,39	2,59	1,24	Righi 1978 Piacentini	2,18
Strato 19	16,90	14,20	0,77	2,85	1,37	Righi 1978 Piacentini	3,95
Strato 20	17,46	9,93	0,39	3,09	1,48	Righi 1978 Piacentini	1,81
Strato 21	17,78	9,34	0,19	3,17	1,51	Righi 1978 Piacentini	0,83
Strato 22	17,86	18,98	0,30	3,20	1,53	Righi 1978 Piacentini	1,32
Strato 24	18,18	20,39	1,13	3,27	1,57	Righi 1978 Piacentini	5,04
Strato 25	18,30	28,65	0,73	3,29	1,58	Righi 1978 Piacentini	3,23
Strato 26	18,56	17,11	0,57	3,33	1,59	Righi 1978 Piacentini	2,48
Strato 28	19,08	28,98	0,72	3,45	1,66	Righi 1978 Piacentini	3,02

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 3	0,80	15,81	0,69	0,12	0,12	Meyerhof	1,93
Strato 4	2,22	7,46	0,55	0,28	0,24	Meyerhof	1,80
Strato 5	2,50	12,16	0,53	0,43	0,31	Meyerhof	1,89
Strato 6	3,02	7,92	0,40	0,51	0,34	Meyerhof	1,81
Strato 7	4,38	4,92	0,41	0,67	0,41	Meyerhof	1,72
Strato 8	7,86	3,48	0,19	1,07	0,57	Meyerhof	1,65
Strato 9	8,16	3,17	0,11	1,38	0,69	Meyerhof	1,62
Strato 10	8,72	4,36	0,14	1,45	0,72	Meyerhof	1,69
Strato 11	8,84	5,38	0,38	1,51	0,74	Meyerhof	1,73
Strato 12	9,98	6,61	0,28	1,62	0,79	Meyerhof	1,77
Strato 13	11,10	16,54	0,66	1,83	0,88	Meyerhof	1,93
Strato 14	11,46	29,39	1,27	1,97	0,95	Meyerhof	2,03
Strato 15	11,82	18,07	1,29	2,05	0,99	Meyerhof	1,95
Strato 16	13,26	14,78	0,93	2,22	1,07	Meyerhof	1,91
Strato 17	14,04	11,86	0,60	2,43	1,17	Meyerhof	1,87
Strato 18	14,98	8,97	0,39	2,59	1,24	Meyerhof	1,81
Strato 19	16,90	14,20	0,77	2,85	1,37	Meyerhof	1,90
Strato 20	17,46	9,93	0,39	3,09	1,48	Meyerhof	1,83
Strato 21	17,78	9,34	0,19	3,17	1,51	Meyerhof	1,82
Strato 22	17,86	18,98	0,30	3,20	1,53	Meyerhof	1,95
Strato 24	18,18	20,39	1,13	3,27	1,57	Meyerhof	1,96
Strato 25	18,30	28,65	0,73	3,29	1,58	Meyerhof	2,02
Strato 26	18,56	17,11	0,57	3,33	1,59	Meyerhof	1,93
Strato 28	19,08	28,98	0,72	3,45	1,66	Meyerhof	2,03

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica	Tensione litostatica	C	Crm
--	---------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------	-------------------------	---	-----

				totale (Kg/cm ²)	efficace (Kg/cm ²)		
Strato 3	0,80	15,81	0,69	0,12	0,12	0,15112	0,01965
Strato 4	2,22	7,46	0,55	0,28	0,24	0,24528	0,03189
Strato 5	2,50	12,16	0,53	0,43	0,31	0,17638	0,02293
Strato 6	3,02	7,92	0,40	0,51	0,34	0,23493	0,03054
Strato 7	4,38	4,92	0,41	0,67	0,41	0,33733	0,04385
Strato 8	7,86	3,48	0,19	1,07	0,57	0,44918	0,05839
Strato 9	8,16	3,17	0,11	1,38	0,69	0,48656	0,06325
Strato 10	8,72	4,36	0,14	1,45	0,72	0,37205	0,04837
Strato 11	8,84	5,38	0,38	1,51	0,74	0,31421	0,04085
Strato 12	9,98	6,61	0,28	1,62	0,79	0,26821	0,03487
Strato 13	11,10	16,54	0,66	1,83	0,88	0,14741	0,01916
Strato 14	11,46	29,39	1,27	1,97	0,95	0,11225	0,01459
Strato 15	11,82	18,07	1,29	2,05	0,99	0,1406	0,01828
Strato 16	13,26	14,78	0,93	2,22	1,07	0,15699	0,02041
Strato 17	14,04	11,86	0,60	2,43	1,17	0,17914	0,02329
Strato 18	14,98	8,97	0,39	2,59	1,24	0,21527	0,02799
Strato 19	16,90	14,20	0,77	2,85	1,37	0,16066	0,02089
Strato 20	17,46	9,93	0,39	3,09	1,48	0,20094	0,02612
Strato 21	17,78	9,34	0,19	3,17	1,51	0,2094	0,02722
Strato 22	17,86	18,98	0,30	3,20	1,53	0,13707	0,01782
Strato 24	18,18	20,39	1,13	3,27	1,57	0,13223	0,01719
Strato 25	18,30	28,65	0,73	3,29	1,58	0,11342	0,01474
Strato 26	18,56	17,11	0,57	3,33	1,59	0,14473	0,01882
Strato 28	19,08	28,98	0,72	3,45	1,66	0,11289	0,01468

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 3	0,80	15,81	0,69	0,12	0,12	Meyerhof	2,01
Strato 4	2,22	7,46	0,55	0,28	0,24	Meyerhof	1,88
Strato 5	2,50	12,16	0,53	0,43	0,31	Meyerhof	1,97
Strato 6	3,02	7,92	0,40	0,51	0,34	Meyerhof	1,89
Strato 7	4,38	4,92	0,41	0,67	0,41	Meyerhof	1,80
Strato 8	7,86	3,48	0,19	1,07	0,57	Meyerhof	1,73
Strato 9	8,16	3,17	0,11	1,38	0,69	Meyerhof	1,70
Strato 10	8,72	4,36	0,14	1,45	0,72	Meyerhof	1,77
Strato 11	8,84	5,38	0,38	1,51	0,74	Meyerhof	1,81
Strato 12	9,98	6,61	0,28	1,62	0,79	Meyerhof	1,85
Strato 13	11,10	16,54	0,66	1,83	0,88	Meyerhof	2,01
Strato 14	11,46	29,39	1,27	1,97	0,95	Meyerhof	2,11
Strato 15	11,82	18,07	1,29	2,05	0,99	Meyerhof	2,03
Strato 16	13,26	14,78	0,93	2,22	1,07	Meyerhof	1,99
Strato 17	14,04	11,86	0,60	2,43	1,17	Meyerhof	1,95
Strato 18	14,98	8,97	0,39	2,59	1,24	Meyerhof	1,89
Strato 19	16,90	14,20	0,77	2,85	1,37	Meyerhof	1,98
Strato 20	17,46	9,93	0,39	3,09	1,48	Meyerhof	1,91
Strato 21	17,78	9,34	0,19	3,17	1,51	Meyerhof	1,90
Strato 22	17,86	18,98	0,30	3,20	1,53	Meyerhof	2,03
Strato 24	18,18	20,39	1,13	3,27	1,57	Meyerhof	2,04
Strato 25	18,30	28,65	0,73	3,29	1,58	Meyerhof	2,10
Strato 26	18,56	17,11	0,57	3,33	1,59	Meyerhof	2,01
Strato 28	19,08	28,98	0,72	3,45	1,66	Meyerhof	2,11

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato	qc	fs	Tensione	Tensione	Correlazione	Vs
--	--------------	----	----	----------	----------	--------------	----

	(m)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	litostatica totale (Kg/cm ²)	litostatica efficace (Kg/cm ²)	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	(m/s)
Strato 3	0,80	15,81	0,69	0,12	0,12	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	169,07
Strato 4	2,22	7,46	0,55	0,28	0,24	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	163,90
Strato 5	2,50	12,16	0,53	0,43	0,31	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	186,54
Strato 6	3,02	7,92	0,40	0,51	0,34	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	175,49
Strato 7	4,38	4,92	0,41	0,67	0,41	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	165,85
Strato 8	7,86	3,48	0,19	1,07	0,57	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	164,19
Strato 9	8,16	3,17	0,11	1,38	0,69	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	166,48
Strato 10	8,72	4,36	0,14	1,45	0,72	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	177,51
Strato 11	8,84	5,38	0,38	1,51	0,74	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	185,34
Strato 12	9,98	6,61	0,28	1,62	0,79	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	194,30
Strato 13	11,10	16,54	0,66	1,83	0,88	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	233,61
Strato 14	11,46	29,39	1,27	1,97	0,95	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	262,43
Strato 15	11,82	18,07	1,29	2,05	0,99	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	241,72
Strato 16	13,26	14,78	0,93	2,22	1,07	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	236,08
Strato 17	14,04	11,86	0,60	2,43	1,17	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	230,09
Strato 18	14,98	8,97	0,39	2,59	1,24	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	220,84
Strato 19	16,90	14,20	0,77	2,85	1,37	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	243,67
Strato 20	17,46	9,93	0,39	3,09	1,48	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	231,22
Strato 21	17,78	9,34	0,19	3,17	1,51	Baldi et. al. 1989 Andrus	229,55

Strato 22	17,86	18,98	0,30	3,20	1,53	et. al. 2001 Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	261,45
Strato 24	18,18	20,39	1,13	3,27	1,57	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	265,82
Strato 25	18,30	28,65	0,73	3,29	1,58	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	282,99
Strato 26	18,56	17,11	0,57	3,33	1,59	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	258,25
Strato 28	19,08	28,98	0,72	3,45	1,66	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	285,86

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0,28	0,99	0,00	0,03	0,03	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	5,00
Strato 2	0,50	42,60	0,45	0,07	0,07	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	79,02
Strato 23	18,10	61,40	0,58	3,24	1,55	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	45,82
Strato 27	18,96	48,56	0,84	3,40	1,63	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	38,43

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0,28	0,99	0,00	0,03	0,03	Durgunouglu -Mitchell 1973	30,9
Strato 2	0,50	42,60	0,45	0,07	0,07	Durgunouglu -Mitchell 1973	44,3
Strato 23	18,10	61,40	0,58	3,24	1,55	Durgunouglu -Mitchell 1973	32,2
Strato 27	18,96	48,56	0,84	3,40	1,63	Durgunouglu -Mitchell 1973	30,8

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
--	------------------	--------------------------	--------------------------	---	---	--------------	---------------------------------------

Realizzazione impianti solari agrivoltaici avanzati, in comune di Portomaggiore (FE)

Strato 1	0,28	0,99	0,00	0,03	0,03	Robertson & Campanella 1983	1,98
Strato 2	0,50	42,60	0,45	0,07	0,07	Robertson & Campanella 1983	85,20
Strato 23	18,10	61,40	0,58	3,24	1,55	Robertson & Campanella 1983	122,80
Strato 27	18,96	48,56	0,84	3,40	1,63	Robertson & Campanella 1983	97,12

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	0,28	0,99	0,00	0,03	0,03	Mitchell & Gardner 1975	1,98
Strato 2	0,50	42,60	0,45	0,07	0,07	Mitchell & Gardner 1975	85,20
Strato 23	18,10	61,40	0,58	3,24	1,55	Mitchell & Gardner 1975	104,38
Strato 27	18,96	48,56	0,84	3,40	1,63	Mitchell & Gardner 1975	97,12

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	0,28	0,99	0,00	0,03	0,03	Imai & Tomauchi	27,83
Strato 2	0,50	42,60	0,45	0,07	0,07	Imai & Tomauchi	277,16
Strato 23	18,10	61,40	0,58	3,24	1,55	Imai & Tomauchi	346,52
Strato 27	18,96	48,56	0,84	3,40	1,63	Imai & Tomauchi	300,24

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0,28	0,99	0,00	0,03	0,03	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	0,50	42,60	0,45	0,07	0,07	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 23	18,10	61,40	0,58	3,24	1,55	Piacentini Righi 1978	5,65
Strato 27	18,96	48,56	0,84	3,40	1,63	Piacentini Righi 1978	5,52

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	0,28	0,99	0,00	0,03	0,03	Kulhawy & Mayne (1990)	0,33
Strato 2	0,50	42,60	0,45	0,07	0,07	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 23	18,10	61,40	0,58	3,24	1,55	Kulhawy & Mayne (1990)	0,33
Strato 27	18,96	48,56	0,84	3,40	1,63	Kulhawy & Mayne (1990)	0,27

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	0,28	0,99	0,00	0,03	0,03	1,41043	0,18336
Strato 2	0,50	42,60	0,45	0,07	0,07	0,10997	0,0143
Strato 23	18,10	61,40	0,58	3,24	1,55	0,10112	0,01315
Strato 27	18,96	48,56	0,84	3,40	1,63	0,10642	0,01383

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0,28	0,99	0,00	0,03	0,03	Meyerhof	0,00
Strato 2	0,50	42,60	0,45	0,07	0,07	Meyerhof	1,90
Strato 23	18,10	61,40	0,58	3,24	1,55	Meyerhof	1,90
Strato 27	18,96	48,56	0,84	3,40	1,63	Meyerhof	1,80

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0,28	0,99	0,00	0,03	0,03	Meyerhof	0,00
Strato 2	0,50	42,60	0,45	0,07	0,07	Meyerhof	2,20
Strato 23	18,10	61,40	0,58	3,24	1,55	Meyerhof	2,20
Strato 27	18,96	48,56	0,84	3,40	1,63	Meyerhof	2,10

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	0,28	0,99	0,00	0,03	0,03	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	77,25
Strato 2	0,50	42,60	0,45	0,07	0,07	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	226,19

Strato 23	18,10	61,40	0,58	3,24	1,55	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	363,24
Strato 27	18,96	48,56	0,84	3,40	1,63	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	344,63

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0,28	0,99	0,00	0,03	0,03	Piacentini- Righi 1988	*
Strato 2	0,50	42,60	0,45	0,07	0,07	Piacentini- Righi 1988	1,00E-03
Strato 3	0,80	15,81	0,69	0,12	0,12	Piacentini- Righi 1988	2,29E-08
Strato 4	2,22	7,46	0,55	0,28	0,24	Piacentini- Righi 1988	1,00E-11
Strato 5	2,50	12,16	0,53	0,43	0,31	Piacentini- Righi 1988	2,97E-08
Strato 6	3,02	7,92	0,40	0,51	0,34	Piacentini- Righi 1988	1,99E-09
Strato 7	4,38	4,92	0,41	0,67	0,41	Piacentini- Righi 1988	1,00E-11
Strato 8	7,86	3,48	0,19	1,07	0,57	Piacentini- Righi 1988	6,02E-10
Strato 9	8,16	3,17	0,11	1,38	0,69	Piacentini- Righi 1988	1,72E-06
Strato 10	8,72	4,36	0,14	1,45	0,72	Piacentini- Righi 1988	4,58E-06
Strato 11	8,84	5,38	0,38	1,51	0,74	Piacentini- Righi 1988	1,00E-11
Strato 12	9,98	6,61	0,28	1,62	0,79	Piacentini- Righi 1988	7,00E-08
Strato 13	11,10	16,54	0,66	1,83	0,88	Piacentini- Righi 1988	1,20E-07
Strato 14	11,46	29,39	1,27	1,97	0,95	Piacentini- Righi 1988	1,21E-08
Strato 15	11,82	18,07	1,29	2,05	0,99	Piacentini- Righi 1988	1,00E-11
Strato 16	13,26	14,78	0,93	2,22	1,07	Piacentini- Righi 1988	1,00E-11
Strato 17	14,04	11,86	0,60	2,43	1,17	Piacentini- Righi 1988	1,26E-09
Strato 18	14,98	8,97	0,39	2,59	1,24	Piacentini- Righi 1988	3,80E-08
Strato 19	16,90	14,20	0,77	2,85	1,37	Piacentini- Righi 1988	1,62E-10
Strato 20	17,46	9,93	0,39	3,09	1,48	Piacentini- Righi 1988	2,13E-07
Strato 21	17,78	9,34	0,19	3,17	1,51	Piacentini- Righi 1988	4,22E-04
Strato 22	17,86	18,98	0,30	3,20	1,53	Piacentini- Righi 1988	2,38E-03
Strato 23	18,10	61,40	0,58	3,24	1,55	Piacentini- Righi 1988	1,00E-03
Strato 24	18,18	20,39	1,13	3,27	1,57	Piacentini-	3,54E-11

Strato 25	18,30	28,65	0,73	3,29	1,58	Righi 1988 Piacentini- Righi 1988	4,73E-05
Strato 26	18,56	17,11	0,57	3,33	1,59	Piacentini- Righi 1988	2,08E-06
Strato 27	18,96	48,56	0,84	3,40	1,63	Piacentini- Righi 1988	1,24E-03
Strato 28	19,08	28,98	0,72	3,45	1,66	Piacentini- Righi 1988	6,15E-05

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazio ne (cm ² /s)
Strato 1	0,28	0,99	0,00	0,03	0,03	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 2	0,50	42,60	0,45	0,07	0,07	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 3	0,80	15,81	0,69	0,12	0,12	Piacentini- Righi 1988	1,08546E-03
Strato 4	2,22	7,46	0,55	0,28	0,24	Piacentini- Righi 1988	2,238E-07
Strato 5	2,50	12,16	0,53	0,43	0,31	Piacentini- Righi 1988	1,081744E-03
Strato 6	3,02	7,92	0,40	0,51	0,34	Piacentini- Righi 1988	4,738476E-05
Strato 7	4,38	4,92	0,41	0,67	0,41	Piacentini- Righi 1988	1,476E-07
Strato 8	7,86	3,48	0,19	1,07	0,57	Piacentini- Righi 1988	6,285459E-06
Strato 9	8,16	3,17	0,11	1,38	0,69	Piacentini- Righi 1988	1,633621E-02
Strato 10	8,72	4,36	0,14	1,45	0,72	Piacentini- Righi 1988	5,984902E-02
Strato 11	8,84	5,38	0,38	1,51	0,74	Piacentini- Righi 1988	1,614E-07
Strato 12	9,98	6,61	0,28	1,62	0,79	Piacentini- Righi 1988	1,388231E-03
Strato 13	11,10	16,54	0,66	1,83	0,88	Piacentini- Righi 1988	5,966743E-03
Strato 14	11,46	29,39	1,27	1,97	0,95	Piacentini- Righi 1988	1,063173E-03
Strato 15	11,82	18,07	1,29	2,05	0,99	Piacentini- Righi 1988	5,421E-07
Strato 16	13,26	14,78	0,93	2,22	1,07	Piacentini- Righi 1988	4,434E-07
Strato 17	14,04	11,86	0,60	2,43	1,17	Piacentini- Righi 1988	4,479036E-05
Strato 18	14,98	8,97	0,39	2,59	1,24	Piacentini- Righi 1988	1,02339E-03
Strato 19	16,90	14,20	0,77	2,85	1,37	Piacentini- Righi 1988	6,897083E-06
Strato 20	17,46	9,93	0,39	3,09	1,48	Piacentini- Righi 1988	6,352648E-03
Strato 21	17,78	9,34	0,19	3,17	1,51	Piacentini- Righi 1988	11,83027
Strato 22	17,86	18,98	0,30	3,20	1,53	Piacentini-	0

Realizzazione impianti solari agrivoltaici avanzati, in comune di Portomaggiore (FE)

Strato 23	18,10	61,40	0,58	3,24	1,55	Righi 1988 Piacentini- Righi 1988	0
Strato 24	18,18	20,39	1,13	3,27	1,57	Piacentini- Righi 1988	2,163321E- 06
Strato 25	18,30	28,65	0,73	3,29	1,58	Piacentini- Righi 1988	4,06457
Strato 26	18,56	17,11	0,57	3,33	1,59	Piacentini- Righi 1988	0,106868
Strato 27	18,96	48,56	0,84	3,40	1,63	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 28	19,08	28,98	0,72	3,45	1,66	Piacentini- Righi 1988	5,342664

Indice

1.Coesione non drenata	1
2.Modulo Edometrico	2
3.Modulo di deformazione non drenato Eu	3
4.Modulo di deformazione a taglio	4
5.Grado di sovraconsolidazione	5
6.Peso unità di volume	6
7.Fattori di compressibilità C Crm	7
8.Peso unità di volume saturo	7
9.Velocità onde di taglio	8
10.Densità relativa	9
11.Angolo di resistenza al taglio	9
12.Modulo di Young	10
13.Modulo Edometrico	10
14.Modulo di deformazione a taglio	10
15.Grado di sovraconsolidazione	10
16.Modulo di reazione Ko	11
17.Fattori di compressibilità C Crm	11
18.Peso unità di volume	11
19.Peso unità di volume saturo	11
20.Velocità onde di taglio.	12
21.Permeabilità	12
22.Coefficiente di consolidazione	13
Indice	15

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (CPTU 2)**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0,16	6,06	0,10	0,01	0,01	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,40
Strato 2	1,08	9,09	0,76	0,11	0,11	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,60
Strato 3	1,42	11,08	0,48	0,23	0,23	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,72
Strato 4	1,82	6,29	0,33	0,30	0,30	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,40
Strato 5	2,22	3,50	0,38	0,37	0,37	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,21
Strato 6	2,40	5,63	0,35	0,42	0,42	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,35
Strato 7	4,32	3,72	0,31	0,59	0,59	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,21
Strato 8	5,86	3,84	0,16	0,88	0,84	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,20
Strato 9	6,02	3,44	0,17	1,02	0,90	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,16
Strato 10	7,78	3,95	0,12	1,17	0,96	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,19
Strato 11	7,94	4,46	0,28	1,33	1,02	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,21
Strato 12	8,48	4,59	0,18	1,39	1,05	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,21
Strato 13	8,82	8,09	0,32	1,47	1,08	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,44
Strato 14	9,14	12,69	0,47	1,53	1,11	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,74
Strato 15	10,04	17,20	0,66	1,64	1,16	Lunne T.- Kleven A. 1981	1,04
Strato 16	10,38	20,20	0,60	1,77	1,22	Lunne T.- Kleven A. 1981	1,23
Strato 17	10,70	23,52	1,15	1,83	1,25	Lunne T.-	1,45

Strato 18	10,84	17,45	0,88	1,88	1,28	Kleven A. 1981 Lunne T.- Kleven A. 1981	1,04
Strato 20	11,42	28,21	1,04	1,98	1,33	Lunne T.- Kleven A. 1981	1,75
Strato 21	13,36	18,24	1,22	2,20	1,44	Lunne T.- Kleven A. 1981	1,07
Strato 22	13,56	13,99	1,05	2,40	1,54	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,77
Strato 23	13,92	13,53	0,68	2,46	1,56	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,74
Strato 24	14,18	10,30	0,56	2,52	1,59	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,52
Strato 25	15,24	11,62	0,50	2,64	1,64	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,60
Strato 26	16,14	16,62	0,97	2,82	1,73	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,92
Strato 27	17,24	12,64	0,57	3,01	1,82	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,64
Strato 28	17,64	8,19	0,24	3,15	1,88	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,34
Strato 30	18,02	14,17	0,38	3,25	1,93	Lunne T.- Kleven A. 1981	0,73
Strato 32	18,46	35,06	1,17	3,34	1,98	Lunne T.- Kleven A. 1981	2,11

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0,16	6,06	0,10	0,01	0,01	Mitchell & Gardner (1975)	48,48
Strato 2	1,08	9,09	0,76	0,11	0,11	Mitchell & Gardner (1975)	45,45
Strato 3	1,42	11,08	0,48	0,23	0,23	Mitchell & Gardner (1975)	55,40
Strato 4	1,82	6,29	0,33	0,30	0,30	Mitchell & Gardner (1975)	50,32
Strato 5	2,22	3,50	0,38	0,37	0,37	Mitchell & Gardner (1975)	28,00

Strato 6	2,40	5,63	0,35	0,42	0,42	Mitchell & Gardner (1975)	45,04
Strato 7	4,32	3,72	0,31	0,59	0,59	Mitchell & Gardner (1975)	29,76
Strato 8	5,86	3,84	0,16	0,88	0,84	Mitchell & Gardner (1975)	30,72
Strato 9	6,02	3,44	0,17	1,02	0,90	Mitchell & Gardner (1975)	27,52
Strato 10	7,78	3,95	0,12	1,17	0,96	Mitchell & Gardner (1975)	31,60
Strato 11	7,94	4,46	0,28	1,33	1,02	Mitchell & Gardner (1975)	35,68
Strato 12	8,48	4,59	0,18	1,39	1,05	Mitchell & Gardner (1975)	36,72
Strato 13	8,82	8,09	0,32	1,47	1,08	Mitchell & Gardner (1975)	40,45
Strato 14	9,14	12,69	0,47	1,53	1,11	Mitchell & Gardner (1975)	63,45
Strato 15	10,04	17,20	0,66	1,64	1,16	Mitchell & Gardner (1975)	86,00
Strato 16	10,38	20,20	0,60	1,77	1,22	Mitchell & Gardner (1975)	101,00
Strato 17	10,70	23,52	1,15	1,83	1,25	Mitchell & Gardner (1975)	58,80
Strato 18	10,84	17,45	0,88	1,88	1,28	Mitchell & Gardner (1975)	87,25
Strato 20	11,42	28,21	1,04	1,98	1,33	Mitchell & Gardner (1975)	70,52
Strato 21	13,36	18,24	1,22	2,20	1,44	Mitchell & Gardner (1975)	91,20
Strato 22	13,56	13,99	1,05	2,40	1,54	Mitchell & Gardner (1975)	69,95
Strato 23	13,92	13,53	0,68	2,46	1,56	Mitchell & Gardner (1975)	67,65
Strato 24	14,18	10,30	0,56	2,52	1,59	Mitchell & Gardner (1975)	51,50
Strato 25	15,24	11,62	0,50	2,64	1,64	Mitchell & Gardner (1975)	58,10
Strato 26	16,14	16,62	0,97	2,82	1,73	Mitchell & Gardner	83,10

						(1975)	
Strato 27	17,24	12,64	0,57	3,01	1,82	Mitchell & Gardner (1975)	63,20
Strato 28	17,64	8,19	0,24	3,15	1,88	Mitchell & Gardner (1975)	40,95
Strato 30	18,02	14,17	0,38	3,25	1,93	Mitchell & Gardner (1975)	70,85
Strato 32	18,46	35,06	1,17	3,34	1,98	Mitchell & Gardner (1975)	87,65

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0,16	6,06	0,10	0,01	0,01	Ladd ed Altri 1977 n=30	9,00
Strato 2	1,08	9,09	0,76	0,11	0,11	Ladd ed Altri 1977 n=30	13,50
Strato 3	1,42	11,08	0,48	0,23	0,23	Ladd ed Altri 1977 n=30	16,50
Strato 4	1,82	6,29	0,33	0,30	0,30	Ladd ed Altri 1977 n=30	9,30
Strato 5	2,22	3,50	0,38	0,37	0,37	Ladd ed Altri 1977 n=30	5,40
Strato 6	2,40	5,63	0,35	0,42	0,42	Ladd ed Altri 1977 n=30	8,40
Strato 7	4,32	3,72	0,31	0,59	0,59	Ladd ed Altri 1977 n=30	5,70
Strato 8	5,86	3,84	0,16	0,88	0,84	Ladd ed Altri 1977 n=30	5,70
Strato 9	6,02	3,44	0,17	1,02	0,90	Ladd ed Altri 1977 n=30	5,10
Strato 10	7,78	3,95	0,12	1,17	0,96	Ladd ed Altri 1977 n=30	6,00
Strato 11	7,94	4,46	0,28	1,33	1,02	Ladd ed Altri 1977 n=30	6,60
Strato 12	8,48	4,59	0,18	1,39	1,05	Ladd ed Altri 1977 n=30	6,90
Strato 13	8,82	8,09	0,32	1,47	1,08	Ladd ed Altri 1977 n=30	12,00
Strato 14	9,14	12,69	0,47	1,53	1,11	Ladd ed Altri 1977 n=30	18,90
Strato 15	10,04	17,20	0,66	1,64	1,16	Ladd ed Altri 1977 n=30	25,80
Strato 16	10,38	20,20	0,60	1,77	1,22	Ladd ed Altri 1977 n=30	30,30
Strato 17	10,70	23,52	1,15	1,83	1,25	Ladd ed Altri 1977 n=30	35,40
Strato 18	10,84	17,45	0,88	1,88	1,28	Ladd ed Altri 1977 n=30	26,10
Strato 20	11,42	28,21	1,04	1,98	1,33	Ladd ed Altri 1977 n=30	42,30
Strato 21	13,36	18,24	1,22	2,20	1,44	Ladd ed Altri 1977 n=30	27,30

Strato 22	13,56	13,99	1,05	2,40	1,54	Ladd ed Altri 1977 n=30	21,00
Strato 23	13,92	13,53	0,68	2,46	1,56	Ladd ed Altri 1977 n=30	20,40
Strato 24	14,18	10,30	0,56	2,52	1,59	Ladd ed Altri 1977 n=30	15,60
Strato 25	15,24	11,62	0,50	2,64	1,64	Ladd ed Altri 1977 n=30	17,40
Strato 26	16,14	16,62	0,97	2,82	1,73	Ladd ed Altri 1977 n=30	24,90
Strato 27	17,24	12,64	0,57	3,01	1,82	Ladd ed Altri 1977 n=30	18,90
Strato 28	17,64	8,19	0,24	3,15	1,88	Ladd ed Altri 1977 n=30	12,30
Strato 30	18,02	14,17	0,38	3,25	1,93	Ladd ed Altri 1977 n=30	21,30
Strato 32	18,46	35,06	1,17	3,34	1,98	Ladd ed Altri 1977 n=30	52,50

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione e a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	0,16	6,06	0,10	0,01	0,01	Imai & Tomauchi	84,19
Strato 2	1,08	9,09	0,76	0,11	0,11	Imai & Tomauchi	107,86
Strato 3	1,42	11,08	0,48	0,23	0,23	Imai & Tomauchi	121,72
Strato 4	1,82	6,29	0,33	0,30	0,30	Imai & Tomauchi	86,13
Strato 5	2,22	3,50	0,38	0,37	0,37	Imai & Tomauchi	60,20
Strato 6	2,40	5,63	0,35	0,42	0,42	Imai & Tomauchi	80,49
Strato 7	4,32	3,72	0,31	0,59	0,59	Imai & Tomauchi	62,48
Strato 8	5,86	3,84	0,16	0,88	0,84	Imai & Tomauchi	63,71
Strato 9	6,02	3,44	0,17	1,02	0,90	Imai & Tomauchi	59,57
Strato 10	7,78	3,95	0,12	1,17	0,96	Imai & Tomauchi	64,82
Strato 11	7,94	4,46	0,28	1,33	1,02	Imai & Tomauchi	69,81
Strato 12	8,48	4,59	0,18	1,39	1,05	Imai & Tomauchi	71,04
Strato 13	8,82	8,09	0,32	1,47	1,08	Imai & Tomauchi	100,44
Strato 14	9,14	12,69	0,47	1,53	1,11	Imai & Tomauchi	132,24
Strato 15	10,04	17,20	0,66	1,64	1,16	Imai & Tomauchi	159,25
Strato 16	10,38	20,20	0,60	1,77	1,22	Imai & Tomauchi	175,68
Strato 17	10,70	23,52	1,15	1,83	1,25	Imai & Tomauchi	192,80
Strato 18	10,84	17,45	0,88	1,88	1,28	Imai &	160,66

Strato 20	11,42	28,21	1,04	1,98	1,33	Tomauchi Imai & Tomauchi	215,45
Strato 21	13,36	18,24	1,22	2,20	1,44	Imai & Tomauchi	165,06
Strato 22	13,56	13,99	1,05	2,40	1,54	Imai & Tomauchi	140,36
Strato 23	13,92	13,53	0,68	2,46	1,56	Imai & Tomauchi	137,52
Strato 24	14,18	10,30	0,56	2,52	1,59	Imai & Tomauchi	116,41
Strato 25	15,24	11,62	0,50	2,64	1,64	Imai & Tomauchi	125,31
Strato 26	16,14	16,62	0,97	2,82	1,73	Imai & Tomauchi	155,94
Strato 27	17,24	12,64	0,57	3,01	1,82	Imai & Tomauchi	131,92
Strato 28	17,64	8,19	0,24	3,15	1,88	Imai & Tomauchi	101,20
Strato 30	18,02	14,17	0,38	3,25	1,93	Imai & Tomauchi	141,46
Strato 32	18,46	35,06	1,17	3,34	1,98	Imai & Tomauchi	246,06

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0,16	6,06	0,10	0,01	0,01	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	1,08	9,09	0,76	0,11	0,11	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	1,42	11,08	0,48	0,23	0,23	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	1,82	6,29	0,33	0,30	0,30	Piacentini Righi 1978	7,97
Strato 5	2,22	3,50	0,38	0,37	0,37	Piacentini Righi 1978	7,45
Strato 6	2,40	5,63	0,35	0,42	0,42	Piacentini Righi 1978	6,04
Strato 7	4,32	3,72	0,31	0,59	0,59	Piacentini Righi 1978	3,73
Strato 8	5,86	3,84	0,16	0,88	0,84	Piacentini Righi 1978	1,28
Strato 9	6,02	3,44	0,17	1,02	0,90	Piacentini Righi 1978	1,28
Strato 10	7,78	3,95	0,12	1,17	0,96	Piacentini Righi 1978	0,83
Strato 11	7,94	4,46	0,28	1,33	1,02	Piacentini Righi 1978	1,89
Strato 12	8,48	4,59	0,18	1,39	1,05	Piacentini Righi 1978	1,15
Strato 13	8,82	8,09	0,32	1,47	1,08	Piacentini Righi 1978	2,05
Strato 14	9,14	12,69	0,47	1,53	1,11	Piacentini Righi 1978	2,98
Strato 15	10,04	17,20	0,66	1,64	1,16	Piacentini Righi 1978	3,99

Strato 16	10,38	20,20	0,60	1,77	1,22	Piacentini Righi 1978	3,45
Strato 17	10,70	23,52	1,15	1,83	1,25	Piacentini Righi 1978	6,44
Strato 18	10,84	17,45	0,88	1,88	1,28	Piacentini Righi 1978	4,85
Strato 20	11,42	28,21	1,04	1,98	1,33	Piacentini Righi 1978	5,48
Strato 21	13,36	18,24	1,22	2,20	1,44	Piacentini Righi 1978	5,94
Strato 22	13,56	13,99	1,05	2,40	1,54	Piacentini Righi 1978	4,78
Strato 23	13,92	13,53	0,68	2,46	1,56	Piacentini Righi 1978	3,03
Strato 24	14,18	10,30	0,56	2,52	1,59	Piacentini Righi 1978	2,44
Strato 25	15,24	11,62	0,50	2,64	1,64	Piacentini Righi 1978	2,1
Strato 26	16,14	16,62	0,97	2,82	1,73	Piacentini Righi 1978	3,9
Strato 27	17,24	12,64	0,57	3,01	1,82	Piacentini Righi 1978	2,16
Strato 28	17,64	8,19	0,24	3,15	1,88	Piacentini Righi 1978	0,84
Strato 30	18,02	14,17	0,38	3,25	1,93	Piacentini Righi 1978	1,32
Strato 32	18,46	35,06	1,17	3,34	1,98	Piacentini Righi 1978	4,1

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0,16	6,06	0,10	0,01	0,01	Meyerhof	1,77
Strato 2	1,08	9,09	0,76	0,11	0,11	Meyerhof	1,84
Strato 3	1,42	11,08	0,48	0,23	0,23	Meyerhof	1,87
Strato 4	1,82	6,29	0,33	0,30	0,30	Meyerhof	1,77
Strato 5	2,22	3,50	0,38	0,37	0,37	Meyerhof	1,66
Strato 6	2,40	5,63	0,35	0,42	0,42	Meyerhof	1,75
Strato 7	4,32	3,72	0,31	0,59	0,59	Meyerhof	1,66
Strato 8	5,86	3,84	0,16	0,88	0,84	Meyerhof	1,65
Strato 9	6,02	3,44	0,17	1,02	0,90	Meyerhof	1,63
Strato 10	7,78	3,95	0,12	1,17	0,96	Meyerhof	1,65
Strato 11	7,94	4,46	0,28	1,33	1,02	Meyerhof	1,68
Strato 12	8,48	4,59	0,18	1,39	1,05	Meyerhof	1,68
Strato 13	8,82	8,09	0,32	1,47	1,08	Meyerhof	1,80
Strato 14	9,14	12,69	0,47	1,53	1,11	Meyerhof	1,88
Strato 15	10,04	17,20	0,66	1,64	1,16	Meyerhof	1,94
Strato 16	10,38	20,20	0,60	1,77	1,22	Meyerhof	1,96
Strato 17	10,70	23,52	1,15	1,83	1,25	Meyerhof	1,99
Strato 18	10,84	17,45	0,88	1,88	1,28	Meyerhof	1,94
Strato 20	11,42	28,21	1,04	1,98	1,33	Meyerhof	2,02
Strato 21	13,36	18,24	1,22	2,20	1,44	Meyerhof	1,94
Strato 22	13,56	13,99	1,05	2,40	1,54	Meyerhof	1,89
Strato 23	13,92	13,53	0,68	2,46	1,56	Meyerhof	1,89
Strato 24	14,18	10,30	0,56	2,52	1,59	Meyerhof	1,83
Strato 25	15,24	11,62	0,50	2,64	1,64	Meyerhof	1,86
Strato 26	16,14	16,62	0,97	2,82	1,73	Meyerhof	1,92

Strato 27	17,24	12,64	0,57	3,01	1,82	Meyerhof	1,87
Strato 28	17,64	8,19	0,24	3,15	1,88	Meyerhof	1,78
Strato 30	18,02	14,17	0,38	3,25	1,93	Meyerhof	1,89
Strato 32	18,46	35,06	1,17	3,34	1,98	Meyerhof	2,06

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	0,16	6,06	0,10	0,01	0,01	0,28647	0,03724
Strato 2	1,08	9,09	0,76	0,11	0,11	0,21331	0,02773
Strato 3	1,42	11,08	0,48	0,23	0,23	0,18704	0,02431
Strato 4	1,82	6,29	0,33	0,30	0,30	0,27845	0,0362
Strato 5	2,22	3,50	0,38	0,37	0,37	0,447	0,05811
Strato 6	2,40	5,63	0,35	0,42	0,42	0,30323	0,03942
Strato 7	4,32	3,72	0,31	0,59	0,59	0,42453	0,05519
Strato 8	5,86	3,84	0,16	0,88	0,84	0,41335	0,05374
Strato 9	6,02	3,44	0,17	1,02	0,90	0,45363	0,05897
Strato 10	7,78	3,95	0,12	1,17	0,96	0,40371	0,05248
Strato 11	7,94	4,46	0,28	1,33	1,02	0,36521	0,04748
Strato 12	8,48	4,59	0,18	1,39	1,05	0,35676	0,04638
Strato 13	8,82	8,09	0,32	1,47	1,08	0,2314	0,03008
Strato 14	9,14	12,69	0,47	1,53	1,11	0,17181	0,02233
Strato 15	10,04	17,20	0,66	1,64	1,16	0,14433	0,01876
Strato 16	10,38	20,20	0,60	1,77	1,22	0,13284	0,01727
Strato 17	10,70	23,52	1,15	1,83	1,25	0,12355	0,01606
Strato 18	10,84	17,45	0,88	1,88	1,28	0,14322	0,01862
Strato 20	11,42	28,21	1,04	1,98	1,33	0,11415	0,01484
Strato 21	13,36	18,24	1,22	2,20	1,44	0,13992	0,01819
Strato 22	13,56	13,99	1,05	2,40	1,54	0,16207	0,02107
Strato 23	13,92	13,53	0,68	2,46	1,56	0,1653	0,02149
Strato 24	14,18	10,30	0,56	2,52	1,59	0,19613	0,0255
Strato 25	15,24	11,62	0,50	2,64	1,64	0,18146	0,02359
Strato 26	16,14	16,62	0,97	2,82	1,73	0,14702	0,01911
Strato 27	17,24	12,64	0,57	3,01	1,82	0,17222	0,02239
Strato 28	17,64	8,19	0,24	3,15	1,88	0,22939	0,02982
Strato 30	18,02	14,17	0,38	3,25	1,93	0,16086	0,02091
Strato 32	18,46	35,06	1,17	3,34	1,98	0,11609	0,01509

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0,16	6,06	0,10	0,01	0,01	Meyerhof	1,85
Strato 2	1,08	9,09	0,76	0,11	0,11	Meyerhof	1,92
Strato 3	1,42	11,08	0,48	0,23	0,23	Meyerhof	1,95
Strato 4	1,82	6,29	0,33	0,30	0,30	Meyerhof	1,85
Strato 5	2,22	3,50	0,38	0,37	0,37	Meyerhof	1,74
Strato 6	2,40	5,63	0,35	0,42	0,42	Meyerhof	1,83
Strato 7	4,32	3,72	0,31	0,59	0,59	Meyerhof	1,74
Strato 8	5,86	3,84	0,16	0,88	0,84	Meyerhof	1,73
Strato 9	6,02	3,44	0,17	1,02	0,90	Meyerhof	1,71
Strato 10	7,78	3,95	0,12	1,17	0,96	Meyerhof	1,73
Strato 11	7,94	4,46	0,28	1,33	1,02	Meyerhof	1,76
Strato 12	8,48	4,59	0,18	1,39	1,05	Meyerhof	1,76
Strato 13	8,82	8,09	0,32	1,47	1,08	Meyerhof	1,88
Strato 14	9,14	12,69	0,47	1,53	1,11	Meyerhof	1,96

Strato 15	10,04	17,20	0,66	1,64	1,16	Meyerhof	2,02
Strato 16	10,38	20,20	0,60	1,77	1,22	Meyerhof	2,04
Strato 17	10,70	23,52	1,15	1,83	1,25	Meyerhof	2,07
Strato 18	10,84	17,45	0,88	1,88	1,28	Meyerhof	2,02
Strato 20	11,42	28,21	1,04	1,98	1,33	Meyerhof	2,10
Strato 21	13,36	18,24	1,22	2,20	1,44	Meyerhof	2,02
Strato 22	13,56	13,99	1,05	2,40	1,54	Meyerhof	1,97
Strato 23	13,92	13,53	0,68	2,46	1,56	Meyerhof	1,97
Strato 24	14,18	10,30	0,56	2,52	1,59	Meyerhof	1,91
Strato 25	15,24	11,62	0,50	2,64	1,64	Meyerhof	1,94
Strato 26	16,14	16,62	0,97	2,82	1,73	Meyerhof	2,00
Strato 27	17,24	12,64	0,57	3,01	1,82	Meyerhof	1,95
Strato 28	17,64	8,19	0,24	3,15	1,88	Meyerhof	1,86
Strato 30	18,02	14,17	0,38	3,25	1,93	Meyerhof	1,97
Strato 32	18,46	35,06	1,17	3,34	1,98	Meyerhof	2,14

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	0,16	6,06	0,10	0,01	0,01	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	100,66
Strato 2	1,08	9,09	0,76	0,11	0,11	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	151,26
Strato 3	1,42	11,08	0,48	0,23	0,23	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	175,54
Strato 4	1,82	6,29	0,33	0,30	0,30	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	165,01
Strato 5	2,22	3,50	0,38	0,37	0,37	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	153,35
Strato 6	2,40	5,63	0,35	0,42	0,42	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	170,48
Strato 7	4,32	3,72	0,31	0,59	0,59	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	167,23
Strato 8	5,86	3,84	0,16	0,88	0,84	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	178,08
Strato 9	6,02	3,44	0,17	1,02	0,90	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	176,34
Strato 10	7,78	3,95	0,12	1,17	0,96	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	182,75
Strato 11	7,94	4,46	0,28	1,33	1,02	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	188,70
Strato 12	8,48	4,59	0,18	1,39	1,05	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	190,38
Strato 13	8,82	8,09	0,32	1,47	1,08	Baldi et. al. 1989 Andrus	211,95

Strato 14	9,14	12,69	0,47	1,53	1,11	et. al. 2001 Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	230,87
Strato 15	10,04	17,20	0,66	1,64	1,16	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	245,86
Strato 16	10,38	20,20	0,60	1,77	1,22	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	255,09
Strato 17	10,70	23,52	1,15	1,83	1,25	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	263,30
Strato 18	10,84	17,45	0,88	1,88	1,28	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	250,16
Strato 20	11,42	28,21	1,04	1,98	1,33	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	274,71
Strato 21	13,36	18,24	1,22	2,20	1,44	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	256,97
Strato 22	13,56	13,99	1,05	2,40	1,54	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	247,56
Strato 23	13,92	13,53	0,68	2,46	1,56	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	246,70
Strato 24	14,18	10,30	0,56	2,52	1,59	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	235,46
Strato 25	15,24	11,62	0,50	2,64	1,64	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	241,98
Strato 26	16,14	16,62	0,97	2,82	1,73	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	260,29
Strato 27	17,24	12,64	0,57	3,01	1,82	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	249,71
Strato 28	17,64	8,19	0,24	3,15	1,88	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	232,11
Strato 30	18,02	14,17	0,38	3,25	1,93	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	257,31
Strato 32	18,46	35,06	1,17	3,34	1,98	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	304,35

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 19	11,14	52,03	0,61	1,92	1,30	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	43,59

Strato 29	17,88	28,38	0,27	3,21	1,91	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	20,89
Strato 31	18,34	50,35	0,84	3,29	1,95	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	36,87
Strato 33	19,70	63,37	0,93	3,48	2,05	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	42,69

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 19	11,14	52,03	0,61	1,92	1,30	Durgunouglu -Mitchell 1973	32,2
Strato 29	17,88	28,38	0,27	3,21	1,91	Durgunouglu -Mitchell 1973	27,5
Strato 31	18,34	50,35	0,84	3,29	1,95	Durgunouglu -Mitchell 1973	30,2
Strato 33	19,70	63,37	0,93	3,48	2,05	Durgunouglu -Mitchell 1973	31,1

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 19	11,14	52,03	0,61	1,92	1,30	Robertson & Campanella 1983	104,06
Strato 29	17,88	28,38	0,27	3,21	1,91	Robertson & Campanella 1983	56,76
Strato 31	18,34	50,35	0,84	3,29	1,95	Robertson & Campanella 1983	100,70
Strato 33	19,70	63,37	0,93	3,48	2,05	Robertson & Campanella 1983	126,74

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 19	11,14	52,03	0,61	1,92	1,30	Mitchell & Gardner 1975	88,45
Strato 29	17,88	28,38	0,27	3,21	1,91	Mitchell & Gardner 1975	56,76
Strato 31	18,34	50,35	0,84	3,29	1,95	Mitchell & Gardner	85,59

Strato 33	19,70	63,37	0,93	3,48	2,05	1975 Mitchell & Gardner 1975	107,73
-----------	-------	-------	------	------	------	---------------------------------------	--------

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 19	11,14	52,03	0,61	1,92	1,30	Imai & Tomauchi	313,18
Strato 29	17,88	28,38	0,27	3,21	1,91	Imai & Tomauchi	216,25
Strato 31	18,34	50,35	0,84	3,29	1,95	Imai & Tomauchi	306,96
Strato 33	19,70	63,37	0,93	3,48	2,05	Imai & Tomauchi	353,27

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 19	11,14	52,03	0,61	1,92	1,30	Piacentini Righi 1978	6,11
Strato 29	17,88	28,38	0,27	3,21	1,91	Piacentini Righi 1978	2,09
Strato 31	18,34	50,35	0,84	3,29	1,95	Piacentini Righi 1978	4,64
Strato 33	19,70	63,37	0,93	3,48	2,05	Piacentini Righi 1978	5,15

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 19	11,14	52,03	0,61	1,92	1,30	Kulhawy & Mayne (1990)	0,33
Strato 29	17,88	28,38	0,27	3,21	1,91	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 31	18,34	50,35	0,84	3,29	1,95	Kulhawy & Mayne (1990)	0,25
Strato 33	19,70	63,37	0,93	3,48	2,05	Kulhawy & Mayne (1990)	0,28

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 19	11,14	52,03	0,61	1,92	1,30	0,10472	0,01361
Strato 29	17,88	28,38	0,27	3,21	1,91	0,11386	0,0148
Strato 31	18,34	50,35	0,84	3,29	1,95	0,10551	0,01372

Strato 33	19,70	63,37	0,93	3,48	2,05	0,10051	0,01307
-----------	-------	-------	------	------	------	---------	---------

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 19	11,14	52,03	0,61	1,92	1,30	Meyerhof	1,90
Strato 29	17,88	28,38	0,27	3,21	1,91	Meyerhof	1,90
Strato 31	18,34	50,35	0,84	3,29	1,95	Meyerhof	1,80
Strato 33	19,70	63,37	0,93	3,48	2,05	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 19	11,14	52,03	0,61	1,92	1,30	Meyerhof	2,20
Strato 29	17,88	28,38	0,27	3,21	1,91	Meyerhof	2,20
Strato 31	18,34	50,35	0,84	3,29	1,95	Meyerhof	2,10
Strato 33	19,70	63,37	0,93	3,48	2,05	Meyerhof	2,20

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 19	11,14	52,03	0,61	1,92	1,30	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	340,96
Strato 29	17,88	28,38	0,27	3,21	1,91	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	307,23
Strato 31	18,34	50,35	0,84	3,29	1,95	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	355,75
Strato 33	19,70	63,37	0,93	3,48	2,05	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	379,28

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0,16	6,06	0,10	0,01	0,01	Piacentini- Righi 1988	1,87E-03
Strato 2	1,08	9,09	0,76	0,11	0,11	Piacentini- Righi 1988	1,00E-11
Strato 3	1,42	11,08	0,48	0,23	0,23	Piacentini- Righi 1988	3,56E-08
Strato 4	1,82	6,29	0,33	0,30	0,30	Piacentini- Righi 1988	1,02E-09
Strato 5	2,22	3,50	0,38	0,37	0,37	Piacentini- Righi 1988	1,00E-11
Strato 6	2,40	5,63	0,35	0,42	0,42	Piacentini- Righi 1988	1,60E-11
Strato 7	4,32	3,72	0,31	0,59	0,59	Piacentini- Righi 1988	1,00E-11

Strato 8	5,86	3,84	0,16	0,88	0,84	Piacentini-Righi 1988	1,08E-07
Strato 9	6,02	3,44	0,17	1,02	0,90	Piacentini-Righi 1988	4,99E-09
Strato 10	7,78	3,95	0,12	1,17	0,96	Piacentini-Righi 1988	9,05E-06
Strato 11	7,94	4,46	0,28	1,33	1,02	Piacentini-Righi 1988	1,58E-11
Strato 12	8,48	4,59	0,18	1,39	1,05	Piacentini-Righi 1988	2,77E-07
Strato 13	8,82	8,09	0,32	1,47	1,08	Piacentini-Righi 1988	2,06E-07
Strato 14	9,14	12,69	0,47	1,53	1,11	Piacentini-Righi 1988	4,90E-07
Strato 15	10,04	17,20	0,66	1,64	1,16	Piacentini-Righi 1988	2,31E-07
Strato 16	10,38	20,20	0,60	1,77	1,22	Piacentini-Righi 1988	8,98E-06
Strato 17	10,70	23,52	1,15	1,83	1,25	Piacentini-Righi 1988	9,11E-10
Strato 18	10,84	17,45	0,88	1,88	1,28	Piacentini-Righi 1988	7,50E-10
Strato 19	11,14	52,03	0,61	1,92	1,30	Piacentini-Righi 1988	1,00E-03
Strato 20	11,42	28,21	1,04	1,98	1,33	Piacentini-Righi 1988	3,04E-07
Strato 21	13,36	18,24	1,22	2,20	1,44	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 22	13,56	13,99	1,05	2,40	1,54	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 23	13,92	13,53	0,68	2,46	1,56	Piacentini-Righi 1988	1,23E-09
Strato 24	14,18	10,30	0,56	2,52	1,59	Piacentini-Righi 1988	2,58E-10
Strato 25	15,24	11,62	0,50	2,64	1,64	Piacentini-Righi 1988	3,92E-08
Strato 26	16,14	16,62	0,97	2,82	1,73	Piacentini-Righi 1988	1,24E-11
Strato 27	17,24	12,64	0,57	3,01	1,82	Piacentini-Righi 1988	1,46E-08
Strato 28	17,64	8,19	0,24	3,15	1,88	Piacentini-Righi 1988	1,28E-05
Strato 29	17,88	28,38	0,27	3,21	1,91	Piacentini-Righi 1988	1,00E-03
Strato 30	18,02	14,17	0,38	3,25	1,93	Piacentini-Righi 1988	3,19E-05
Strato 31	18,34	50,35	0,84	3,29	1,95	Piacentini-Righi 1988	1,58E-03
Strato 32	18,46	35,06	1,17	3,34	1,98	Piacentini-Righi 1988	1,30E-06
Strato 33	19,70	63,37	0,93	3,48	2,05	Piacentini-Righi 1988	3,46E-03

Coefficiente di consolidazione

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazio ne (cm ² /s)
---------------------	-----------------------------	-----------------------------	--	--	--------------	--

Strato 1	0,16	6,06	0,10	0,01	0,01	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 2	1,08	9,09	0,76	0,11	0,11	Piacentini-Righi 1988	2,727E-07
Strato 3	1,42	11,08	0,48	0,23	0,23	Piacentini-Righi 1988	1,184817E-03
Strato 4	1,82	6,29	0,33	0,30	0,30	Piacentini-Righi 1988	1,933262E-05
Strato 5	2,22	3,50	0,38	0,37	0,37	Piacentini-Righi 1988	1,05E-07
Strato 6	2,40	5,63	0,35	0,42	0,42	Piacentini-Righi 1988	2,694399E-07
Strato 7	4,32	3,72	0,31	0,59	0,59	Piacentini-Righi 1988	1,116E-07
Strato 8	5,86	3,84	0,16	0,88	0,84	Piacentini-Righi 1988	1,24661E-03
Strato 9	6,02	3,44	0,17	1,02	0,90	Piacentini-Righi 1988	5,151564E-05
Strato 10	7,78	3,95	0,12	1,17	0,96	Piacentini-Righi 1988	0,107195
Strato 11	7,94	4,46	0,28	1,33	1,02	Piacentini-Righi 1988	2,114904E-07
Strato 12	8,48	4,59	0,18	1,39	1,05	Piacentini-Righi 1988	3,807476E-03
Strato 13	8,82	8,09	0,32	1,47	1,08	Piacentini-Righi 1988	5,002338E-03
Strato 14	9,14	12,69	0,47	1,53	1,11	Piacentini-Righi 1988	1,866164E-02
Strato 15	10,04	17,20	0,66	1,64	1,16	Piacentini-Righi 1988	1,193091E-02
Strato 16	10,38	20,20	0,60	1,77	1,22	Piacentini-Righi 1988	0,543889
Strato 17	10,70	23,52	1,15	1,83	1,25	Piacentini-Righi 1988	6,431009E-05
Strato 18	10,84	17,45	0,88	1,88	1,28	Piacentini-Righi 1988	3,925367E-05
Strato 19	11,14	52,03	0,61	1,92	1,30	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 20	11,42	28,21	1,04	1,98	1,33	Piacentini-Righi 1988	2,572385E-02
Strato 21	13,36	18,24	1,22	2,20	1,44	Piacentini-Righi 1988	5,472E-07
Strato 22	13,56	13,99	1,05	2,40	1,54	Piacentini-Righi 1988	4,197E-07
Strato 23	13,92	13,53	0,68	2,46	1,56	Piacentini-Righi 1988	5,007584E-05
Strato 24	14,18	10,30	0,56	2,52	1,59	Piacentini-Righi 1988	7,971059E-06
Strato 25	15,24	11,62	0,50	2,64	1,64	Piacentini-Righi 1988	1,36535E-03
Strato 26	16,14	16,62	0,97	2,82	1,73	Piacentini-Righi 1988	6,174965E-07
Strato 27	17,24	12,64	0,57	3,01	1,82	Piacentini-Righi 1988	5,550975E-04
Strato 28	17,64	8,19	0,24	3,15	1,88	Piacentini-Righi 1988	0,3153495
Strato 29	17,88	28,38	0,27	3,21	1,91	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 30	18,02	14,17	0,38	3,25	1,93	Piacentini-	1,355333

Strato 31	18,34	50,35	0,84	3,29	1,95	Righi 1988 Piacentini- Righi 1988	0
Strato 32	18,46	35,06	1,17	3,34	1,98	Piacentini- Righi 1988	0,1364019
Strato 33	19,70	63,37	0,93	3,48	2,05	Piacentini- Righi 1988	0

Indice

1.Coesione non drenata	1
2.Modulo Edometrico	2
3.Modulo di deformazione non drenato Eu	4
4.Modulo di deformazione a taglio	5
5.Grado di sovraconsolidazione	6
6.Peso unità di volume	7
7.Fattori di compressibilità C Crm	8
8.Peso unità di volume saturo	8
9.Velocità onde di taglio	9
10.Densità relativa	11
11.Angolo di resistenza al taglio	11
12.Modulo di Young	11
13.Modulo Edometrico	11
14.Modulo di deformazione a taglio	12
15.Grado di sovraconsolidazione	12
16.Modulo di reazione Ko	12
17.Fattori di compressibilità C Crm	13
18.Peso unità di volume	13
19.Peso unità di volume saturo	13
20.Velocità onde di taglio.	13
21.Permeabilità	13
22.Coefficiente di consolidazione	15
Indice	17

12. MODELLO IDROGEOLOGICO DELL'AREA

Nel territorio in cui l'area è inserita, l'andamento, la profondità e la direzione della falda freatica, sono legati oltre che agli eventi meteorici, anche alla rete di canali e di scoli presenti. La falda freatica, ubicata nel livello più superficiale della serie idrogeologica locale, ha caratteristiche di falda libera; è delimitata solo inferiormente da un substrato impermeabile, mentre il suo limite superiore (o superficie freatica) è variabile in funzione dell'alimentazione. Dall'analisi comparata tra la morfologia della superficie freatica ed il reticolo idrografico locale, risulta che alcuni corsi d'acqua coincidono con zone di alto della superficie freatica, e quindi con spartiacque sotterranei (cioè zone di alimentazione); appare evidente che il Canale di scolo limitrofo al limite nord del sito) è il corso d'acqua che influenza maggiormente la falda freatica. Altri spartiacque sotterranei coincidono con paleoalvei, costituiti litologicamente da terreni sabbiosi, che divengono vie preferenziali di circolazione idrica alimentante la falda freatica. I rapporti spaziali risultano molto complessi e sono quelli tipici dei sedimenti alluvionali; in generale ci si può ricondurre ad una distribuzione lenticolare con spesse e ramificate interdigitazioni tra i termini prevalentemente argillosi e quelli invece più sabbiosi. Le principali direzioni di drenaggio seguono gli assi direzionali delle canalizzazioni o sono influenzate dalla presenza di impianti idrovori; gli spartiacque coincidono in parte con quelli dei bacini artificiali o con parte di paleoalvei. In linea generale il mezzo poroso è caratterizzato da un litotipo principale, con precise caratteristiche idrodinamiche; tale litotipo è costituito dal vario alternarsi di materiali sia limoso-argillosi impermeabili, che sabbiosi (generalmente sabbie medio-fini, con percentuali variabili della frazione limoso-argillosa).

La falda superficiale, al momento dell'esecuzione delle prove stazionava a quota – 2.00 m da p.c. attuale.

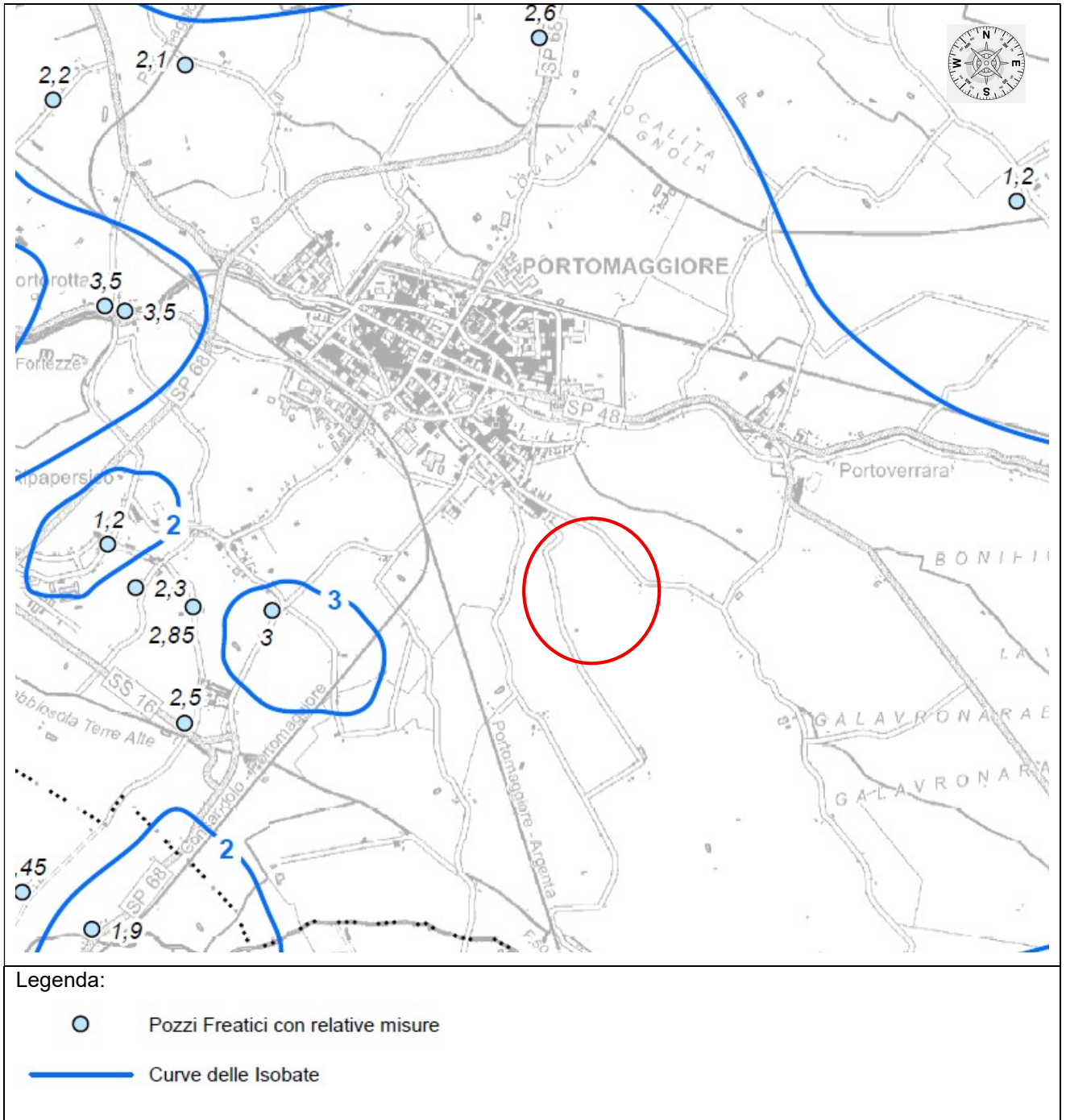


Fig. 14 – carta isobate della superficie freatica del sito indagato, tratto da MZS. Scala 1:35.000, ridotta del 20%. Area di studio, cerchiata in rosso, in figura.

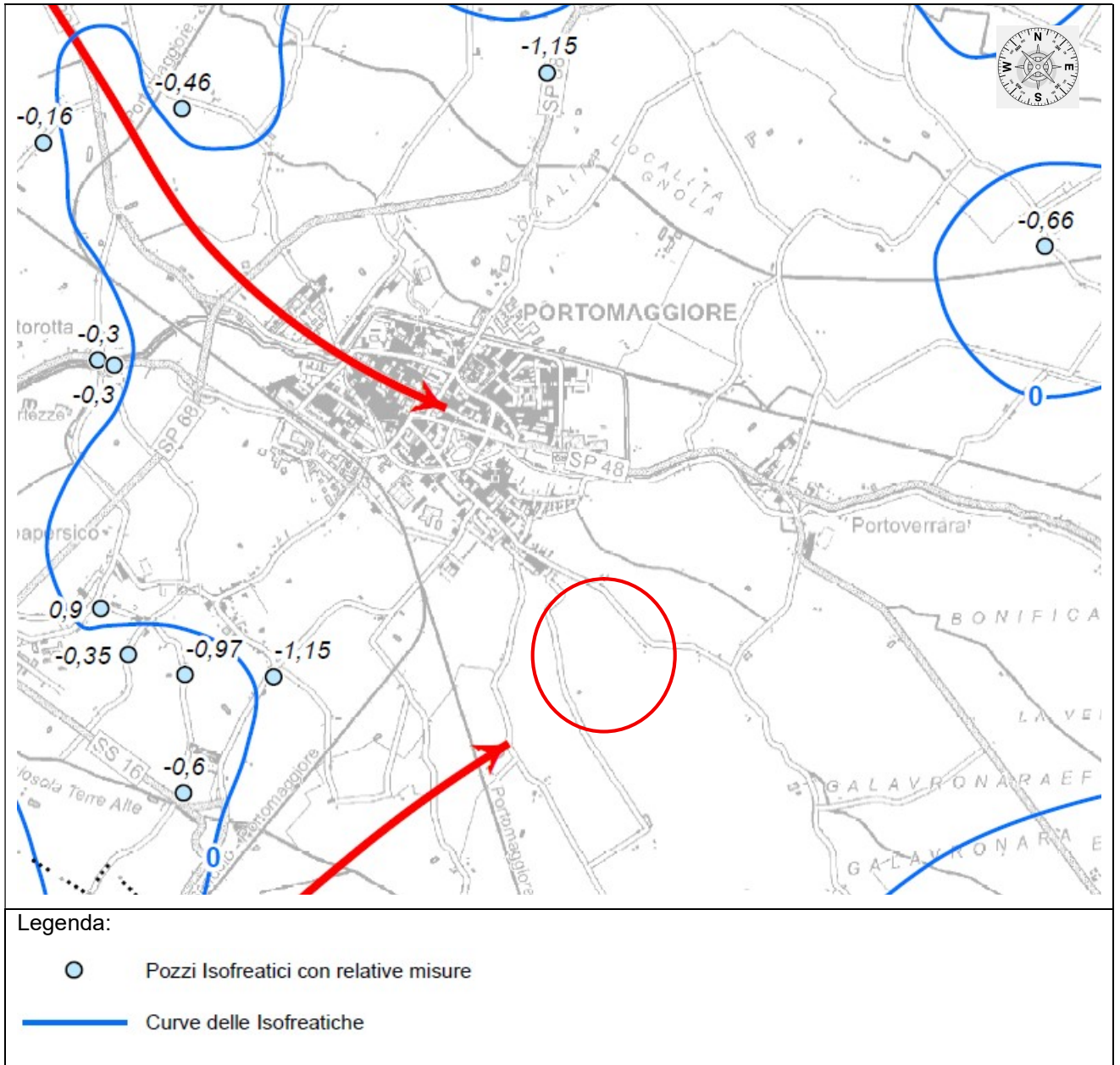


Fig. 14A – carta isobate delle isofreatiche del sito indagato, tratto da MZS. Scala 1:35.000, ridotta del 20% . Area di studio, cerchiata in rosso, in figura.

13. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI

Nel sito indagato è in progetto la realizzazione di un impianto solare agrivoltaico avanzato.

In base al presente documento, allo stato attuale, ed in base a tutti gli strumenti urbanistici comunali e sovra comunali, NON si sono riscontrate criticità naturali e/o geologiche che possano precludere all'intervento in oggetto.

Va precisato però, che in fase progettuale dovrà porsi attenzione nello studio dell'allontanamento e corretta regimazione delle acque di prima pioggia, questo in relazione anche alle quote topografiche.

La falda, al momento dell'esecuzione della prova, stazionava mediamente a quota media di -2,00 m da p.c., ma tale livello è stato influenzato dalle anomali precipitazioni annuali e, pertanto, il livello andrà eventualmente verificato in fase esecutiva.

Le caratteristiche litostratigrafiche esaminate per mezzo del rapporto di Begemann (1965), in corrispondenza delle verticali delle prove CPT eseguite, così come confermato anche dalla elaborazione delle cptu della banca dati geognostica della Regione Emilia Romagna, indicano la presenza di materiali prevalentemente coesivi (argille inorganiche a tratti debolmente limose, talora passanti a limi argillosi con intercalazioni di limi sabbiosi).

Le caratteristiche specifiche sono riportate nelle pagine precedenti.

Da un punto di vista cautelativo, confermato comunque anche dalle elaborazioni delle indagini CPT eseguite e da dati bibliografici di altre indagini eseguite in zona, si assume per il sito indagato un suolo tipo D, con V_{s30} = variabili da 127 a 161 m/sec (considerando tutte le indagini anche limitrofe)

e con

Magnitudo massima attesa in zona sismogenetica $912 M_w=6.14$

Magnitudo da catalogo dei terremoti storici $M_w=5.6$

Il fattore di amplificazione sismica F.A. è 1.5

Valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo $a_{refg} = 0.133$

Dalle indagini eseguite (Seed & Idris e Tokimatsu e Yoshimi) e dalla cartografia da PSC, l'area indagata non risulta essere oggetto di potenziali fenomeni di liquefazione.

Stima dei valori di permeabilità k

Nella sezione stratigrafica locale, i livelli prevalentemente sabbiosi o a frazione granulare maggiore, sono caratterizzati da medio-alta porosità ed hanno indicativamente valori di permeabilità buoni compresi fra 10^{-3} e 10^{-4} m/s, mentre per le litologie maggiormente coesive, ci si aspetta invece valori molto più bassi compresi tra 10^{-8} e 10^{-9} m/s.

Il modello geologico descritto nel presente lavoro, è valido sia per l'area impianto BESS in progetto che per il suo cavidotto annesso.

Il progettista strutturista, che eseguirà la relazione geotecnica (come da NTC 2018), deve avvalersi della relazione geologica, in cui sono riportate le caratteristiche litologiche, geotecniche e sismiche del sito, per calcolare portanza e cedimenti associati all'intervento in oggetto. Il modello geologico e geotecnico elaborato nella presente relazione è stato eseguito sulla base delle indagini geognostiche che si sono potute eseguire, in proporzione ed in relazione: al tipo di opera e/o intervento indicato dal Progettista; al volume significativo del terreno coinvolto da tale opera.

Qualora nella relazione geotecnica (da redigere a carico del Progettista) si accerti la necessità, in base ad un approccio prestazionale di progettazione (come indicato nelle NTC 2018), di approfondire e migliorare i dati geologici-geotecnici, si dovranno eseguire ulteriori indagini geognostiche integrative a quelle utilizzate per la redazione del presente documento, e redigere una relazione geologica integrativa.

Argenta, il 30/07/2025

Dott. Geol. POLLINI MATTEO

Sondaggio da RER, caratteristico del modello geolitologico locale

PROFONDITA'	PROFILO COLONNARE	INTERPRETAZIONE AMBIENTALE	UNITA' STRATIGRAFICHE	PROFONDITA'	LITOLOGIE PER BANCA DATI	PROFONDITA' STRATI (B.D.)	DESCRIZIONE PER BANCA DATI	STRATIFICAZIONE E STRUTTURE SEDIMENTARIE	COLORE (MUNSELL CHARTS)	CoCO ₃	ORIZZONTI PEDOLOGICI	FIGURE
1				1		0.40	Terr agr.LS	xx	NOCC			
2				2		1.60	LA	xx	SC			C
3				3		2.50	AL/L	sp	NOCC	4		N
4				4		4.20	AL	m	GR			C
5				5		5.40	T/LA	sp	GRIGIO			
6				6		5.90	L/AL	m	NERO	0		
7				7		6.60	LS/SL	sp				
8				8		8.00	SF	m	GRIGIO			
9				9			SM/SF	m				
10				10								
11				11								
12				12		12.20	LS/SL	so	GRIGIO			
13				13		12.80	LA/LS	m	VERDE	4		N
14				14		13.90	LS/SL	so				
15				15		14.40	SF	m	VERDASTRO			
16				16		16.0	SM/SF	m				
17				17		17.0	SF/SL	sp	VERDASTRO			
18				18		17.60	AL	m				
19				19		18.0	L/LS	m	GRIGIO			N
20				20		18.70	LA	m	VERDE			
21				21		20.5	L/LA	m	NERO	0		C
22				22		21.5	LA	m	GRIGIO	3		C
23				23		24.5	L/LS	m	GRIGIO SCURO			Cs
24				24		25.0	LA	sp	GRIGIO	0		C
25				25		26.4	L/LS	m	VERDE	4		C
26				26		27.1	SL	m	NERO	0		C
27				27		28.8	AL/L	m	GRIGIO	4		
28				28		29.0	LS	m	GR/N			
29				29		29.4	AL/LS	sp	NERO	3		
30				30		30.5	SF	m				
31				31		31.2	LS	m	GRIGI SCURO			
32				32		33.0	LA/L	m		4		
33				33		34.0	LS/L	m				
34				34		34.8	AL/L/LS	m				C
35				35		35.4						
36				36		36.0						