

COMUNE NOVI DI MODENA

PROVINCIA DI MODENA

REGIONE EMILIA
ROMAGNA

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO AVANZATO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 24.001,11 kW

Denominazione Impianto:

“NOVI DI MODENA”

Ubicazione:

Comune Novi di Modena (MO)
Via Valle Bassa, snc

ELABORATO

Cod. Doc.: NOV-

Sviluppatore:



GRUPPO GEO S.R.L.
Viale F. Cavallotti, 153
63822 Porto San Giorgio (FM)
ITALY
P.IVA 02572290449

Scala: --

PROGETTO

Data:
15/07/2025

PRELIMINARE



DEFINITIVO



AS BUILT



Richiedente:

LIO ENERGY TAURUS S.R.L.
Via Arrigo Boito, 8
20121 Milano (MI)
ITALY
P.IVA 14219040962

Tecnici e Professionisti:

*Ing. Nicola Ventura:
Iscritto al n.8432 dell'Albo dell'Ordine degli
Ingegneri della Provincia di Bari*

| Revisione | Data | Descrizione | Redatto | Approvato | Autorizzato |
|-----------|------------|---------------------|---------|-----------|-------------|
| 01 | 15/07/2025 | PROGETTO DEFINITIVO | N.V. | N.V. | N.V. |
| 02 | | | | | |
| 03 | | | | | |
| 04 | | | | | |

Il tecnico
Dott. Geol. POLLINI MATTEO

Il Richiedente:
LIO ENERGY TAURUS S.R.L.
(Il legale rappresentante Luca Raineri)

| | | |
|---------------------|--|---------------------|
| ELABORATO XXXXXX | COMUNE di NOVI DI MODENA PROVINCIA DI MODENA | Rev.: 01 |
| GRUPPO GEO | REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO AVANZATO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 24.001,11 KW | Data: 15/07/2025 |
| | | Pagina 2 di 2 |

1. OGGETTO

Il presente documento è parte della documentazione relativa al progetto per la costruzione e l'esercizio di un Impianto Agrivoltaico Avanzato conforme alle vigenti prescrizioni di legge con potenza di picco pari a **24.001,11 kW** da realizzare nel **Comune di Novi di Modena (MO)**.

L'impianto sarà del tipo grid connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, con allaccio in antenna a 36 kV alla rete elettrica di Terna S.p.a.

Porto San Giorgio, li 15/07/2025

In Fede
Il Tecnico
(Dott. Ing. Nicola Ventura)



Allegati:

REGIONE: Emilia Romagna

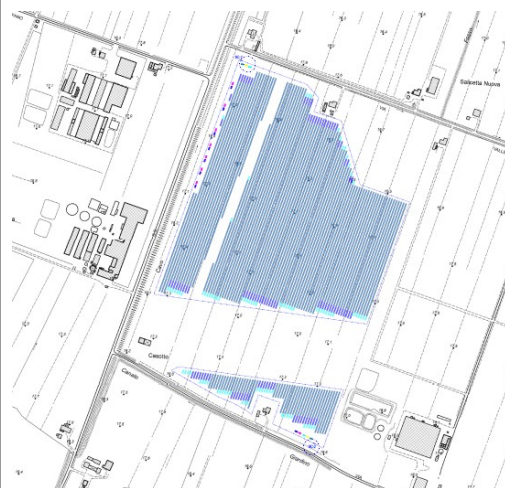
PROVINCIA: Modena

COMUNE: Novi di Modena

RELAZIONE GEOLOGICA - MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA

PROGETTO: REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO AVANZATO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 24.001,11 kW, in comune di Novi di Modena (MO)

Caratterizzazione e modellizzazione geologica, geotecnica e sismica del sito.



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

DATA : 08-07-2025

DOCUMENTO : n. 60-025

COMMITTENTE:

Lio Energy Taurus Srl

Via Arrigo Boito, 8 Milano (MI) 20121

GEOLOGO:

Dr.Geol. Matteo Pollini

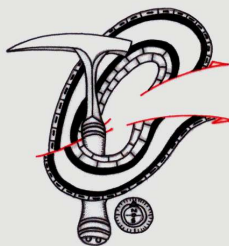


I.GEO.S

- 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..... | 9 |
| 2.5. ANALISI DOCUMENTAZIONE PIANI URBANISTICI | 10 |
| 2.6. ANALISI CARTOGRAFIA PIANI DI BACINO (PAI ; PIAE) | 10 |
| 3. GEOMORFOLOGIA e GEOLOGIA | 14 |
| 3.1. LITOLOGIA DI SUPERFICIE | 24 |
| 3.2.. SUBSIDENZA | 24 |
| 4. TETTONICA LOCALE | 24 |
| 5. CARATTERISTICHE SISMICHE | 25 |
| 6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO IN BASE ALLE N.T.C. 2018 | 32 |
| 7. VERIFICA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE | 34 |
| 8. criticità idrauliche | 40 |
| 9. campagna di indagini | 40 |
| 10. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA..... | 41 |
| 11. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE (MODELLO GEOLOGICO) | 42 |
| 12. MODELLO IDROGEOLOGICO DELL'AREA..... | 54 |
| 13. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI | 56 |

1. PREMESSA

Su incarico di **Lio Energy Taurus Srl** (Via Arrigo Boito, 8 Milano (MI), lo scrivente ha eseguito un'indagine geognostica in un sito sul quale è in progetto la realizzazione di un impianto solare agrivoltaico avanzato. 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 Novi di Modena 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 si trova in territorio comunale di Novi di Modena (MO). L'area indagata si trova a circa 1,5 km a nord nord est dell'abitato sopra citato, tra la Via Provinciale Mantova e via Valle Bassa. In tale sito dovranno essere realizzato un impianto solare agrivoltaico avanzato, 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 10.000 ed una alla scala 1.5.000 (fig. 1 e 2).

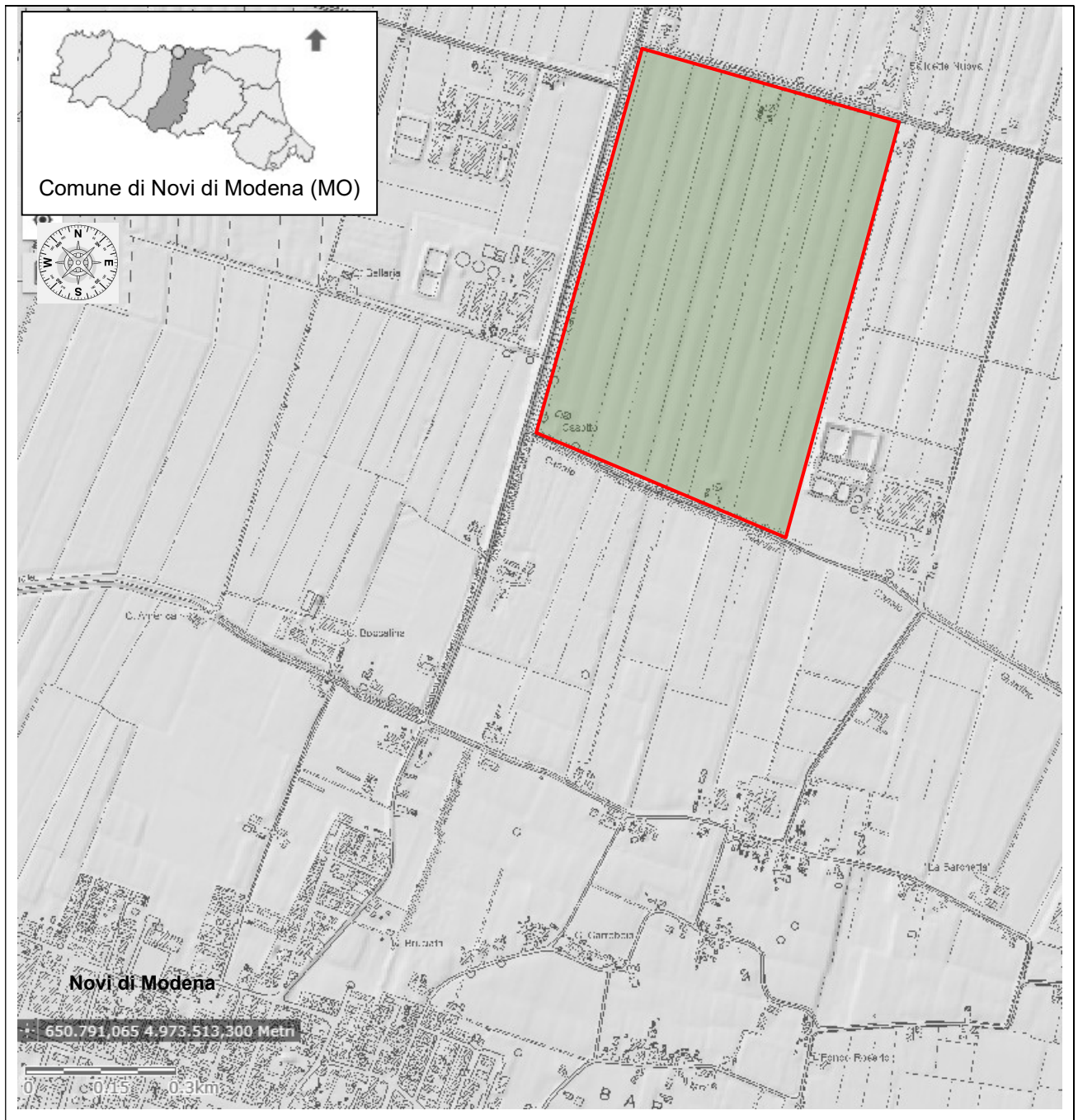


Fig. 1 – Ubicazione dell'area di Studio (comprensiva dei n. 3 sottocampi), con indicazione del sito indagato base cartografica ctr tratta da RER, scala 1:10.000, ridotta del 20%.



Planimetria su carta catastale

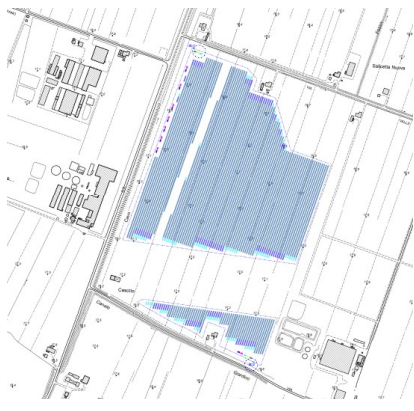


Fig. 2 – Ubicazione dell'area di Studio. ctr scala 1: 5.000, ridotta del 25%;

Viene indicata la posizione delle indagini geognostiche eseguite:

CPT= prova penetrometrica statica;

HVSR = indagine sismica a astazione singola;

S = sondaggio a carotaggio continuo (banca dati RER);

cptu = prova pemetrometrica a punta elettrica (banca dati RER).

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 geotecnici (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 sopra comunale, si fa riferimento a quanto riportato nel PTCP attualmente vigente, della Provincia (<http://www.sistemonet.it/sistemonet/viewSections-action.do?sectionId=6547>)

. Secondo tale strumento, il sito indagato risulta esente da vincoli che possano precludere all’intervento in progetto, ma ha le seguenti caratteristiche:

- Carta Tutela delle risorse paesistiche e storico-culturali- PTCP. L’area indagata, è esente da vincolistica o criticità.
- Carta Rischio sismico, delle aree suscettibili di effetti locali- PTCP. . L’area indagata ricade in zona “7” , ovvero Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione.
 - Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica PTCP. Il sito indagato ricade in zone A4 - Aree a media criticità idraulica con bassa capacità di scorrimento (Art.11).
 - 3.2 Rischio inquinamento acque: zone di protezione delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano PTCP. Il sito indagato è esente da vincoli (non cartografato).

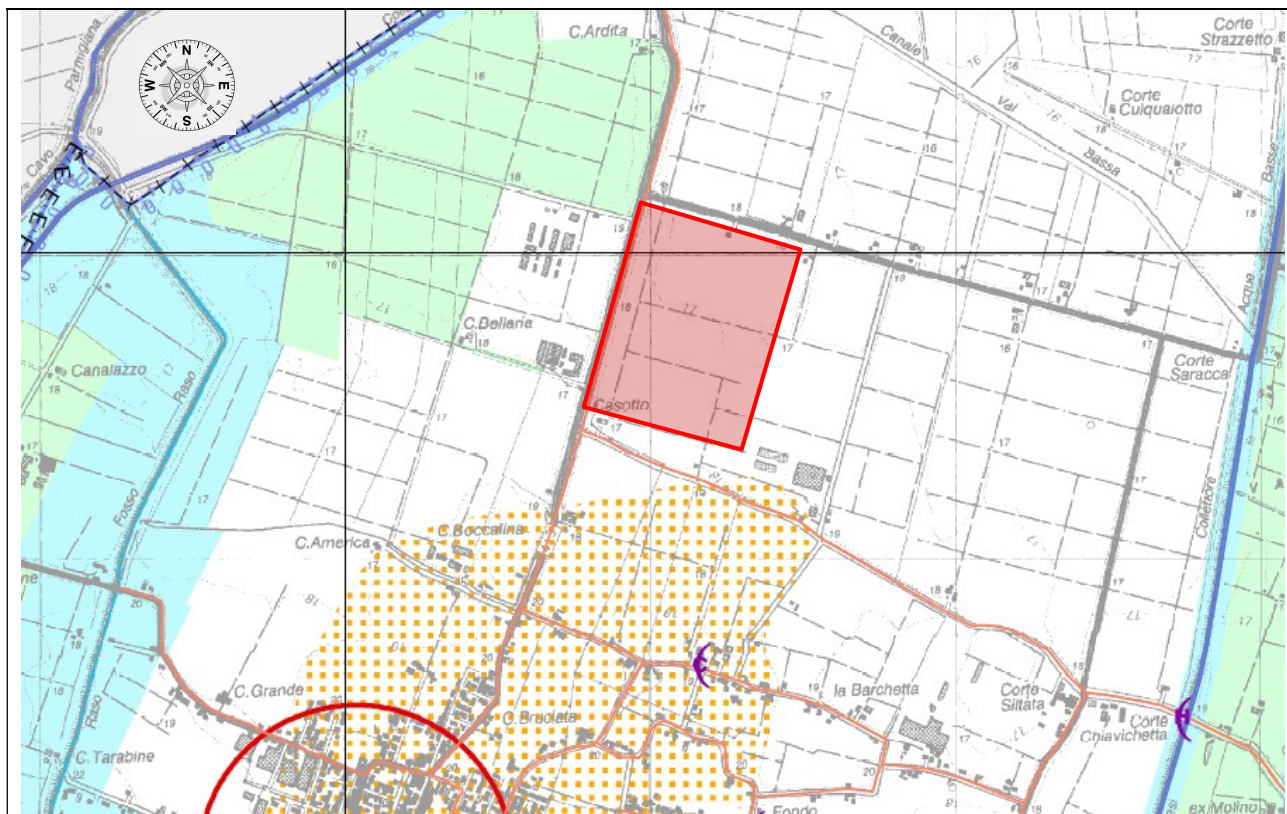


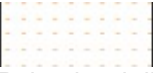
Fig. 3 - Carta Tutela delle risorse paesistiche e storico-culturali- PTCP del sito indagato. Scala 1:25.000, ridotta del del 30%.

Area indagata, perimetrata in rosso, in figura.

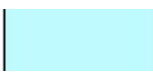
Legenda:



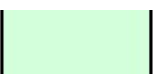
Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art. 10)



Paleodossi di modesta rilevanza (Art. 23A, comma 2, lettera c)



Zone di tutela ordinaria (Art. 9, comma 2, lettera b)



Zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale (Art. 39)



Viabilità storica (Art. 44A)

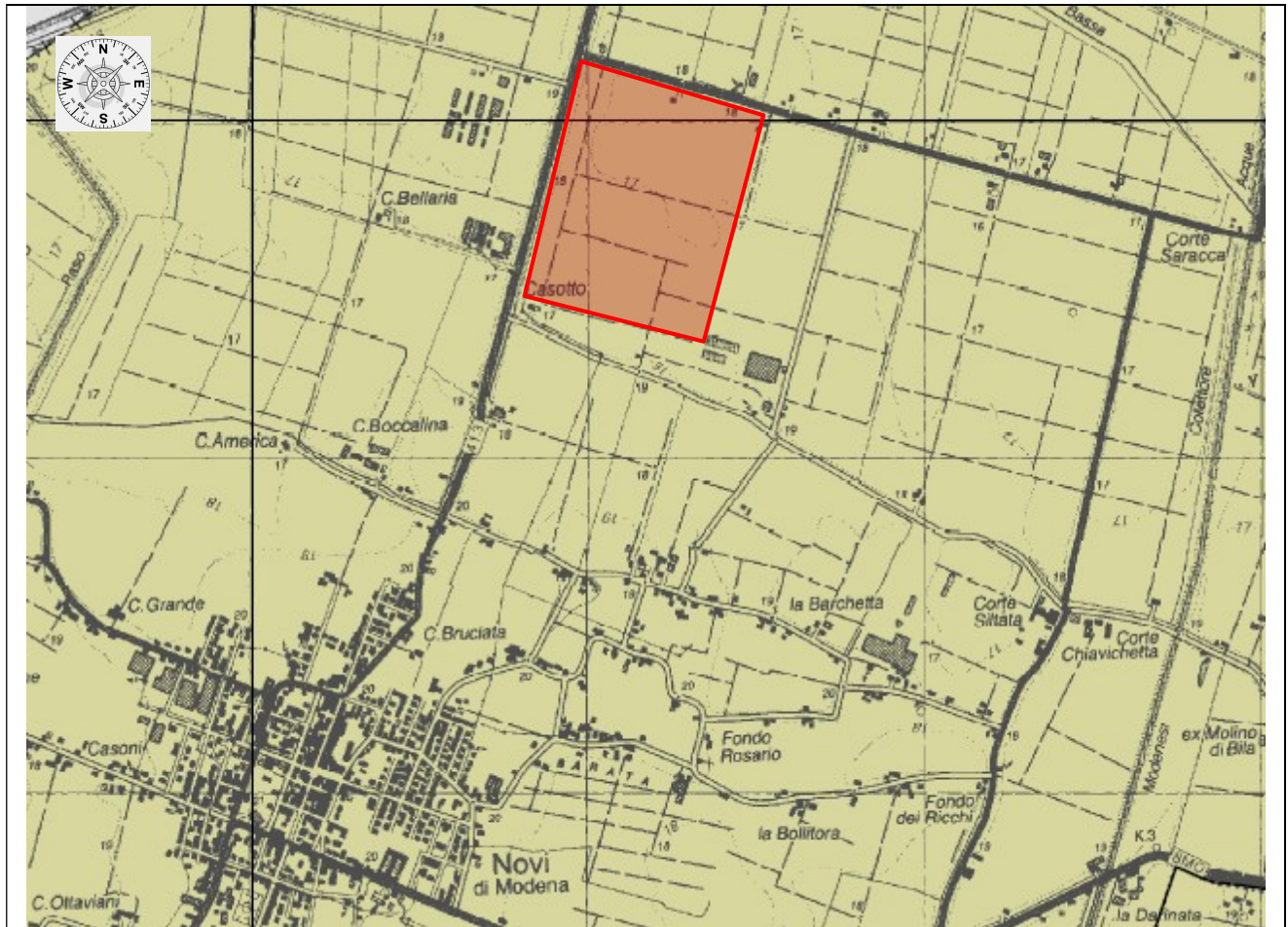


Fig. 3 - Carta Rischio sismico, delle aree suscettibili di effetti locali- PTCP del sito indagato. Scala 1:25.000.

Area indagata, perimetrata in rosso, in figura.

Legenda:



Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti



Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione

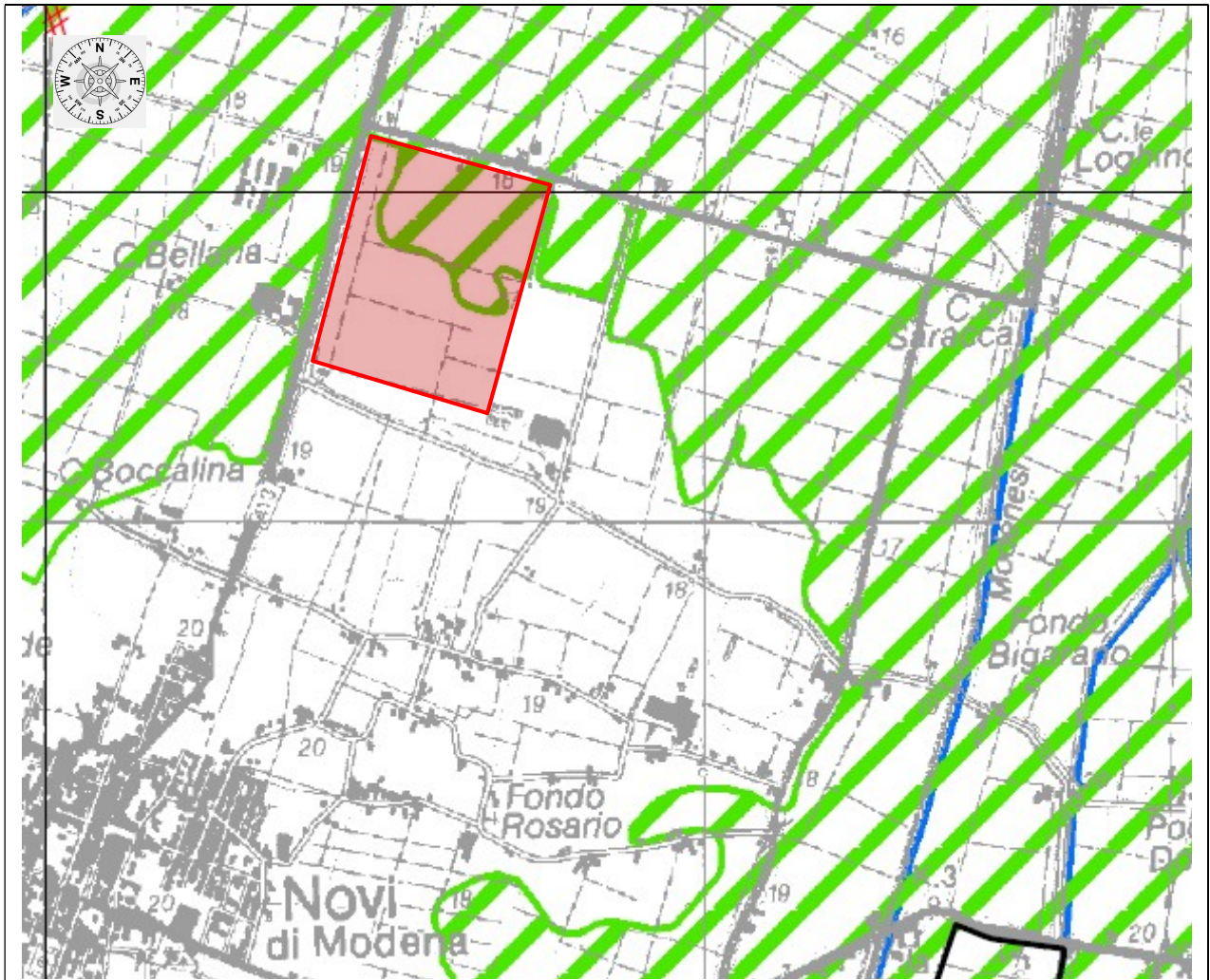


Fig. 4 - Carta Rischio e pericolosità idraulica - PTCP del sito indagato. Scala 1:50.000, ingrandita del 100%.

Area indagata, perimetrata in rosso, in figura.

Legenda:



A4 - Aree a media criticità idraulica con bassa capacità di scorrimento (Art.11)

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.

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 |
|--|---|
| | Novi di Modena (MO) |
| Direttiva alluvioni 2022 Mappa pericolosità | PUOM_Alluvioni_rare_L_P1_ITN008FHMLRPRER_2022 PUOM_Alluvioni_poco_frequenti_M_P2_ITN008FHMMRSPRER_2022 |
| Direttiva alluvioni 2019 Mappa pericolosità | Distretto_idrografico_fiume_Po EESP_Reticolo_Principale_ITN008FRMRERPOLY_2019 EESP_Reticolo_Secondario_di_Pianura_ITN008FRMRERPOLY_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_ITN008FHMLRPRER_2019 |
| Direttiva alluvioni 2019 Mappa rischio | 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 |

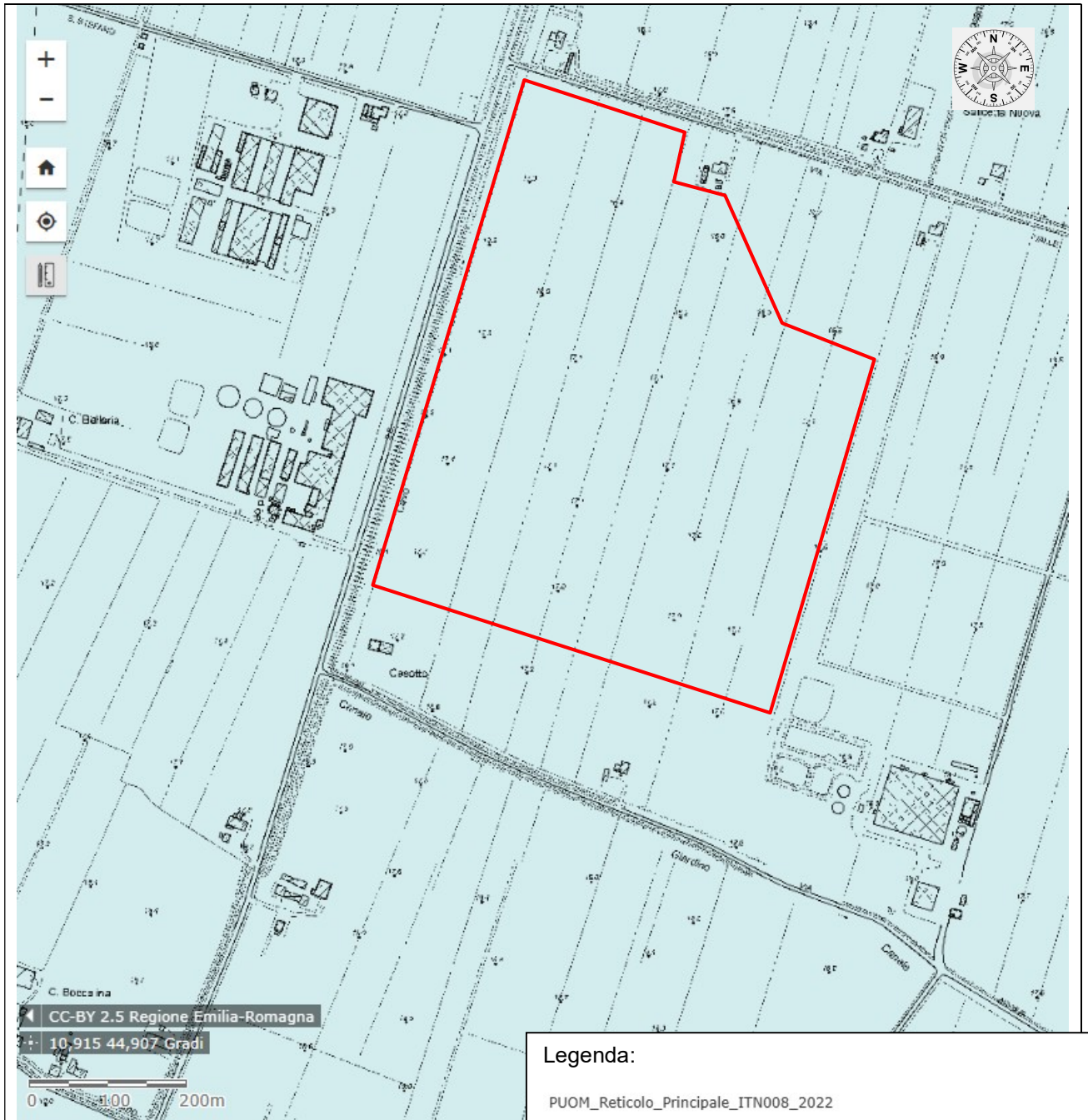
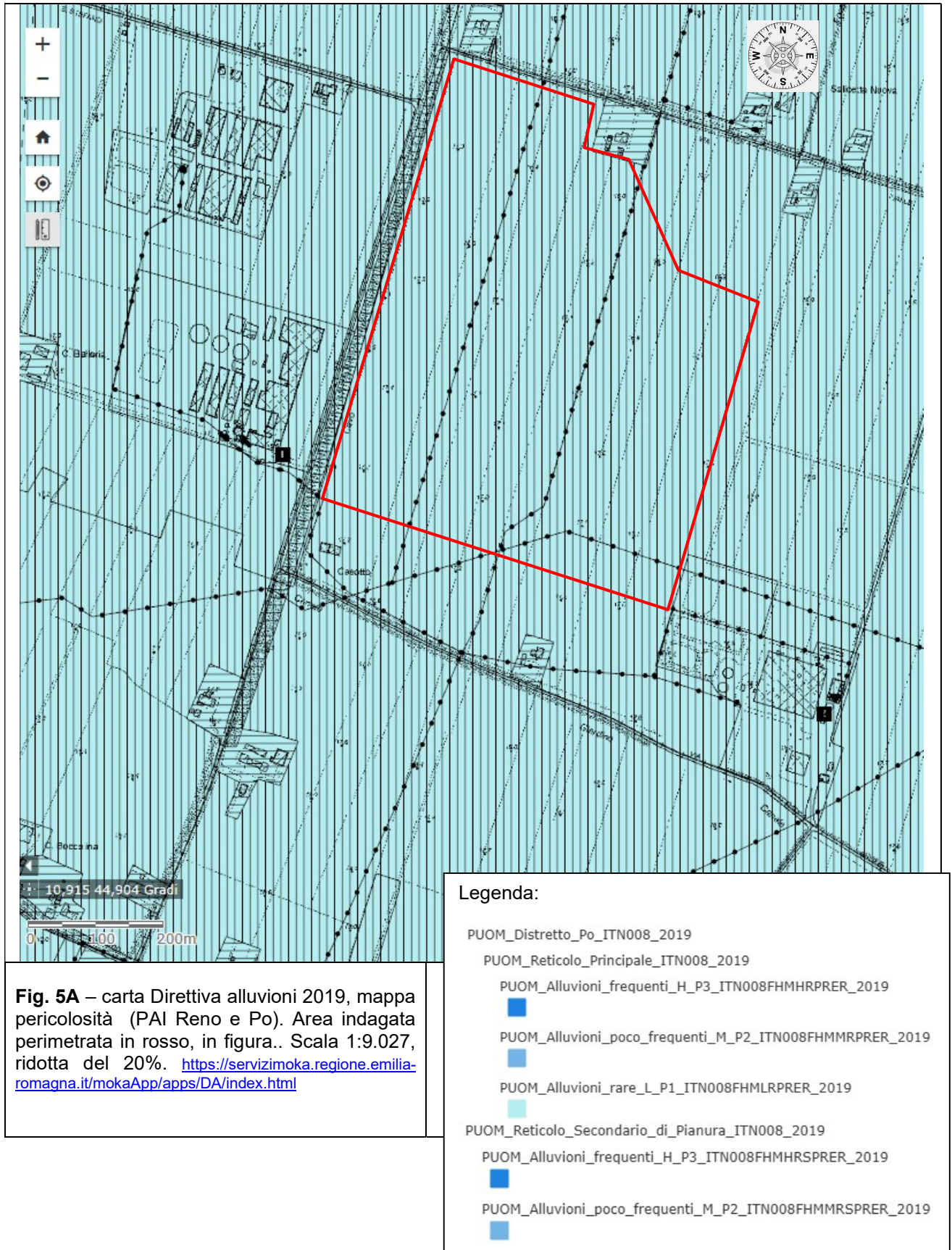
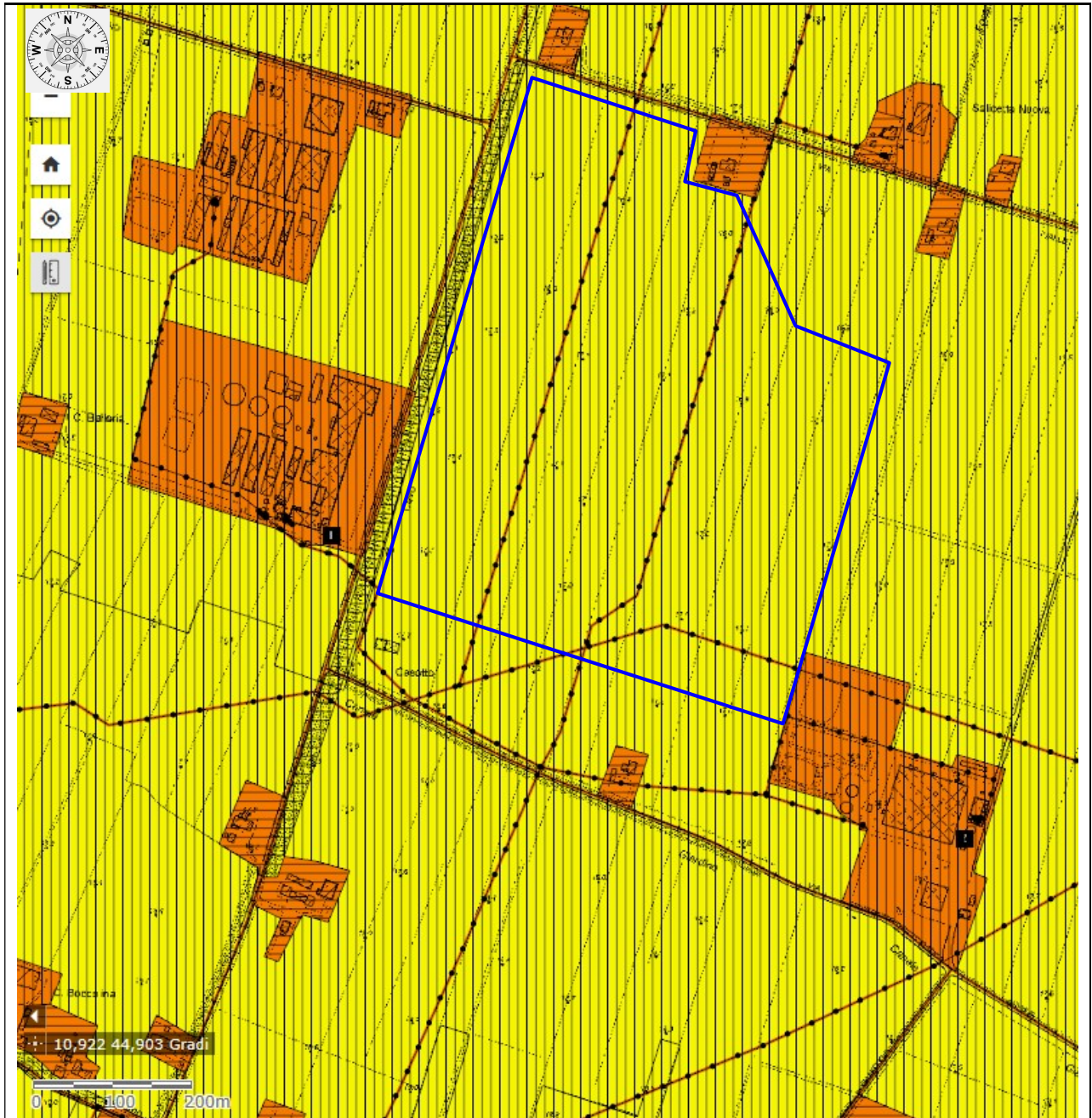


Fig. 5 – carta Direttiva alluvioni 2022, mappa pericolosità (PAI Reno e Po). Area indagata perimetrata in rosso, in figura.. Scala 1:9.027, ridotta del 20%. <https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>

Legenda:

- PUOM_Reticolo_Principale_ITN008_2022
- PUOM_Alluvioni_frequenti_H_P3_ITN008FHMHRPRER_2022
- PUOM_Alluvioni_poco_frequenti_M_P2_ITN008FHMMRPRER_2022
- PUOM_Alluvioni_rare_L_P1_ITN008FHMLRPRER_2022
- PUOM_Reticolo_Secondario_di_Pianura_ITN008_2022
- PUOM_Alluvioni_frequenti_H_P3_ITN008FHMHRSPRER_2022
- PUOM_Alluvioni_poco_frequenti_M_P2_ITN008FHMMRSPRER_2022





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 20%.

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

3. GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA

Dal punto di vista altimetrico, il sito indagato, relativamente al piano campagna attuale, si trova alle quote da + 16 a + 17 metri slm

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 conoide appenninica. 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 corpilenticolari e nastriformi (depositi di canale distributore e di argine). Specificatamente, l'area è caratterizzata dalla contemporanea presenza di elementi appenninici e di elementi di piana alluvionale. La pendenza morfologica media della superficie topografica è dell' 1.5%.

Nell'area in esame, che si trova confinata in un'ampia fascia (detta di media pianura) parallela al margine appenninico, i sedimenti alluvionali sonocostituiti in prevalenza da limi ed argille, talvolta con intercalazioni di lenti sabbiose (sedi di falde superficiali). Sotto questi depositi subsuperficiali si trovano sequenze monotone di limi argillosi con valori di $K = 10^{-9}$ cm/sec, sino ad incontrare a circa m 30 di profondità lenti di spessore variabile da 3 a 4 m, di sabbie grossolane (sedi dei primi acquiferi).

Le forme morfologiche generate attraverso questi processi sono strettamente legate alla dinamica fluviale e si sono manifestate attraverso fasi intense intervallate da lunghi periodi di quiescenza. Pur essendo breve l' intervallo temporale che ha determinato questo modello (dal neolitico all' attuale) è probabile che variazioni climatiche e la subsidenza abbiano giocato un ruolo determinante nel governare la dinamica dei paleoapparati fluviali, i cui risultati finali sono, oltre alle sequenze sedimentarie presenti, le forme osservabili.

Dal punto di vista della formalizzazione stratigrafica le unità costituite dai sedimenti del sottosuolo e presenti anche in affioramento dell'area appartengono al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), parte alta del Sintema Emiliano Romagnolo (AE), in particolare sono state inquadrare nel Subsintema di Ravenna (AES8).

Nell'areale di studio, affiorano i seguenti litotipi:

AES8 – Subsistema di Ravenna: Ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. *Olocene (età radiometrica della base: 11.000 - 8.000 anni).*

AES8a - Unita' di Modena: Nei settori intravallivi ghiaie prevalenti organizzate in 2 ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore sempre affiorante dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro privo di reperti archeologici romani, o piu' antichi, non rimaneggiati. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive e dal contatto netto sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura. Spessore massimo in pianura 7 metri, nel sottosuolo circa 10m. *Età post-romana (IV-VI sec. d.C. - Attuale; datazione archeologica).*

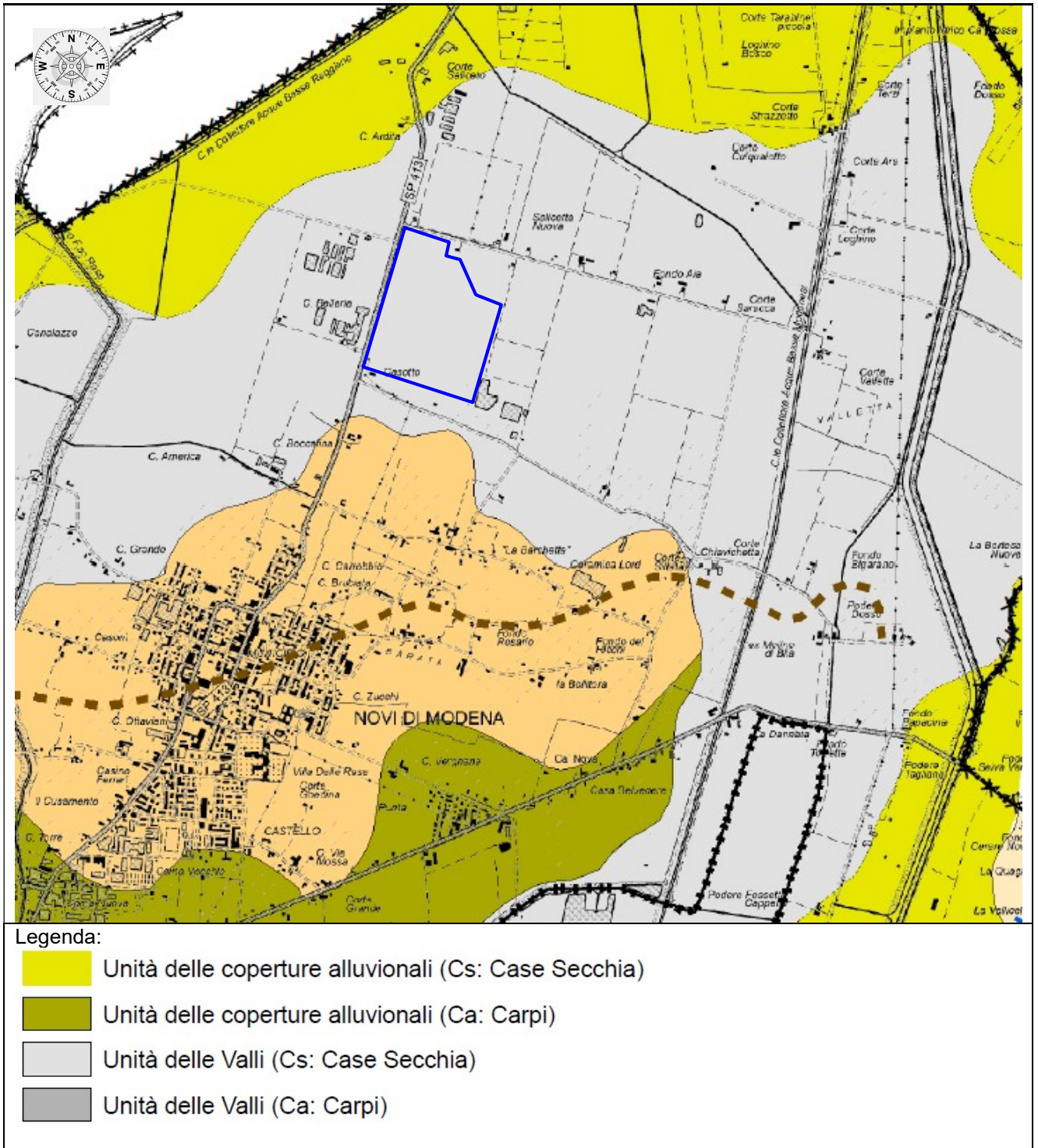


Fig. 6 – carta delle unità geomorfologiche (pug), scala 1:30.000, ridotta del 30% Sito indagato, perimetrato in blu, in figura.

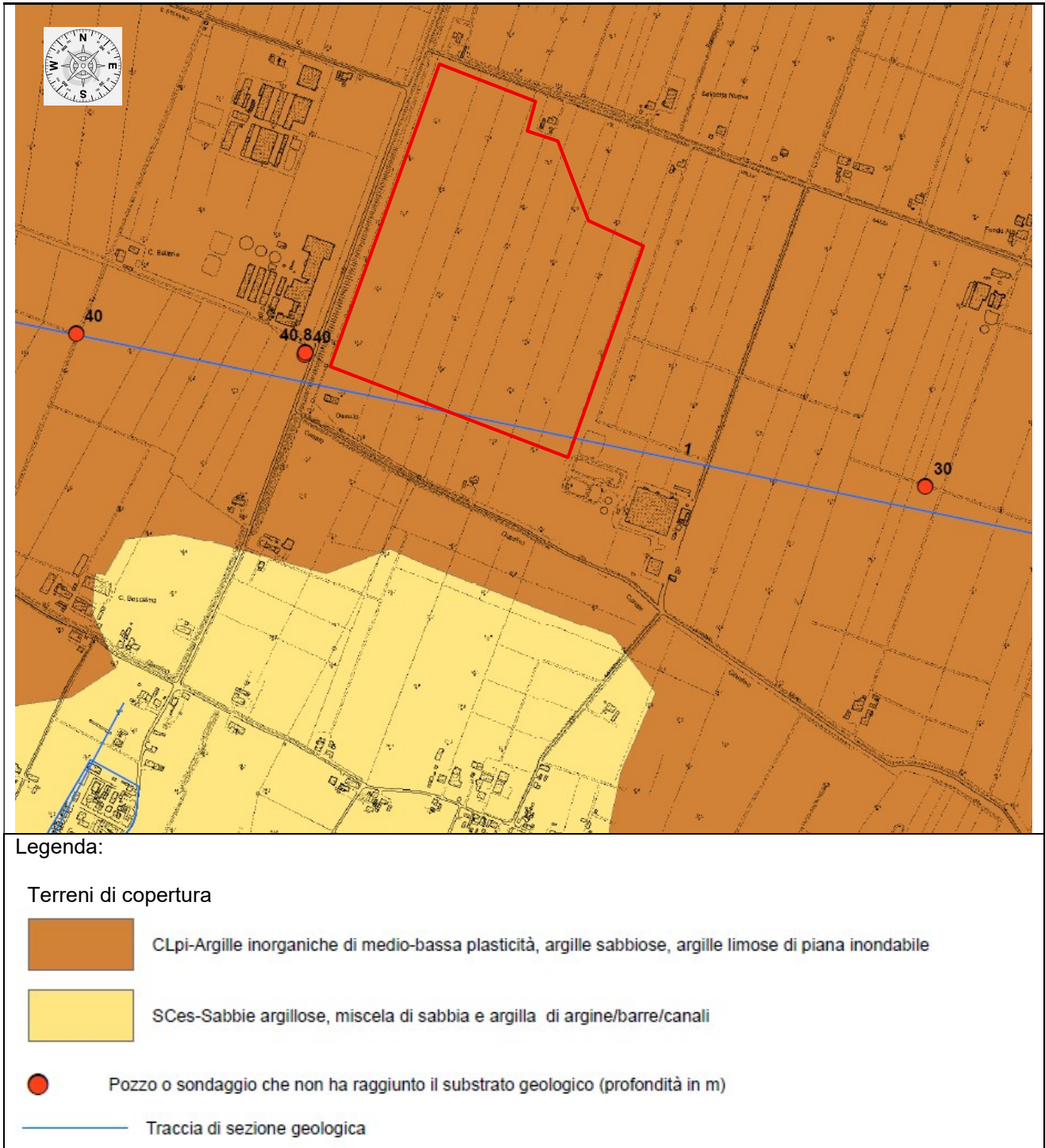
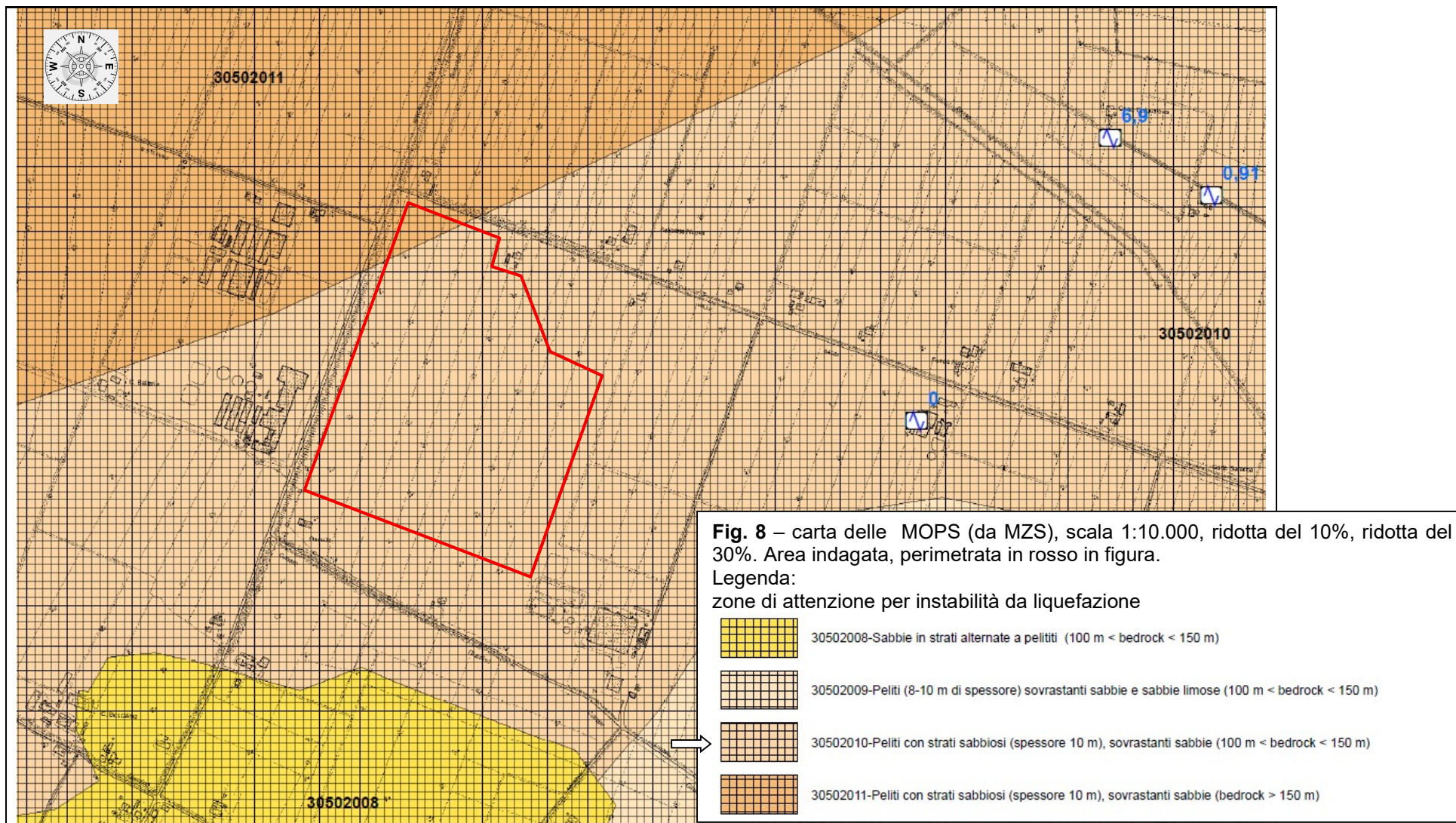


Fig. 7 – carta Geologico tecnica (da MZS), scala 1:10.000, ridotta del 30%. Area indagata, perimetrata in rosso in figura.



MOPS3 (30502003), MOPS10 (30502010) e MOPS11 (30502011):

con esclusione degli areali descritti in precedenza, questi modelli geologici rappresentano la parte settentrionale del territorio comunale che si estende grossomodo dal confine con concordia, ad est, con le Province di Mantova e Reggio Emilia a nord e ad ovest. Il sottosuolo è caratterizzato da una stratigrafia sostanzialmente dicotomica, con peliti appenniniche fino a circa 11 m che sovrastano sabbie padane di spessore plurimetrico alle quali si intercalano radi strati pelitici.

Il sito indagato, fa parte, per il 95% della zona **MOPS10 (30502010)**

| MOPS10 | | | 100 m < Bedrock Sismico < 150 m |
|--------|------|------------------|--|
| Tetto | Base | Sigla Litologica | Descrizione |
| 0 | 11 | CL | Argille, argille limose e limi argillosi |
| 11 | 30 | SM | Sabbie e sabbie limose |
| 30 | 32 | CL | Argille, argille limose e limi argillosi |
| 32 | 40 | SM | Sabbie e sabbie limose |

| MOPS11 | | | Bedrock Sismico > 150 m |
|--------|------|------------------|--|
| Tetto | Base | Sigla Litologica | Descrizione |
| 0 | 11 | CL | Argille, argille limose e limi argillosi |
| 11 | 30 | SM | Sabbie e sabbie limose |
| 30 | 32 | CL | Argille, argille limose e limi argillosi |
| 32 | 40 | SM | Sabbie e sabbie limose |

Modello 14949

| General Settings | | | | |
|------------------|-----------|---------------|--------------------|----------|
| Soil Types | | | | |
| Soil Profile | | | | |
| Motion(s) | | | | |
| Output S | | | | |
| Site Profile | | | | |
| | Depth (m) | Thickness (m) | Soil Type | Vs (m/s) |
| 1 | 0.00 | 4.00 | Argilla limosa | 160.00 |
| 2 | 4.00 | 1.30 | Sabbia limosa | 170.00 |
| 3 | 5.30 | 4.70 | Argilla limosa | 180.00 |
| 4 | 10.00 | 1.50 | Limi sabbiosi | 220.00 |
| 5 | 11.50 | 8.50 | Sabbie | 250.00 |
| 6 | 20.00 | 3.50 | Sabbie con ghiaia | 290.00 |
| 7 | 23.50 | 10.20 | Sabbie | 290.00 |
| 8 | 33.70 | 0.80 | Limo con argilla | 300.00 |
| 9 | 34.50 | 10.50 | Sabbie | 413.00 |
| 10 | 45.00 | 5.00 | Sabbie3 | 450.00 |
| 11 | 50.00 | 30.00 | Sabbie3 | 413.00 |
| 12 | 80.00 | 10.00 | Sabbie con ghiaia | 470.00 |
| 13 | 90.00 | 10.00 | Limo con argilla_M | 500.00 |
| 14 | 100.00 | Half-Space | Bedrock | 820.00 |

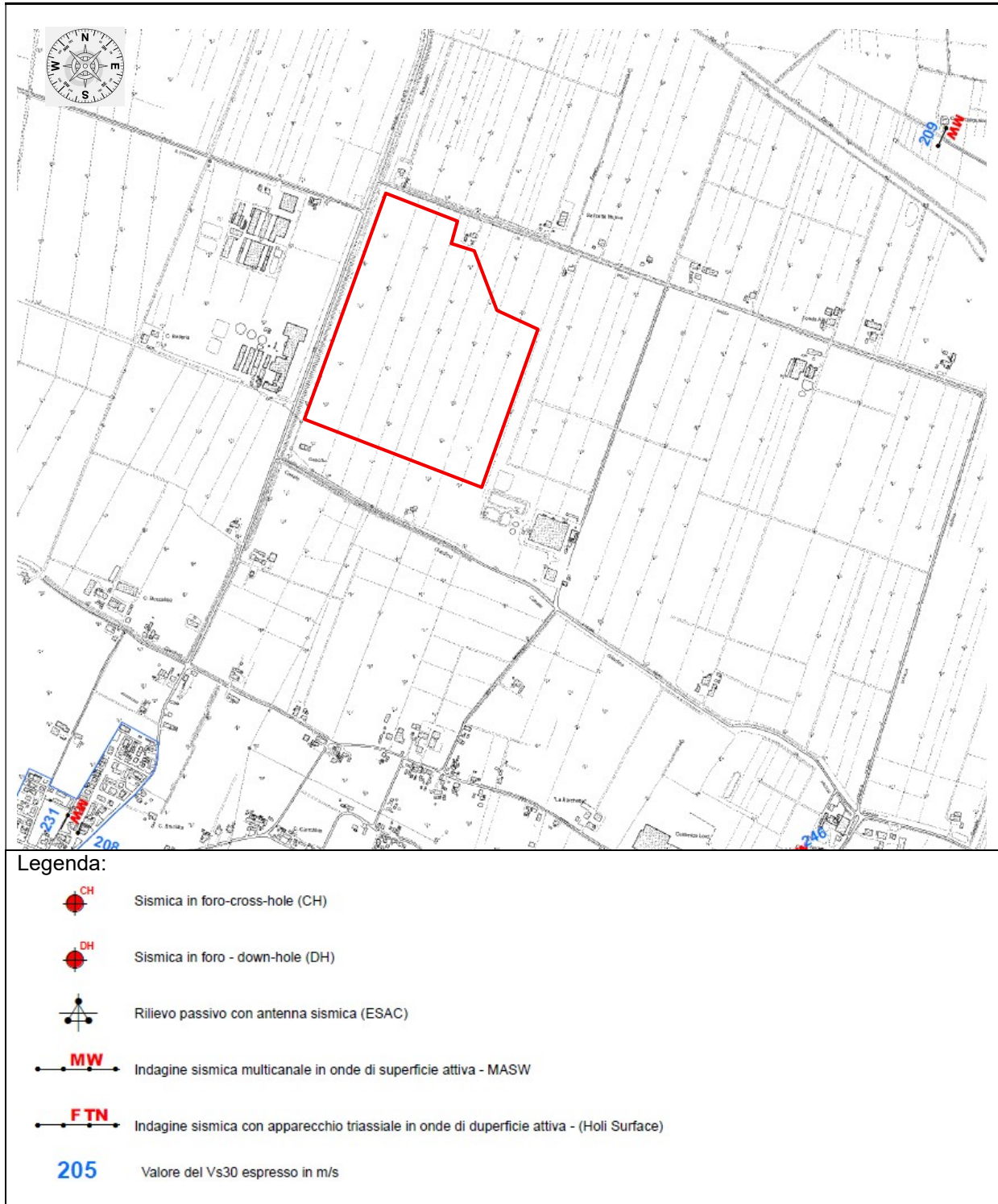


Fig. 9 – carta delle Velocità Vs30 (da MZS), scala 1:10.000, ridotta del 30%. Area indagata, perimetrata in rosso in figura.

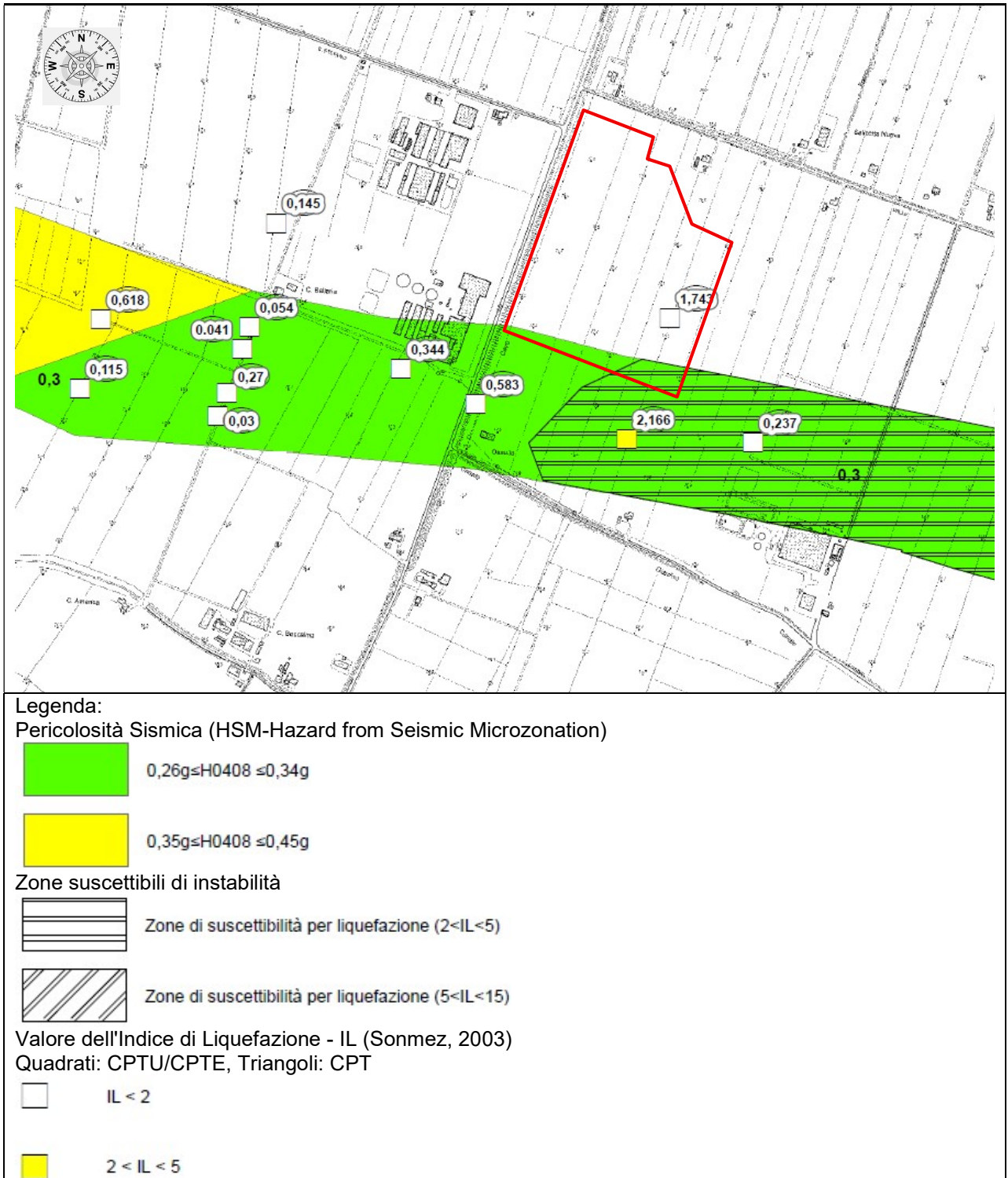


Fig. 10 – carta di pericolosità sismica H0408 (da MZS), scala 1:10.000, ridotta del 10%. Area indagata, perimetrata in rosso in figura.

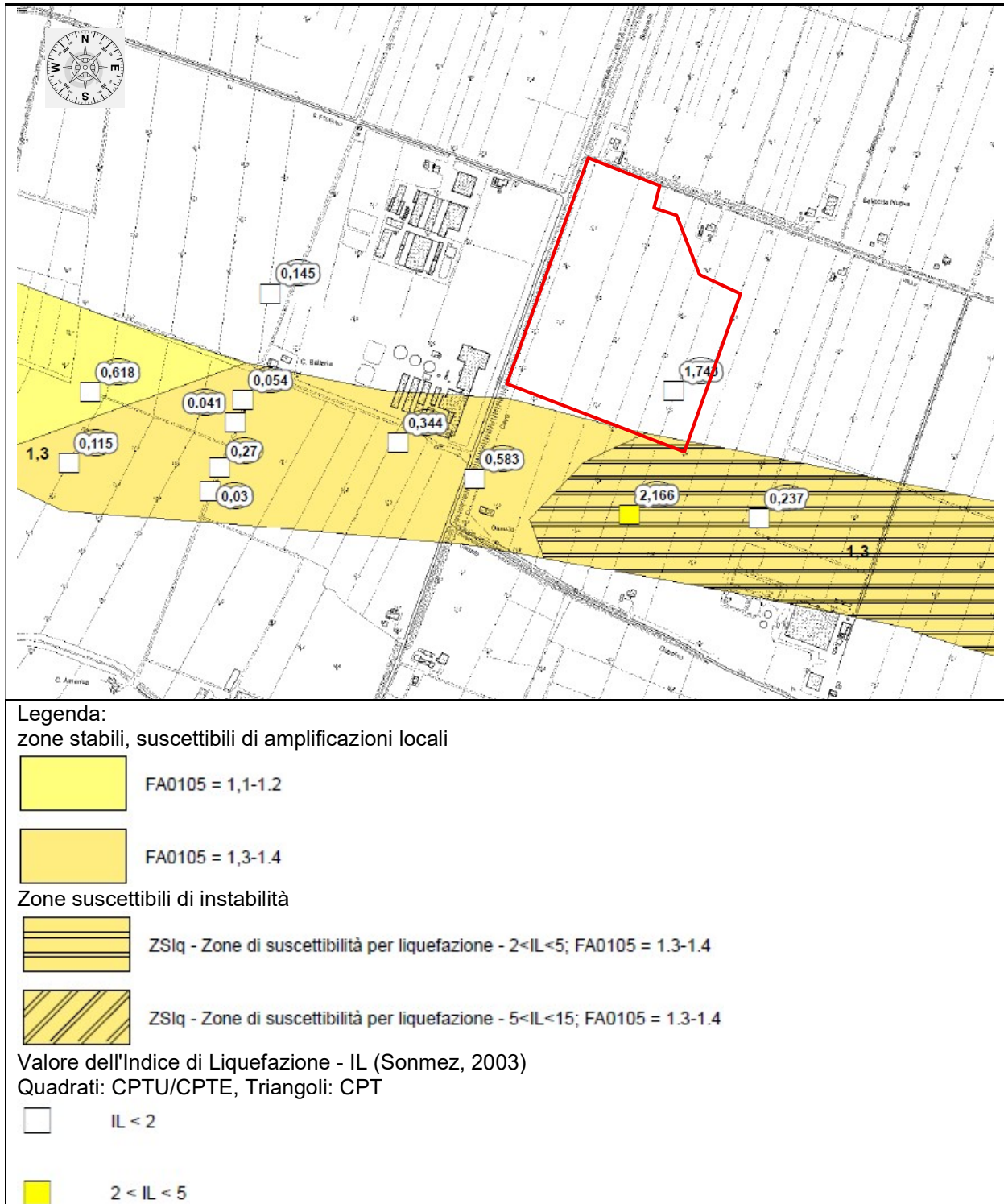


Fig. 11 – carta FA 0.1-05 (da MZS), scala 1:10.000, ridotta del 10%. Area indagata, perimetrata in rosso in figura.

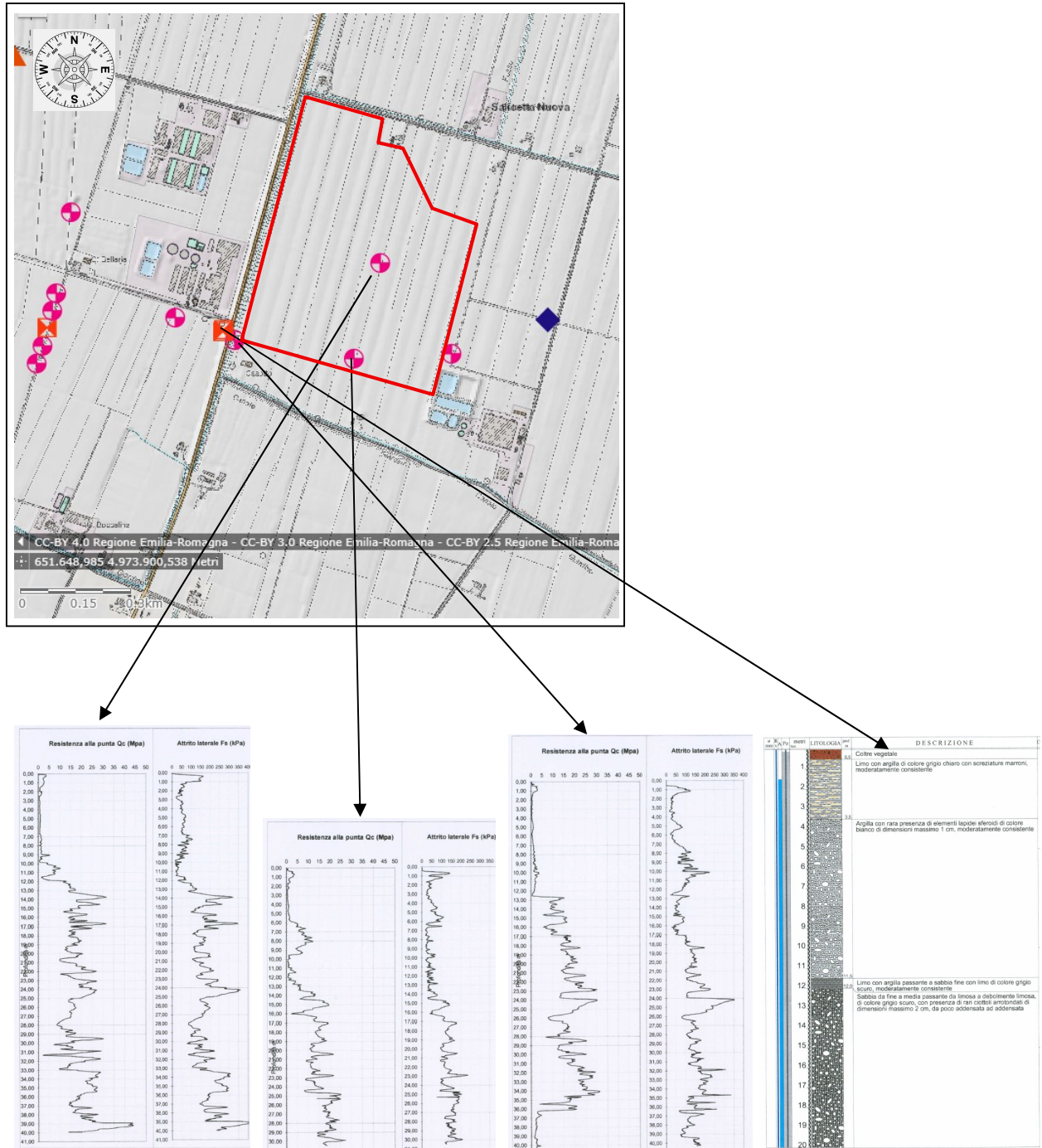


Fig. 12 – carta indagini geognostiche (da RER), in parte utilizzate per la caratterizzazione del sito (perimetrato in rosso, in figura).

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.

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

Si fa riferimento a quanto riportato nella relazione di MZS. La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'ambito territoriale in oggetto al passaggio tra la zona sismogenetica 912, zona di dominio della Dorsale Ferrarese, con il limite alla zona sismogenetica 913, dominio delle Pieghe Pedeappenniniche sia Emiliane che Romagnole.

Si riporta, di seguito, la descrizione dal MZS.

Per quanto riguarda i segnali sismici di riferimento, come già anticipato ad inizio capitolo, sono stati utilizzati quelli allegati alla DGR n. 476 del 12/04/2021 della RER, riferiti a un tempo di ritorno di 475 anni scalati poi con i valori della pericolosità sismica di base:

| | 14948 | 14949 | 15170 | 15171 | 15393 | Novi centro |
|----------------|--------|--------|-------|--------|-------|-------------|
| $a_{base} (g)$ | 0.1332 | 0.1351 | 0.15 | 0.1476 | 0.153 | 0.139 |

Dai valori numerici di questi rapporti spettrali si ottengono i seguenti fattori di amplificazione:



Tabella 4 - Fattori di amplificazione

| | ID 14948 | ID 14949 | ID 15170 | ID 15171 | ID 15393 | Novi centro |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| FA (PGA) in accell. T=0 | 1.35 | 1.40 | 1.35 | 1.40 | 1.35 | 1.50 |
| FA in accell. vari range di T | | | | | | |
| SA1 (0,1÷0,5 s) | 1.2182 | 1.3522 | 1.3031 | 1.3068 | 1.3613 | 1.3790 |
| SA2 (0,4÷0,8 s) | 2.0619 | 1.7549 | 1.6779 | 2.1843 | 1.5843 | 2.1280 |
| SA3 (0,7÷1,1 s) | 2.3704 | 2.0971 | 2.3568 | 2.4463 | 1.8130 | 3.0030 |
| SA4 (0,5÷1,5 s) | 2.2655 | 1.9734 | 2.1031 | 2.3802 | 1.7698 | 2.6315 |
| FH in velocità vari range di T (intensità di Housner) | | | | | | |
| SI1 (0,1÷0,5 s) | 1.3854 | 1.4358 | 1.3776 | 1.4749 | 1.4249 | 1.4746 |
| SI2 (0,5÷1 s) | 2.2606 | 1.9640 | 2.0326 | 2.3418 | 1.7242 | 2.6594 |
| SI3 (0,5÷1,5 s) | 2.3007 | 2.0139 | 2.2429 | 2.4301 | 1.8204 | 2.7172 |

| periodo | Δt (s) | HSM |
|--------------|----------------|-------------|
| 14949 | | |
| 0,1÷0,5 | 0,4 | 0,42 |
| 0,4÷0,8 | 0,4 | 0,3 |
| 0,7÷1,1 | 0,4 | 0,22 |
| 0,5÷1,5 | 1 | 0,2 |

Le recenti Linee guida del 2022, indicano invece di utilizzare valori di accelerazione rapportati all'accelerazione di gravità g , e per il territorio di Novi, sono stati ricavati valori compresi nella classe tra 0.39g e 0.54g corrispondente ad una pericolosità moderata.

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.l* indagine sismica (**RM1**), mediante la tecnica dei microtremori e del metodo Masw (Multi Channel Analysis SurfaceWaves) combinati. 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,

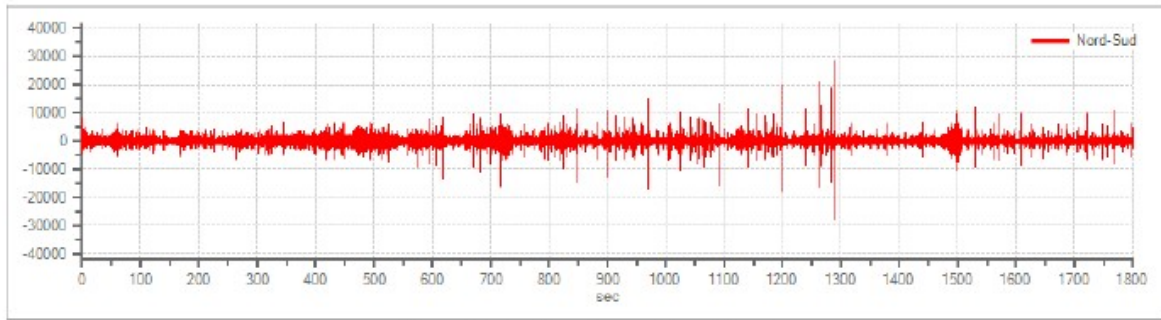
$V(\text{fase})/\text{freq.}$, può essere convertito nel profilo $V_s/\text{profondità}$. Il metodo dei microtremori sfrutta il rumore naturale, mentre il metodo Masw sfrutta sorgenti "attive" (massa battente). Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale.

Modalità esecutive

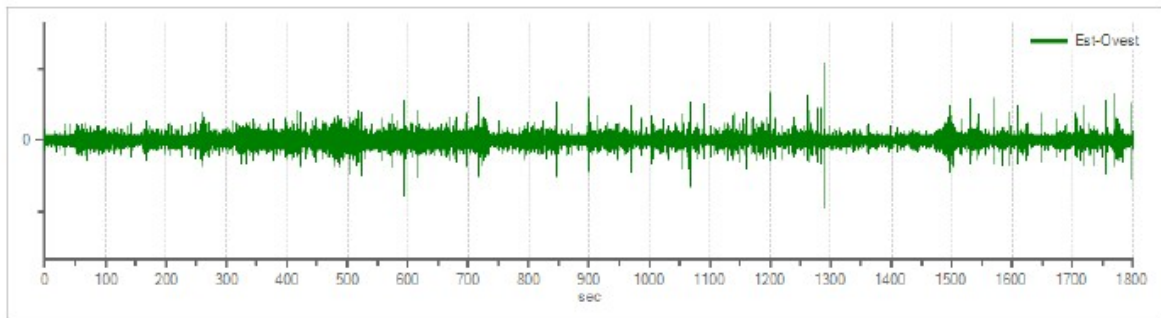
Si è optato per l'analisi delle onde di superficie dal momento che tale tecnica ha dimostrato ampiamente la sua affidabilità e la capacità risolutiva. Il metodo prevede l'utilizzo di strumentazione classica per sismica a rifrazione ad elevata dinamica (24 bits di conversione A/D), con geofoni a bassa 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 con contenuto in frequenza fino a circa 2 Hz. I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati e, grazie ai dati di taratura forniti, è stato possibile ricostruire un modello $V_s/\text{profondità}$ attendibile. Le indagini eseguite hanno permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle V_s fino a circa 48 m (RM1). L'errore RMS calcolato è di 0.7 % per RM1 .

Si riportano, di seguito, le risultanze (da MZS) delle indagini sismiche eseguite da colleghi prossime ed attigue ai siti oggetto del presente studio, ma assolutamente compatibili con esso..

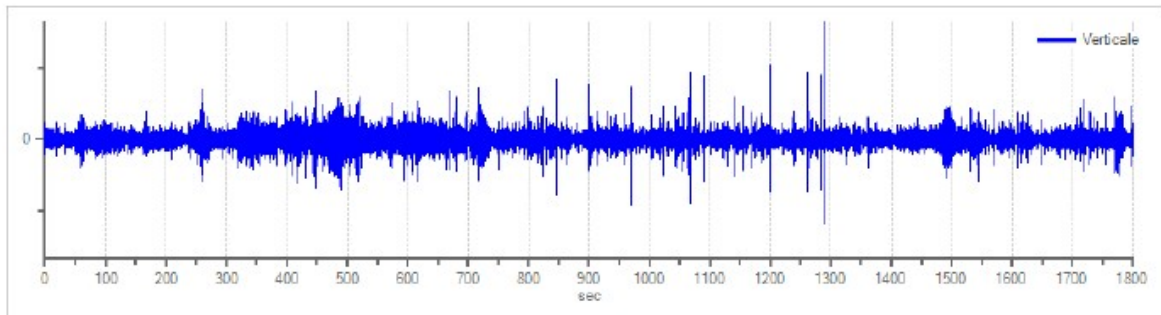
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud

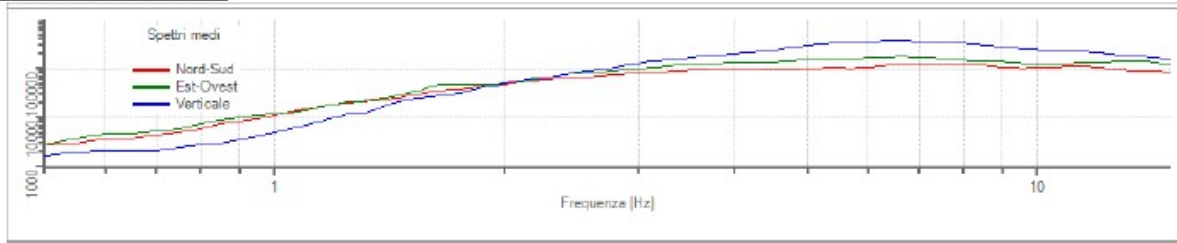


Traccia in direzione Est-Ovest

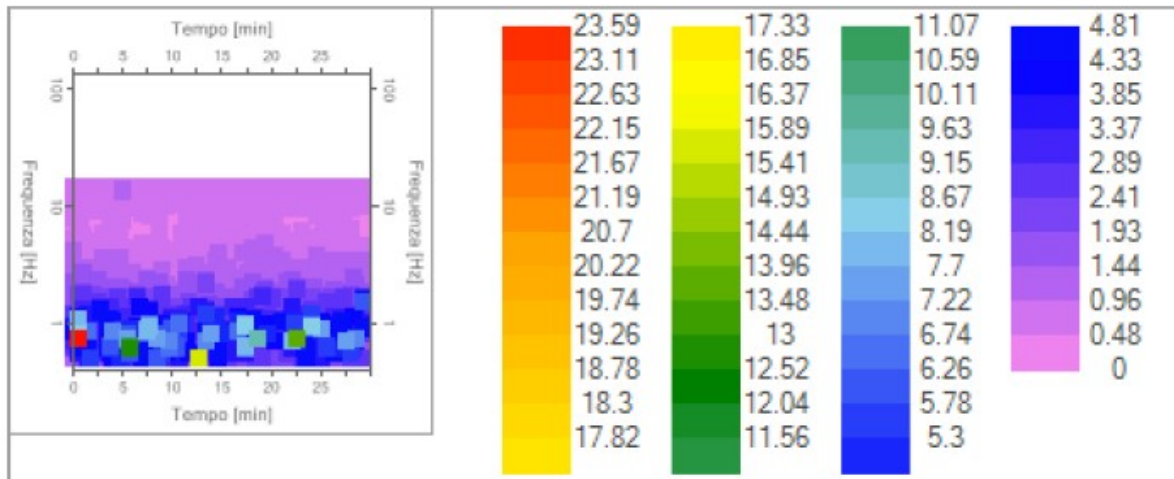


Traccia in direzione Verticale

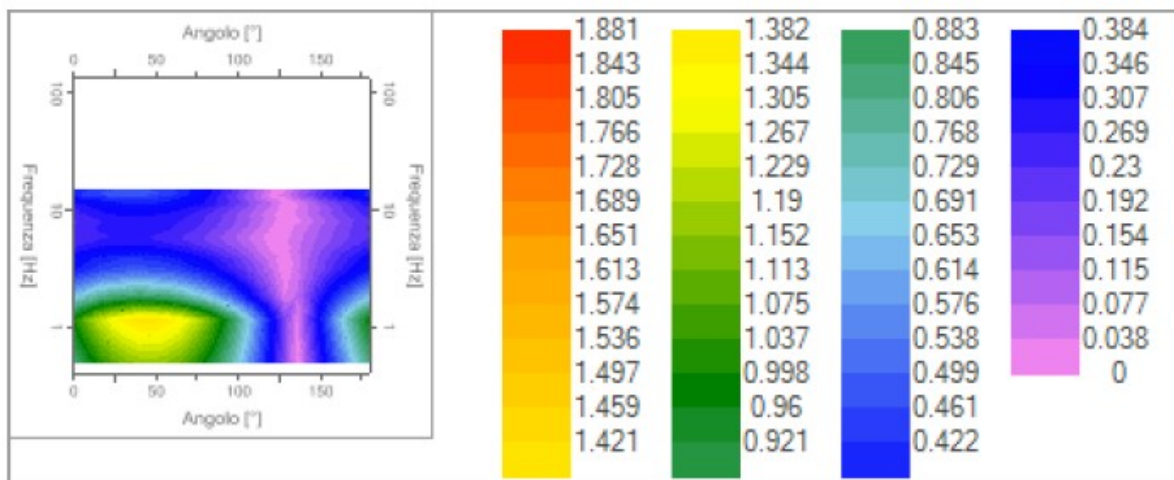
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mapa della stazionarietà degli spettri

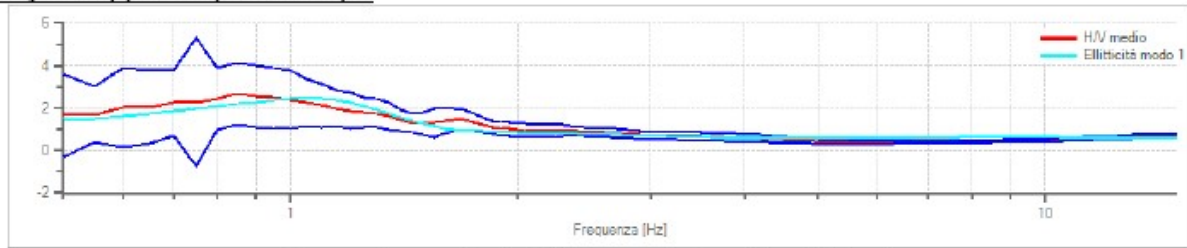


Mapa della direzionalità degli spettri

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 0.85 Hz \pm 0.55 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

| Verifica | Esito |
|---|--------------|
| $f_0 > 10/l_w$ | Ok |
| $n_c(f_0) > 200$ | Ok |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$. | Ok |
| $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$. | Ok |
| $\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ | Ok |
| $\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ | Ok |
| $A_0 > 2$ | Ok |
| $f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | Non superato |
| $\sigma_f < \varepsilon(f)$ | Ok |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | Ok |

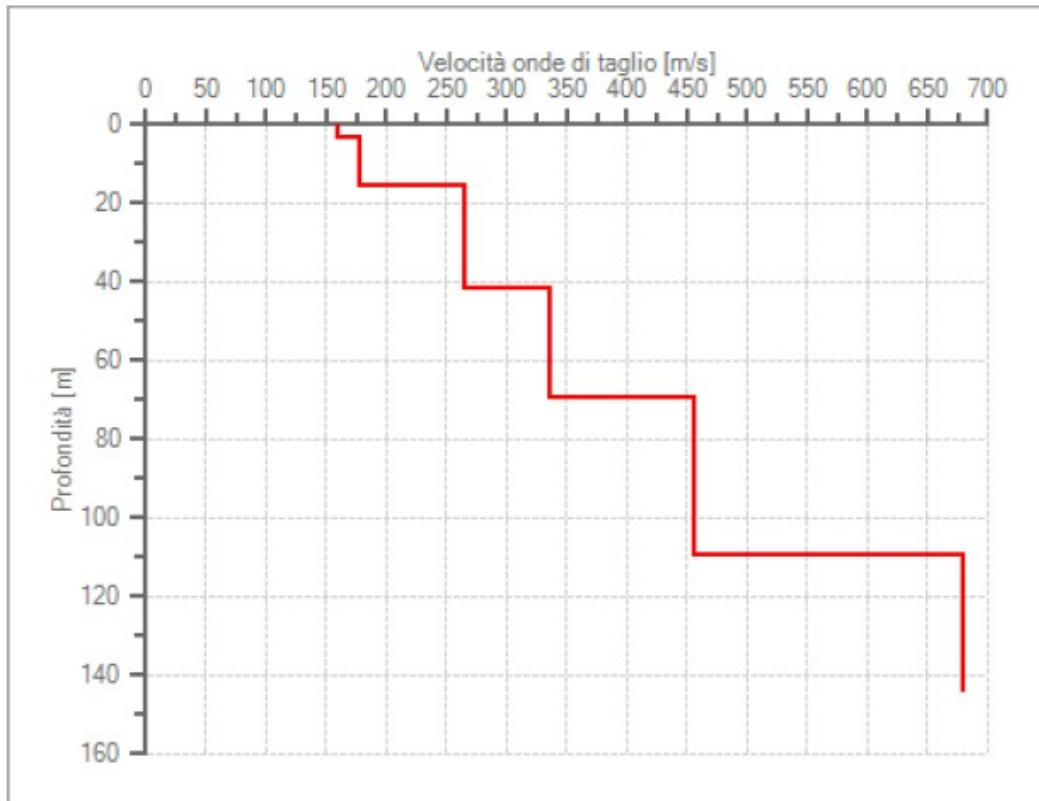
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

| | |
|---------------------------------------|---------|
| Numero strati: | 6 |
| Frequenza del picco dell'ellitticità: | 1.05 Hz |
| Valore di disadattamento: | 0.61 |
| Valore Vs ₃₀ : | 208 m/s |

Dati della stratigrafia:

| Strato | Profondità [m] | Spessore [m] | Peso per Unità di Vol. [kN/m ³] | Coeff. di Poisson | Velocità onde di taglio [m/s] |
|--------|----------------|--------------|---|-------------------|-------------------------------|
| 1 | 0 | 3.5 | 18 | 0.4 | 160 |
| 2 | 3.5 | 12 | 18 | 0.4 | 178 |
| 3 | 15.5 | 26 | 19 | 0.35 | 265 |
| 4 | 41.5 | 28 | 19 | 0.35 | 335 |
| 5 | 69.5 | 40 | 19 | 0.3 | 455 |
| 6 | 109.5 | 35 | 19 | 0.25 | 680 |



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

Per i terreni in oggetto, nell'area sulla quale è in progetto la costruzione della nuova stalla, fino ai 30 m di profondità, tenuto conto dell'indagine effettuata, si è ottenuto un valore della V_{s30} pari a 208 m/sec, che definisce una **categoria di suolo di fondazione di tipo C**, riferibile a *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensate, o terreni a grana fine mediamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).

Sulla base della categoria di suolo di appartenenza del terreno, le NTC2018 associano un coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s , da applicare alle componenti orizzontali dell'azione sismica; viene inoltre definito un coefficiente C_c che serve per il calcolo del periodo di controllo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta elastico in accelerazione.

Poiché tale valore è riferito al bedrock, per definire il valore di a_g in superficie si calcola quindi il fattore S_s , caratteristico dell'area, che dipende dalla categoria di suolo di fondazione; essendo i terreni dell'area in esame in categoria C, avremo:

$$- S_s = 1.70 - (0.6 \times F_o \times a_g/g)$$

Viene inoltre definito un coefficiente C_c , che serve per il calcolo del periodo di controllo T_c , corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta elastico in accelerazione; in particolare T_c è calcolato come prodotto di C_c per il periodo T^*c , ottenuto dallo studio di pericolosità sismici del sito specifico, come riportato nella tabella precedente.

Per suoli in categoria C il coefficiente C_c risulta pari a.

$$- C_c = 1.05 \times (T^*c)^{-0.33}$$

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: Novi di Modena (MO)

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 | 14948 | 44,906370 | 10,880010 | 2752,7 |
| Sito 2 | 14949 | 44,907880 | 10,950530 | 2818,8 |
| Sito 3 | 14727 | 44,957870 | 10,948370 | 6046,1 |
| Sito 4 | 14726 | 44,956350 | 10,877820 | 6017,5 |

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

| | Prob. superamento [%] | Tr [anni] | ag [g] | Fo [-] | Tc* [s] |
|--------------------------------|-----------------------|-----------|--------|--------|---------|
| Operatività (SLO) | 81 | 30 | 0,036 | 2,584 | 0,237 |
| Danno (SLD) | 63 | 50 | 0,044 | 2,557 | 0,267 |
| Salvaguardia della vita (SLV) | 10 | 475 | 0,127 | 2,580 | 0,274 |
| Prevenzione dal collasso (SLC) | 5 | 975 | 0,172 | 2,547 | 0,277 |

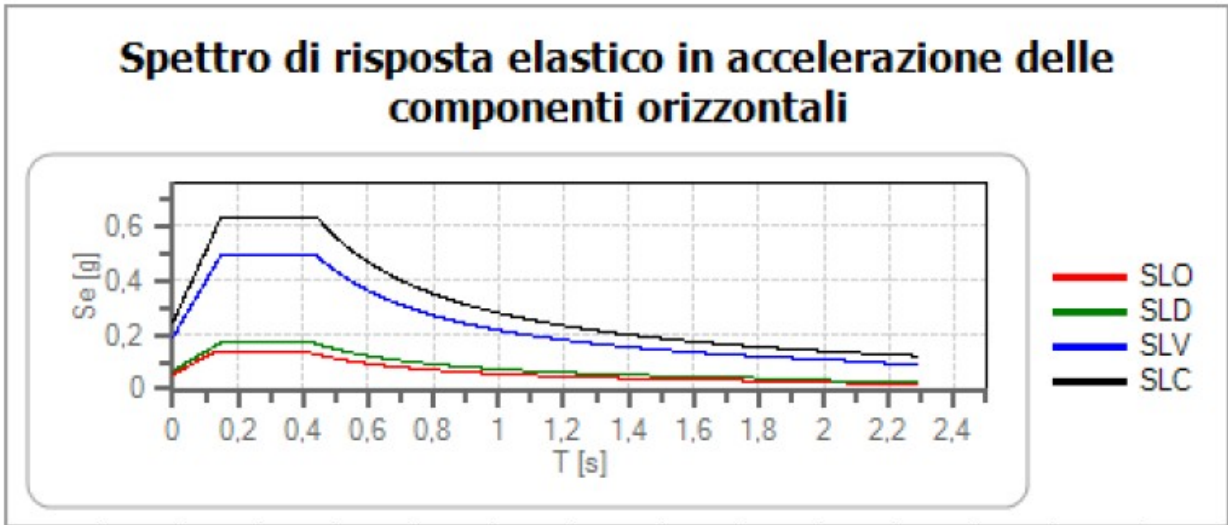
Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

| | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | Kh [-] | Kv [-] | Amax [m/s ²] | Beta [-] |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|----------|
| SLO | 1,500 | 1,690 | 1,000 | 0,012 | 0,006 | 0,600 | 0,200 |
| SLD | 1,500 | 1,620 | 1,000 | 0,012 | 0,006 | 0,600 | 0,200 |
| SLV | 1,500 | 1,610 | 1,000 | 0,015 | 0,007 | 0,600 | 0,240 |
| SLC | 1,440 | 1,600 | 1,000 | 0,015 | 0,007 | 0,600 | 0,240 |

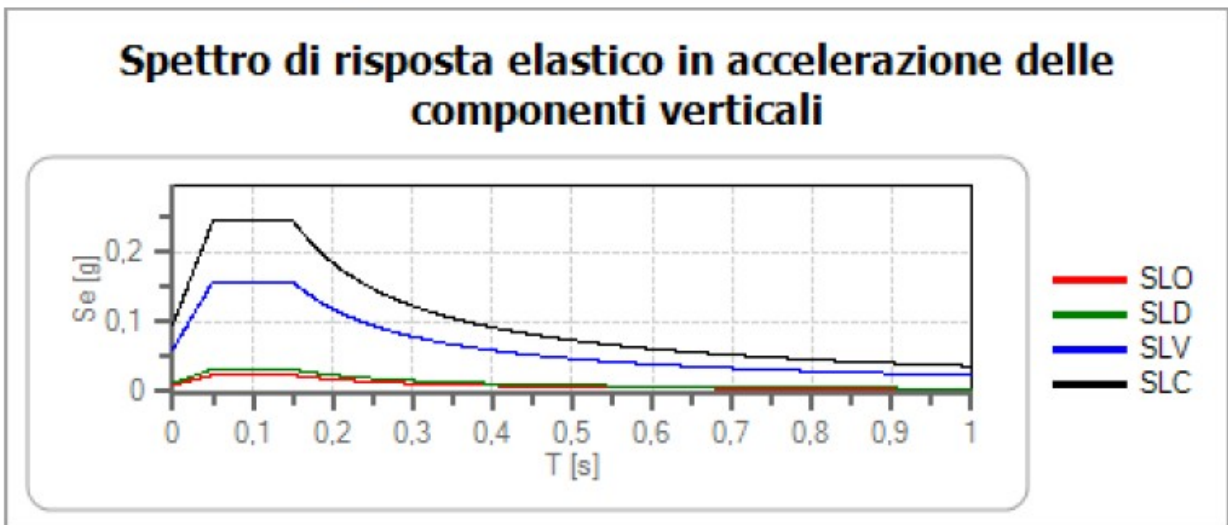
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

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 | 0,036 | 2,584 | 0,237 | 1,500 | 1,690 | 1,000 | 1,500 | 1,000 | 0,133 | 0,400 | 1,745 |
| SLD | 1 | 0,044 | 2,557 | 0,267 | 1,500 | 1,620 | 1,000 | 1,500 | 1,000 | 0,144 | 0,433 | 1,777 |
| SLV | 1 | 0,127 | 2,580 | 0,274 | 1,500 | 1,610 | 1,000 | 1,500 | 1,000 | 0,147 | 0,441 | 2,109 |
| SLC | 1 | 0,172 | 2,547 | 0,277 | 1,440 | 1,600 | 1,000 | 1,440 | 1,000 | 0,148 | 0,443 | 2,290 |



| | cu | ag [g] | Fo | Tc* [s] | Ss | Cc | St | S | | TB [s] | TC [s] | TD [s] |
|-----|----|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| SLO | 1 | 0,036 | 2,584 | 0,237 | 1,000 | 1,690 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,050 | 0,150 | 1,000 |
| SLD | 1 | 0,044 | 2,557 | 0,267 | 1,000 | 1,620 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,050 | 0,150 | 1,000 |
| SLV | 1 | 0,127 | 2,580 | 0,274 | 1,000 | 1,610 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,050 | 0,150 | 1,000 |
| SLC | 1 | 0,172 | 2,547 | 0,277 | 1,000 | 1,600 | 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 $M > 7$.

Nel caso specifico dei terreni esaminati nel presente lavoro, in corrispondenza delle verticali d'indagine, per tutto l'intervallo stratigrafico indagato, si sono attraversati sedimenti prevalentemente coesivi. Tale caratteristica esclude il sito da fenomeni di possibile liquefazione. Le verifiche tramite dati da MZS con indagini sul sito stesso, hanno dato esito (su 3 prove verificate) di rischio liquefazione basso con $IL_{medio} = 1,382$

| Prove CPT/CPTU/CPT | IL | LSN |
|--------------------|--------|--------|
| 036028P23CPT23 | 0,14 | 0,919 |
| 036028P24CPT24 | 0 | 0 |
| 036028P65CPT65 | 4,452 | 25,158 |
| 036028P85CPT84 | 4,701 | 16,789 |
| 036028P86CPT85 | 0,444 | 3,995 |
| 036028P87CPT86 | 0,283 | 6,766 |
| 036028P88CPT87 | 1,098 | 4,33 |
| 036028P89CPT88 | 2,122 | 6,209 |
| 036028P90CPT89 | 0,249 | 1,904 |
| 036028P91CPT90 | 14,195 | 47,722 |
| 036028P92CPT91 | 2,442 | 9,772 |
| 036028P93CPT92 | 5,071 | 26,063 |
| 036028P95CPT94 | 3,502 | 11,642 |
| 036028P96CPT95 | 0,237 | 6,439 |
| 036028P105CPT167 | 0,145 | 1,256 |
| 036028P106CPT168 | 1,743 | 5,574 |
| 036028P107CPT169 | 2,166 | 11,902 |
| 036028P108CPT170 | 0,583 | 4,983 |
| 036028P109CPT171 | 0,344 | 3,362 |
| 036028P110CPT172 | 0,054 | 2,465 |

L'elaborazione è stata eseguita per mezzo del software "CLiq v.3.0.3.4 della "Geologismiki geotechnical software".

Si reso necessario utilizzare anche dati da prove CPT (ritenute in letteratura meno affidabili) in quanto il numero delle prove a punta elettrica e, soprattutto, la loro distribuzione non risultavano ottimali per valutare il potenziale di liquefazione su tutte le aree oggetto di studio. Dai valori del potenziale di liquefazione si è poi calcolato l'Indice di potenziale liquefazione (IL), secondo Sonmez 2003, ottenendo i risultati esposti nella Tabella 3 i cui rapporti di calcolo sono riportati in allegato.

Liquefaction Severity Number (LSN)

Le prove penetrometriche utilizzate per valutare l'Indice di potenziale liquefazione, e per mezzo del software CLiq v.3.0.3.4 adottando il metodo semplificato di Boulanger & Idriss 2014, si è anche calcolato un ulteriore indicatore di rischio alla liquefazione, ovvero LSN (Liquefaction Severity Number) riferito alla deformazione volumetrica post-liquefazione alias cedimenti (Tonkin & Taylor 2013).

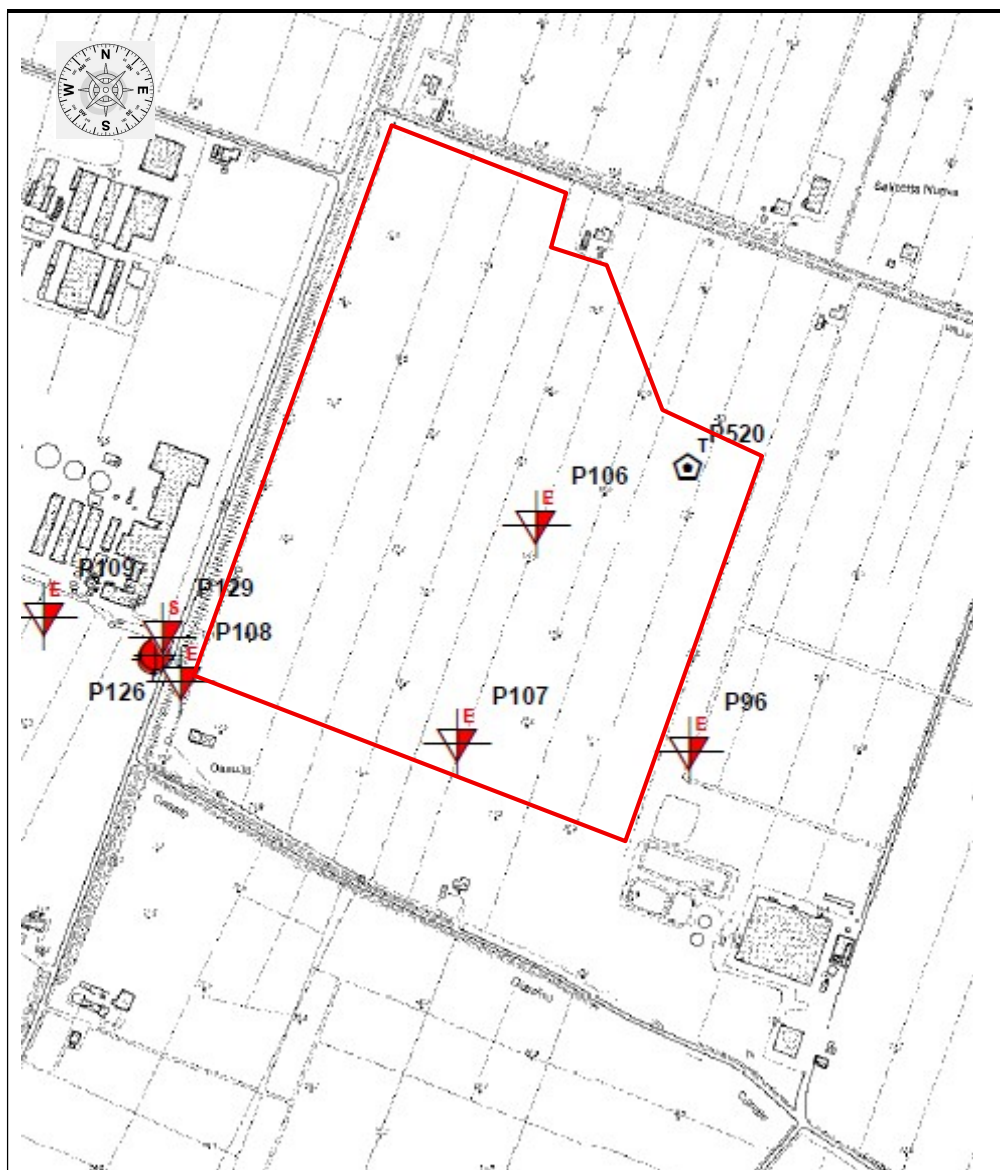
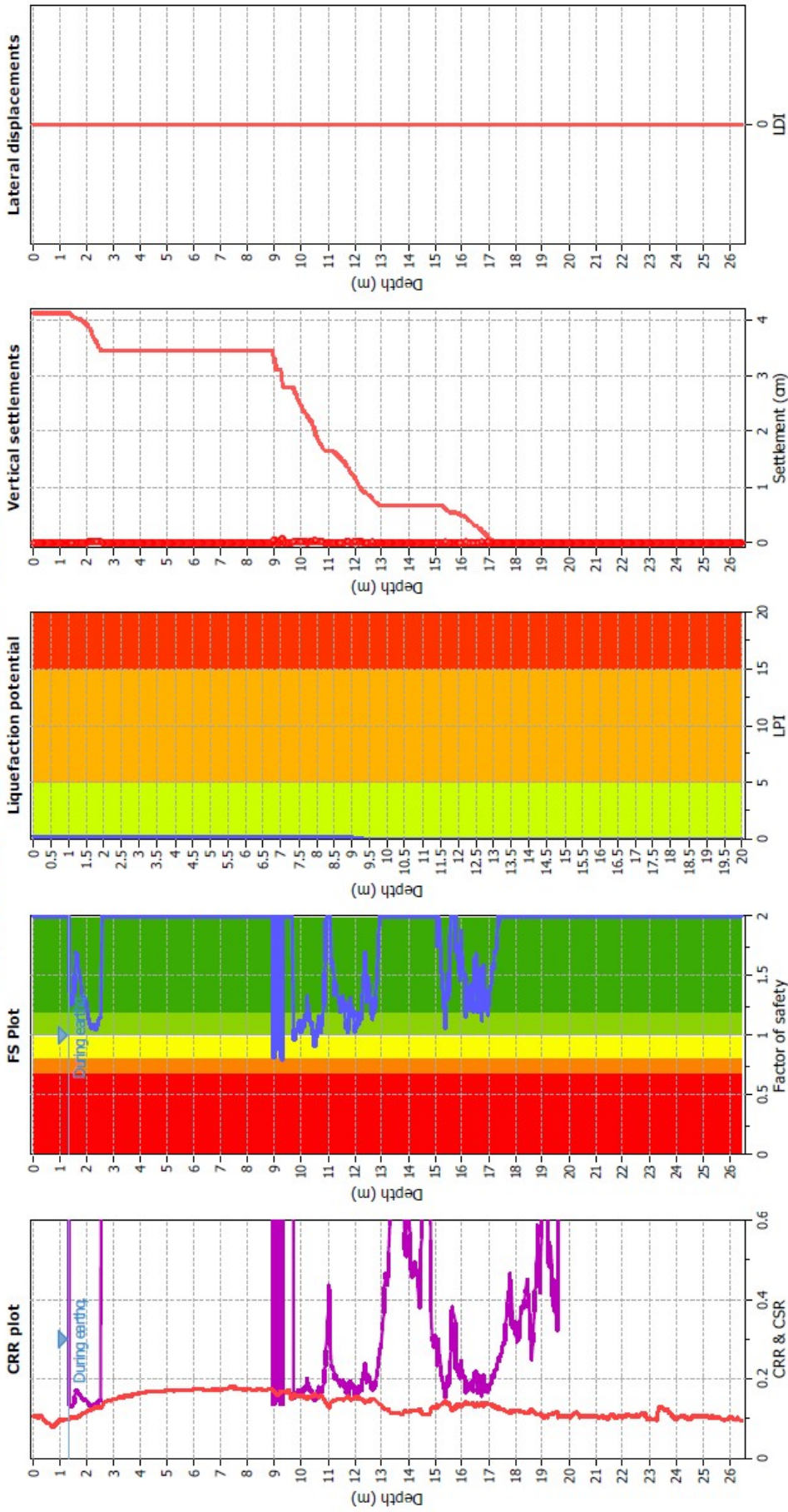


Fig. 13 – carta indagini (M.Z.S.), scala 1:10.000 (adeguata al formato pagina) Area indagata, perimetrata in rosso in figura. Per la verifica alla liquefazione del sito sono state utilizzate le prove P96, P106 e P107.

CPT name: 036028P96CPT95

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method: B&I (2014)
 Fines correction method: B&I (2014)
 Points to test: Based on I_c value
 Earthquake magnitude M_w : 6.14
 Peak ground acceleration: 0.19
 Depth to water table (msub): 1.33 m

Depth to GW (earthq.): 1.33 m
 Average results interval: 3
 I_c cut-off value: 2.60
 Unit weight calculation: Based on SBT
 Use fill: No
 Fill height: N/A

Fill weight: N/A
 Transition detect. applied: Yes
 K_{σ} applied: Yes
 Clay-like behavior applied: Sands only
 Limit depth applied: Yes
 Limit depth: 20.00 m

F.S. color scheme
 Almost certain it will liquefy
 Very likely to liquefy
 Liquefaction and no liq. are equally likely
 Unlike to liquefy
 Almost certain it will not liquefy

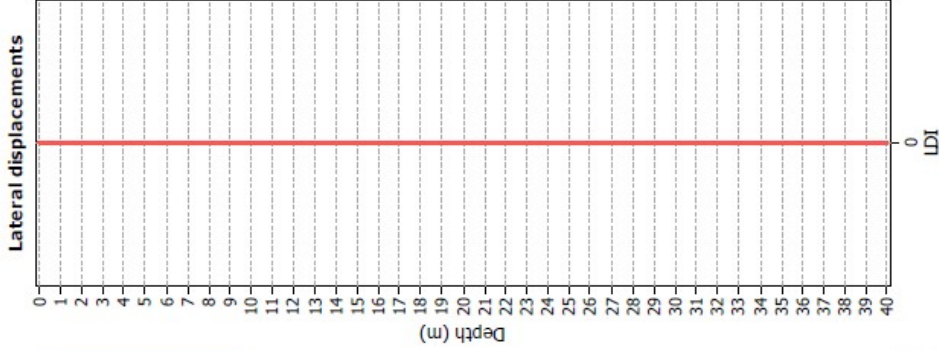
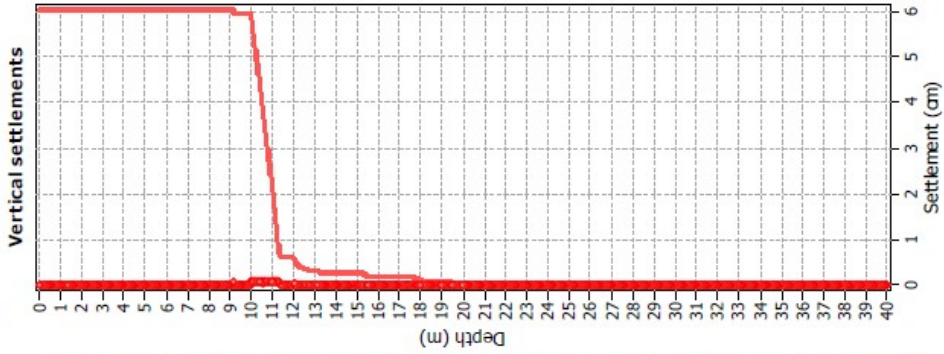
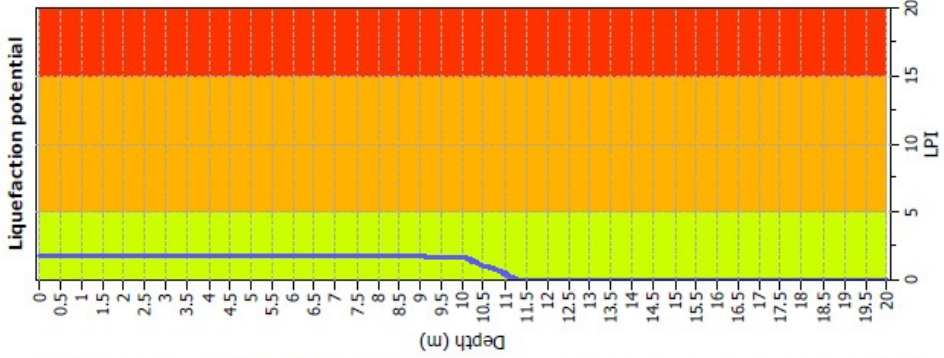
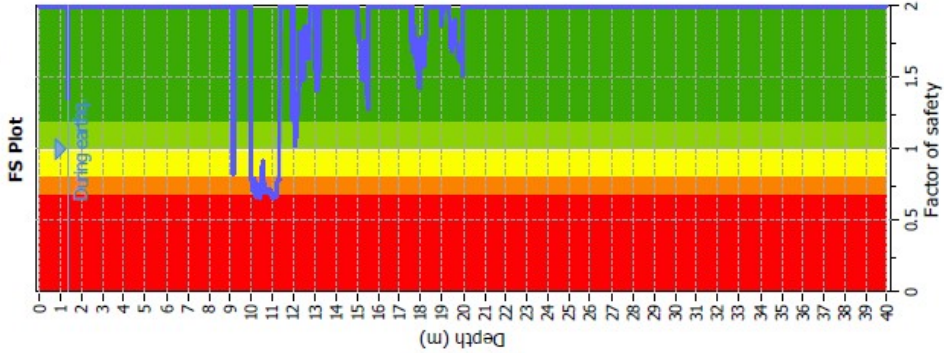
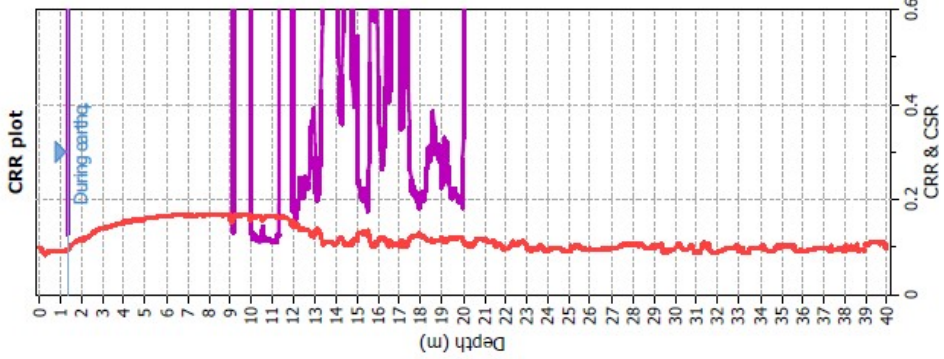
LPI color scheme
 Very high risk
 High risk
 Low risk

This software is licensed to: Arkigeo

This software is licensed to: Arkigeo

CPT name: 36028P106CPT168

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data
 Analysis method: B&I (2014)
 Fines correction method: B&I (2014)
 Points to test: Based on I_c value
 Earthquake magnitude M_w : 6.14
 Peak ground acceleration: 0.18
 Depth to water table (mslu): 1.33 m

Depth to GWL (earthq.): 1.33 m
 Average results interval: 3
 I_c cut-off value: 2.60
 Unit weight calculation: Based on SBT
 Use fill: No
 Fill height: N/A

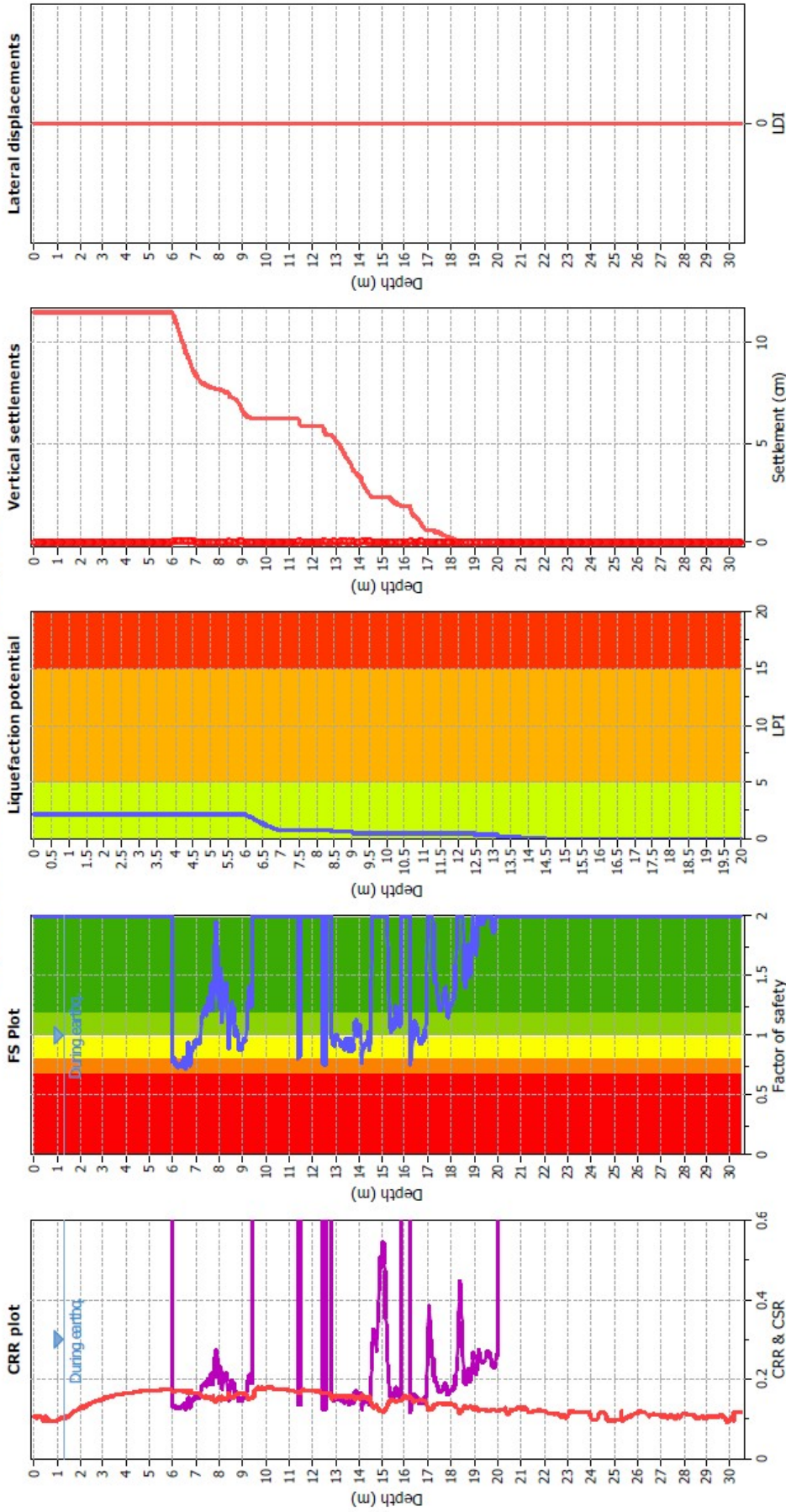
Fill weight: N/A
 Transition detect. applied: Yes
 K_0 applied: Sands only
 Clay like behavior applied: Yes
 Limit depth applied: 20.00 m

F.S. color scheme
 Almost certain it will liquefy
 Very likely to liquefy
 Liquefaction and no liq. are equally likely
 Unlike to liquefy
 Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme
 Very high risk
 High risk
 Low risk

CPT name: 036028P107CPT169

Liquefaction analysis overall plots



LPI color scheme
 Very high risk (Red)
 High risk (Orange)
 Low risk (Yellow)

F.S. color scheme
 Almost certain it will liquefy (Red)
 Very likely to liquefy (Orange)
 Liquefaction and no liq. are equally likely (Yellow)
 Unlike to liquefy (Green)
 Almost certain it will not liquefy (Dark Green)

Input parameters and analysis data
 Analysis method: B&I (2014)
 Fines correction method: B&I (2014)
 Points to test: Based on i_c value
 Earthquake magnitude M_w : 6.14
 Peak ground acceleration: 0.19
 Depth to water table (insitu): 1.33 m
 Depth to GWL (ortho.): 1.33 m
 Average results interval: 3
 i_c cut-off value: 2.60
 Unit weight calculation: Based on SBT
 Use fill: No
 Fill height: N/A
 Fill weight: N/A
 Transition detect. applied: Yes
 K_p applied: Yes
 Clay like behavior applied: Sands only
 Limit depth applied: Yes
 Limit depth: 20.00 m

This software is licensed to: Arkigeo

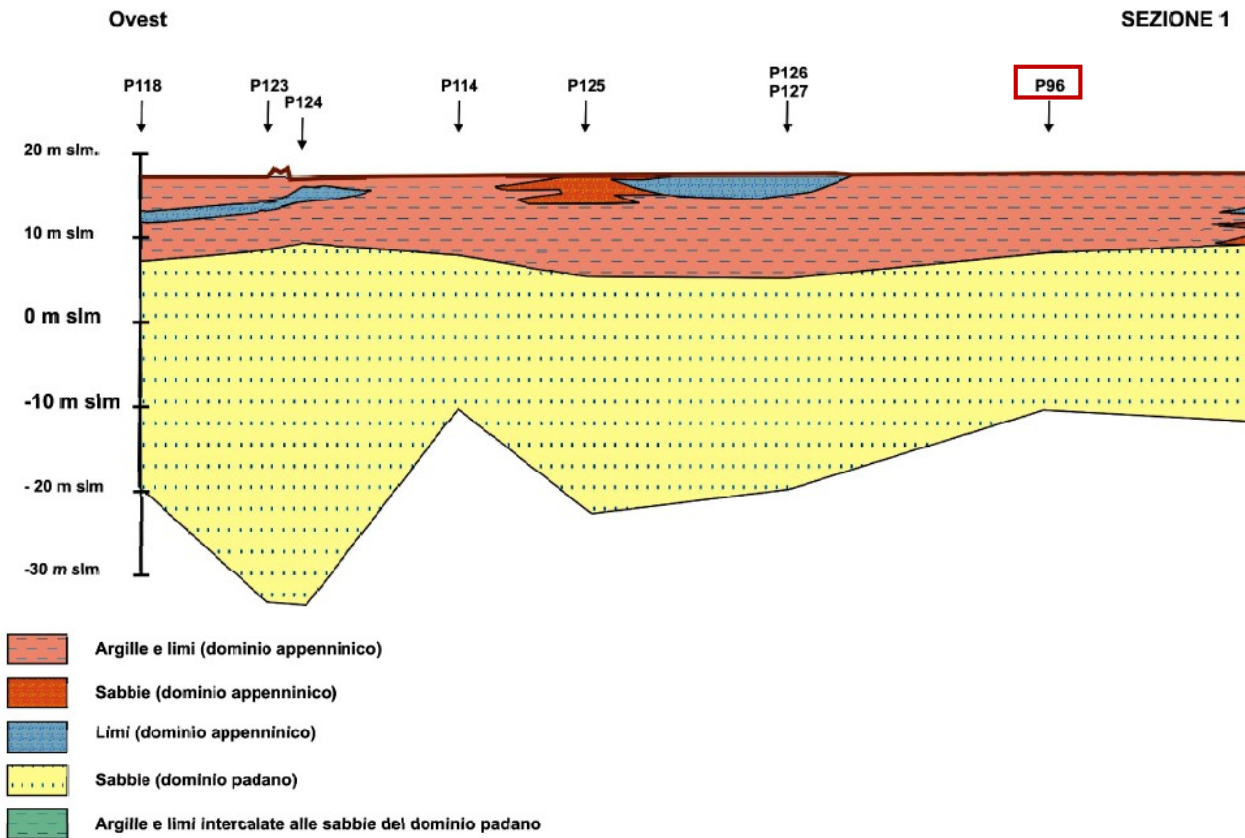


Fig. 14 – sezioni litologiche (MZS), scala orizzontale non riportata.

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 pentrometriche statiche cpt + n. 1 indagine sismica (da MZS) e di utilizzare le indagini bibliografiche disponibili da MZS, fatte sul sito, consistenti in n. 3 cptu e n. 1 sondaggio a carotaggio contobuo, Tali dati sono stati confrontati, confermati ed estesi, tramite analisi delle prove da banca dati regionale e da studi specifici da psc e mzs.

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 Pagani 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)

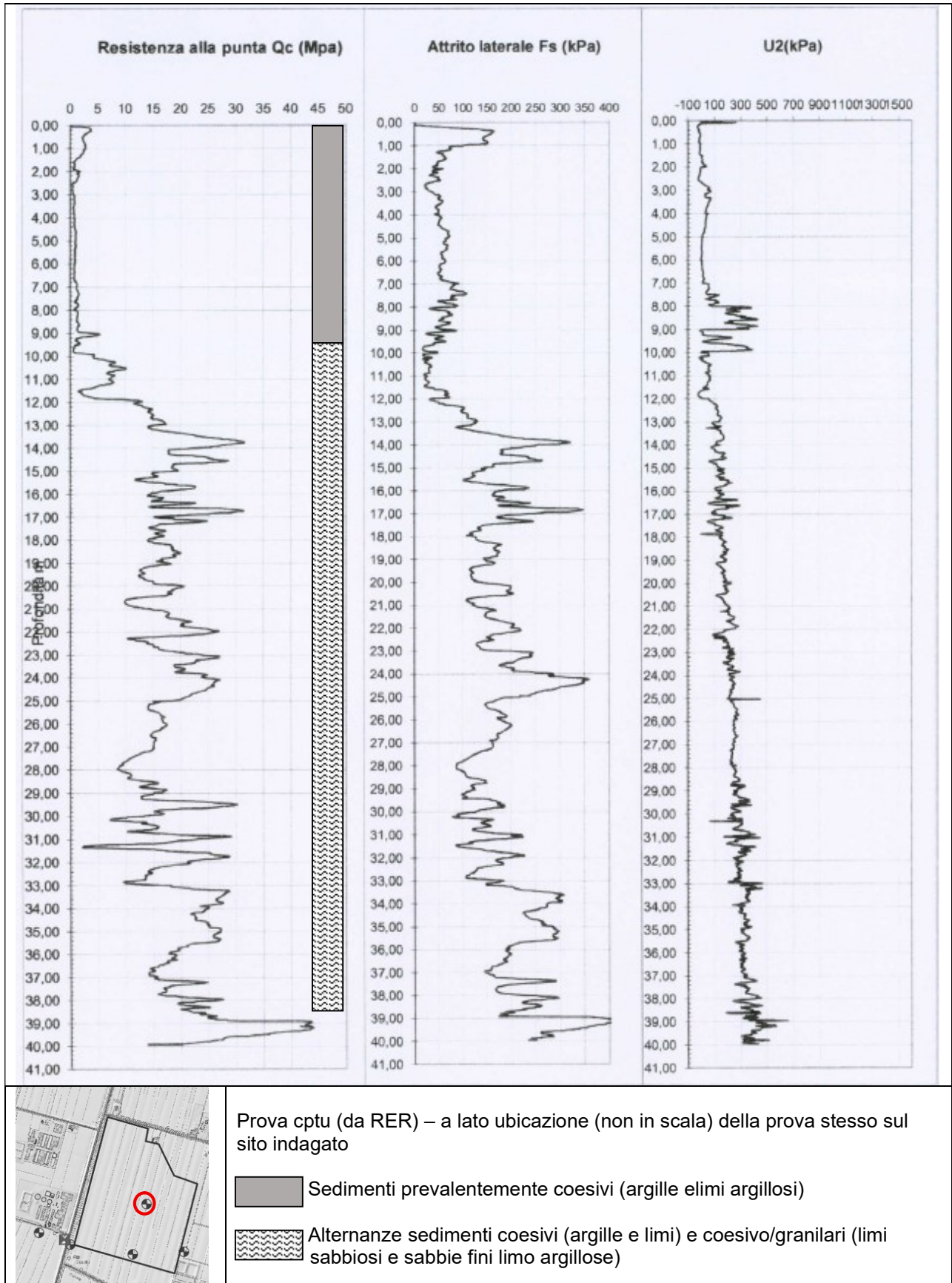
Come riportato nella relazione geologica a corredo del psc/pug comunale, dall'analisi delle prove penetrometriche più profonde si ricava che..gli elementi nel sottosuolo delle zone di pianura che possono influenzare il moto in superficie sono rappresentati da depositi a comportamento relativo più rigido quali le unità prevalentemente ghiaiose e corpi sabbiosi più o meno lentiformi nei primi 10 ÷ 20 m del sottosuolo.

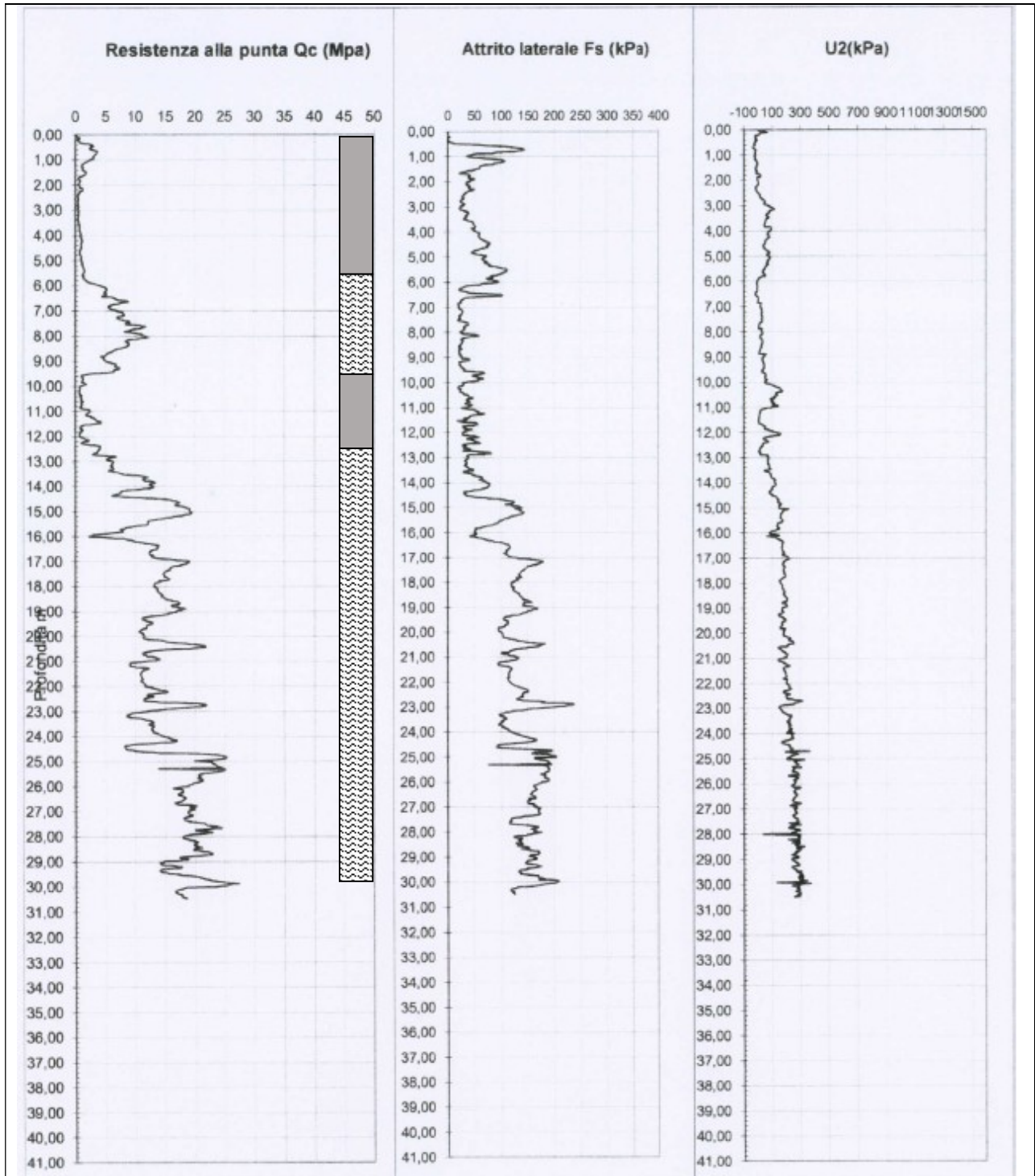
L'assetto del tetto delle sabbie denota geometrie sostanzialmente lentiformi tendenzialmente allungate in senso sud nord e l'isobata che delimita la zona indica la terminazione laterale del corpo sabbioso. La distribuzione areale dei corpi sabbiosi concorda con la presenza delle fasce di canale fluviale estinto (paleoalvei) individuate mediante l'analisi geomorfologica.

L'assetto spaziale nel sottosuolo del tetto delle ghiaie evidenzia che il fronte della conoide ghiaiosa tende gradualmente ad approfondirsi rispetto al piano campagna procedendo in direzione sud-nord.

Le caratteristiche geolitologiche che si ricavano dalla elaborazione delle indagini cpt, indicano la presenza di materiali coesivi (principalmente limi argillosi moderatamente plastici ed argille limose inorganiche), da p.c. sino a circa m 10 di profondità. A tale sequenza, segue, sino a circa m 30 di profondità, una alternanza di limi sabbioso argillosi di modesto spessore, in cui, però, prevale la componente coesiva, sabbie finissime limo argillose ed argille.


Si riportano, di seguito, le risultanze delle cptu RER e, successivamente le cpt elaborate

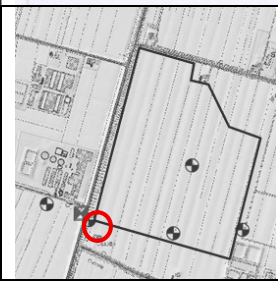
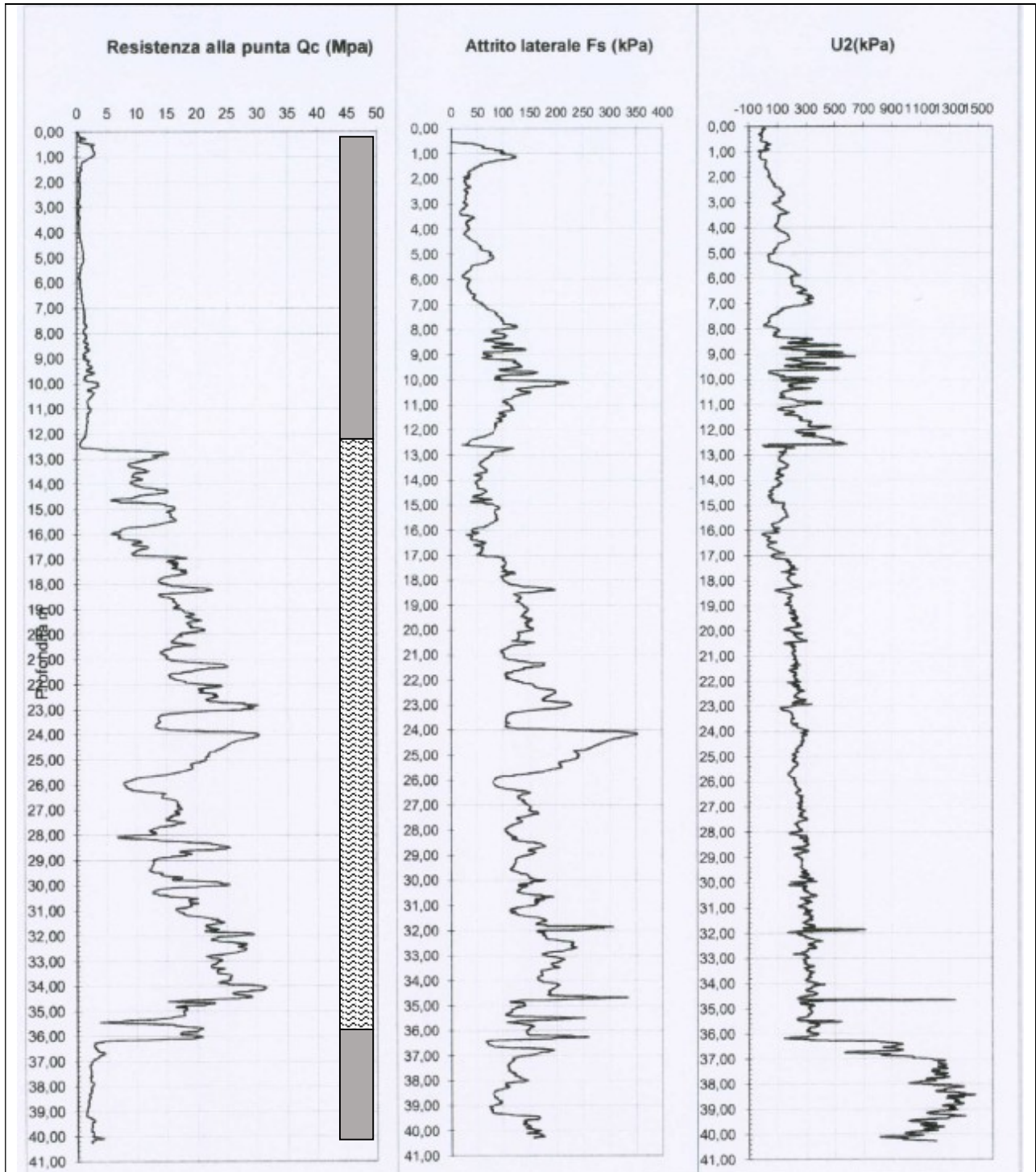




Prova cptu (da RER) – a lato ubicazione (non in scala) della prova stesso sul sito indagato

 Sedimenti prevalentemente coesivi (argille elimi argillosi)

 Alternanze sedimenti coesivi (argille e limi) e coesivo/granulari (limi sabbiosi e sabbie fini limo argillose)



Prova cptu (da RER) – a lato ubicazione (non in scala) della prova stesso sul sito indagato

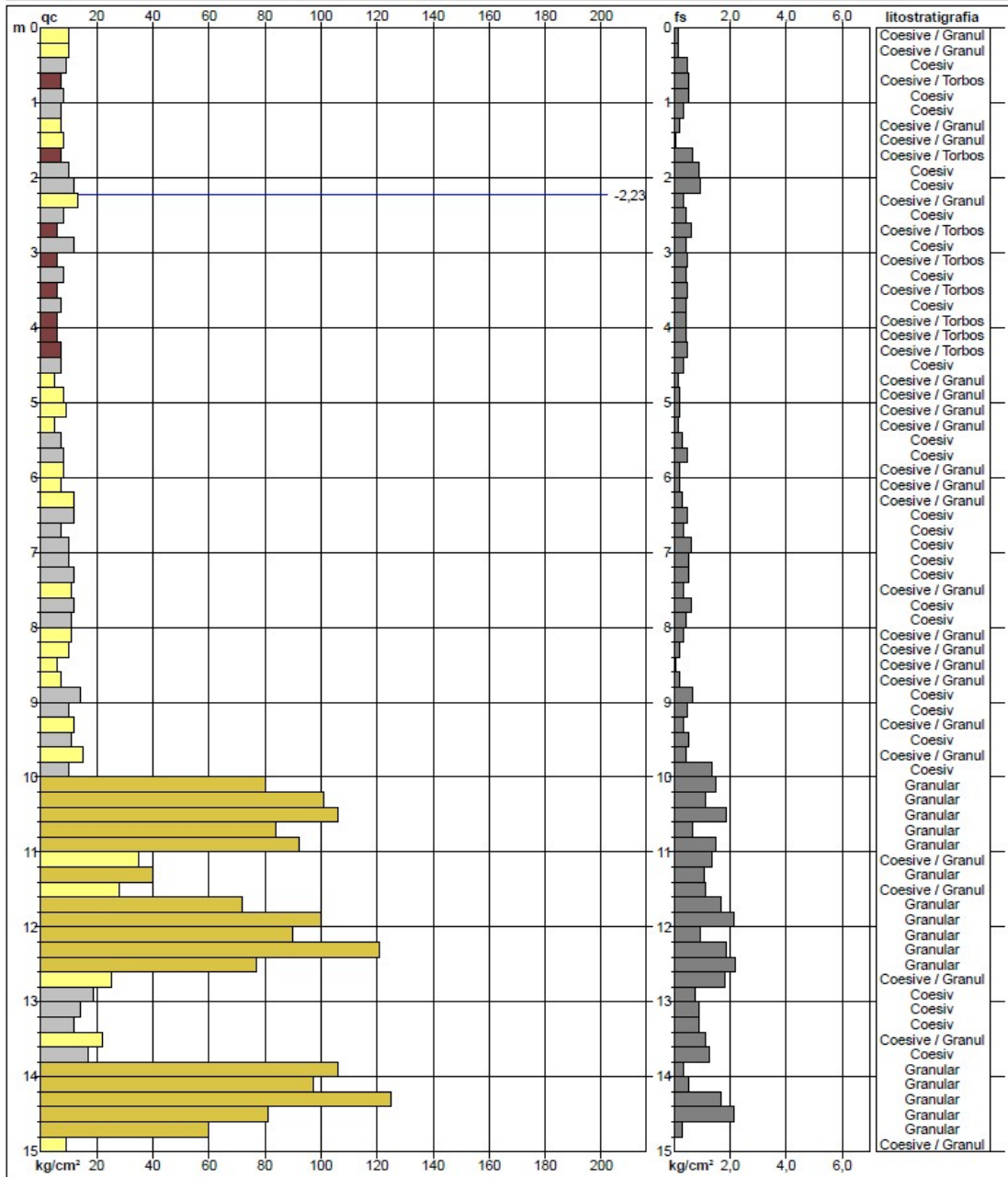
- Sedimenti prevalentemente coesivi (argille elimi argillosi)
- Alternanze sedimenti coesivi (argille e limi) e coesivo/granulari (limi sabbiosi e sabbie fini limo argillose)

I.GEO.S - Dott. Geol. Pollini Matteo

Studio di Geologia-geotecnica-idrogeologia ed Ambiente. B.D Bioenergie
 via Benvenuto Tisi n. 5, Argenta (FE)- tel 339.26.133.19 ; mail: pollinimatteo72@gmail.com

| | | |
|--|-------------|----------|
| PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA | CPT | 1 |
| | Riferimento | 009-025 |
| | | |

| | | | | | |
|-------------|--|-----------|--------------------|---------------|---------------|
| Committente | Privato | U.M.: | kg/cm ² | Data esec. | 06/06/2025 |
| Cantiere | impianto solare | Scala: | 1:75 | | |
| Località | novi di modena 41016 NOVI DI MODENA (MO) | Pagina | 1 | Quota inizio: | Falda -2,23 m |
| | | Elaborato | | Falda | -2,23 m |



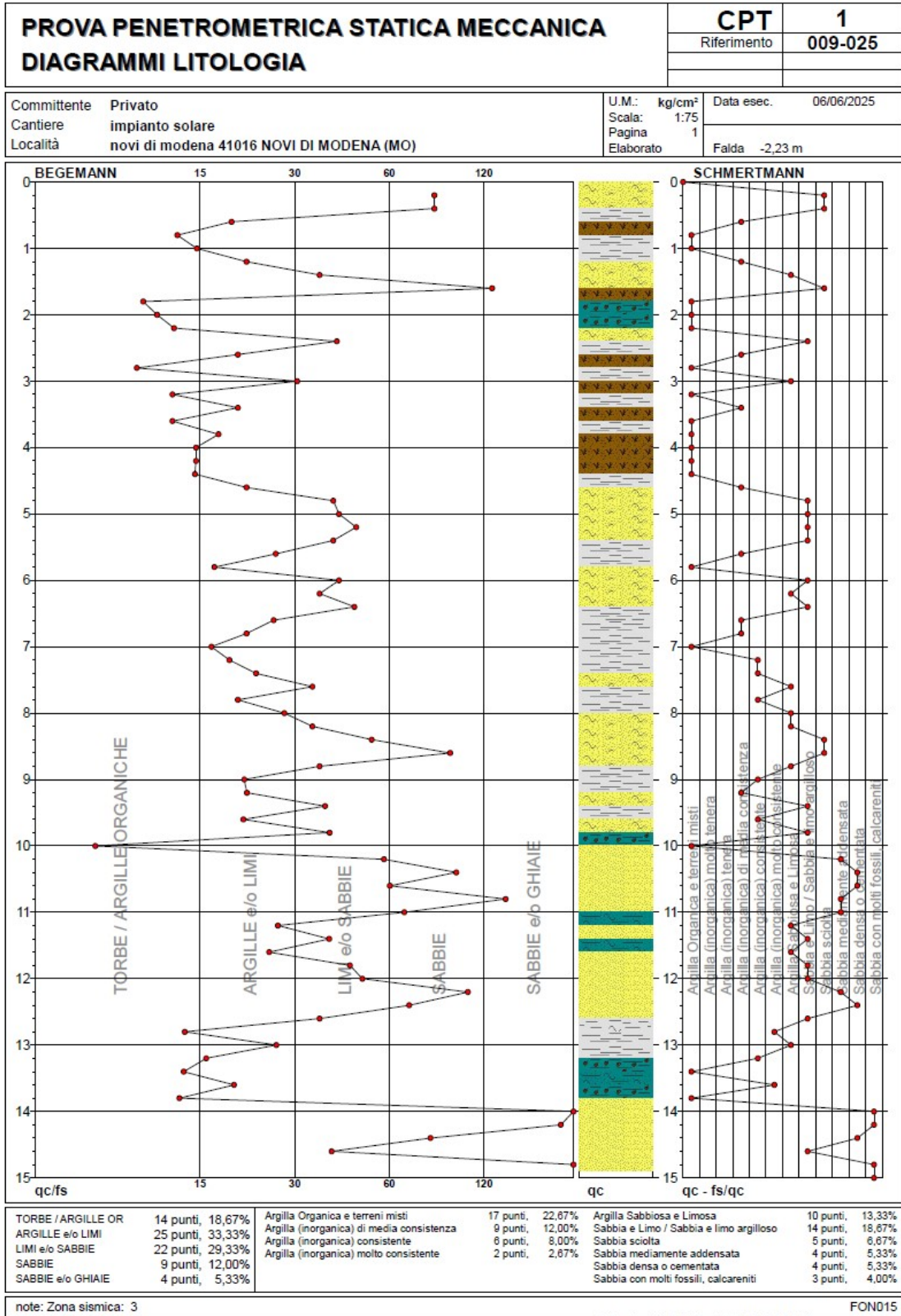
| | | | |
|--|--|--------------|--------|
| | Litology: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone | preforo | m |
| | Penetrometro: TG63-200 | Corr.astine: | kg/ml |
| | Responsabile: | Cod.ISTAT: | 036028 |
| | Assistente: | Cod. tip.: | 3.000 |

note: Zona sismica: 3

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-540820

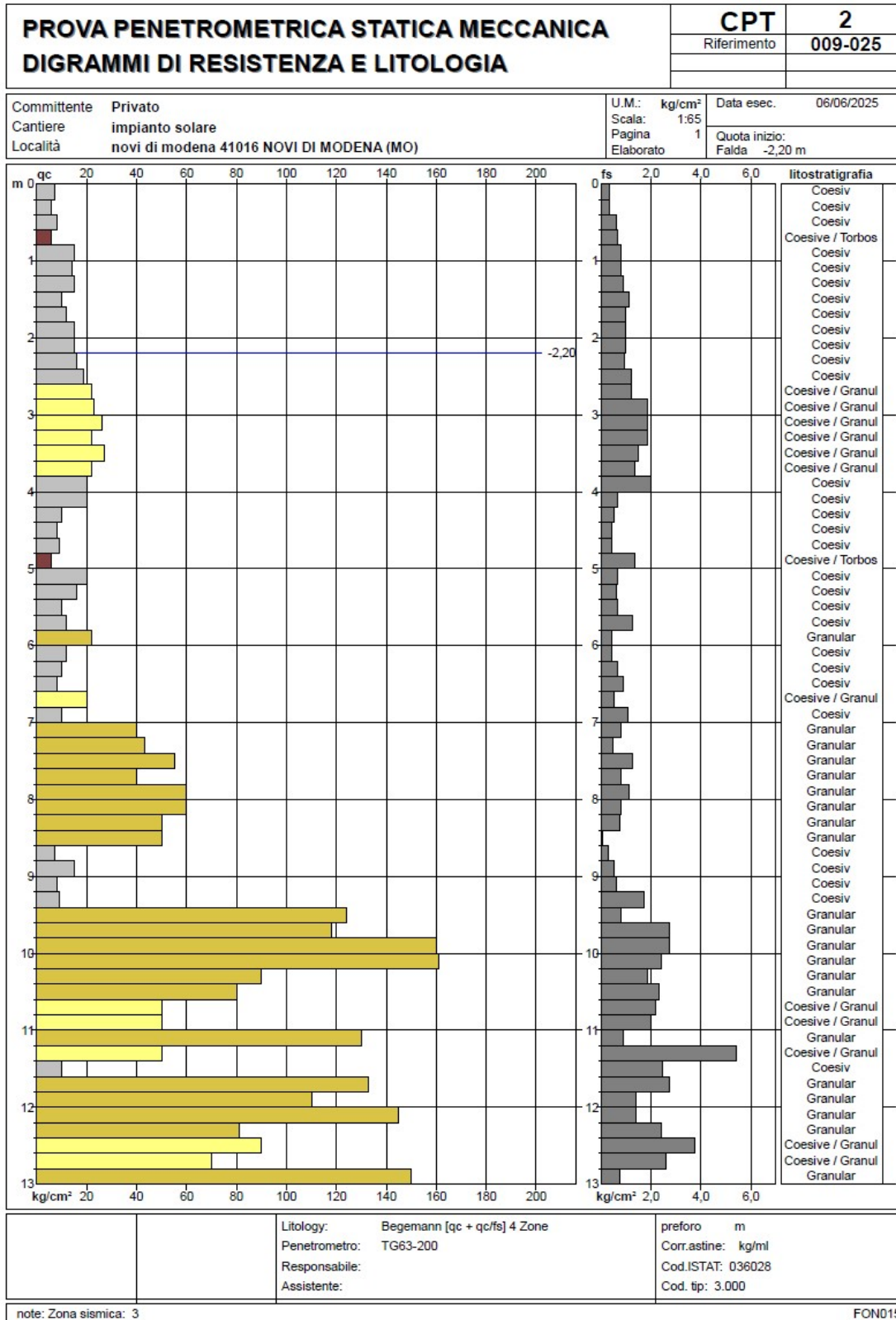
FON015

I.GEO.S - Dott. Geol. Pollini Matteo
 Studio di Geologia-geotecnica-idrogeologia ed Ambiente. B.D Bioenergie
 via Benvenuto Tisi n. 5, Argenta (FE)- tel 339.26.133.19 ; mail: pollinimatteo72@gmail.com



I.GEO.S - Dott. Geol. Pollini Matteo

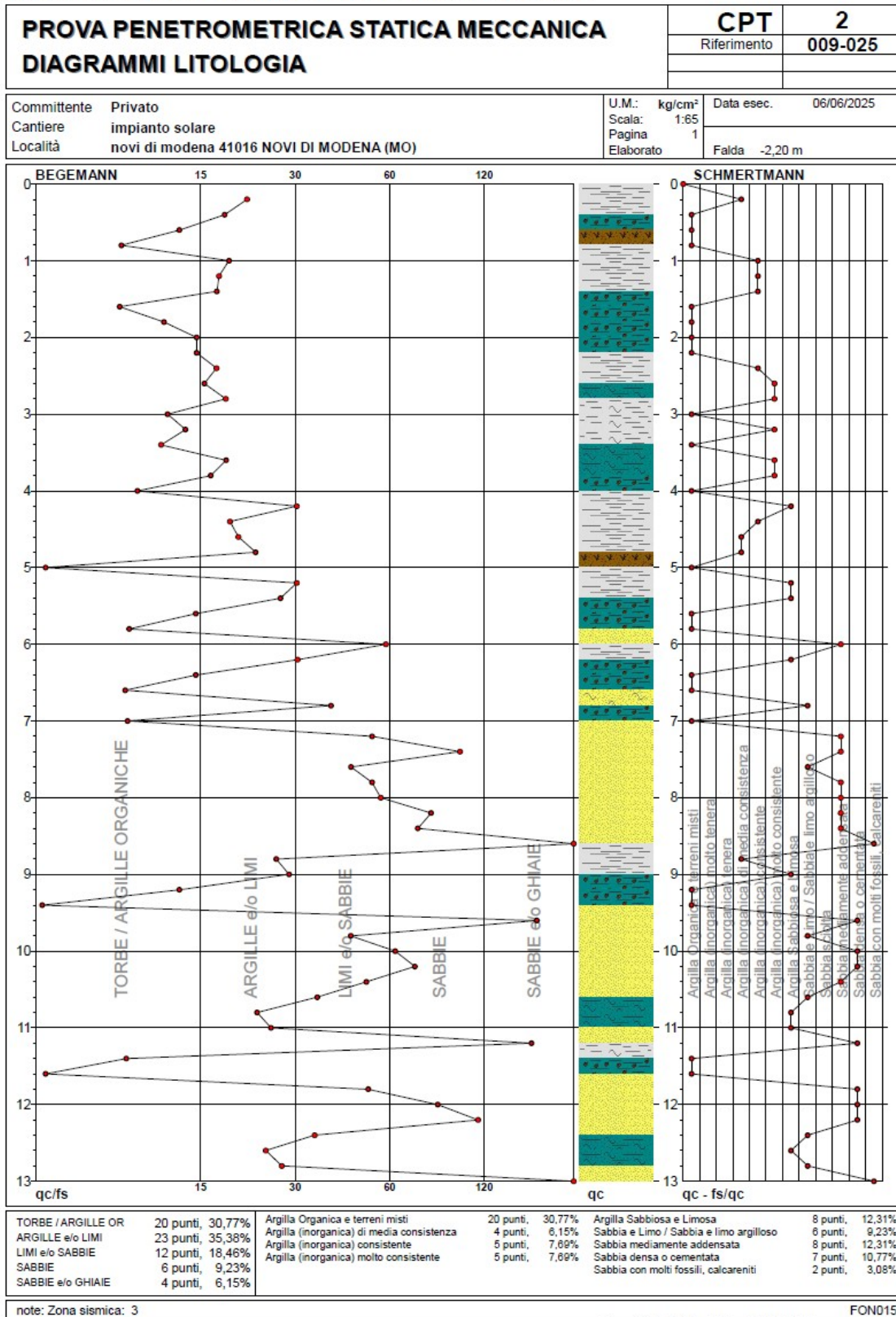
Studio di Geologia-geotecnica-idrogeologia ed Ambiente. B.D Bioenergie
via Benvenuto Tisi n. 5, Argenta (FE)- tel 339.26.133.19 ; mail: pollinimatteo72@gmail.com



FON015

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-540820

Studio di Geologia-geotecnica-idrogeologia ed Ambiente. B.D Bioenergie
 via Benvenuto Tisi n. 5, Argenta (FE)- tel 339.26.133.19 ; mail: pollinimatteo72@gmail.com

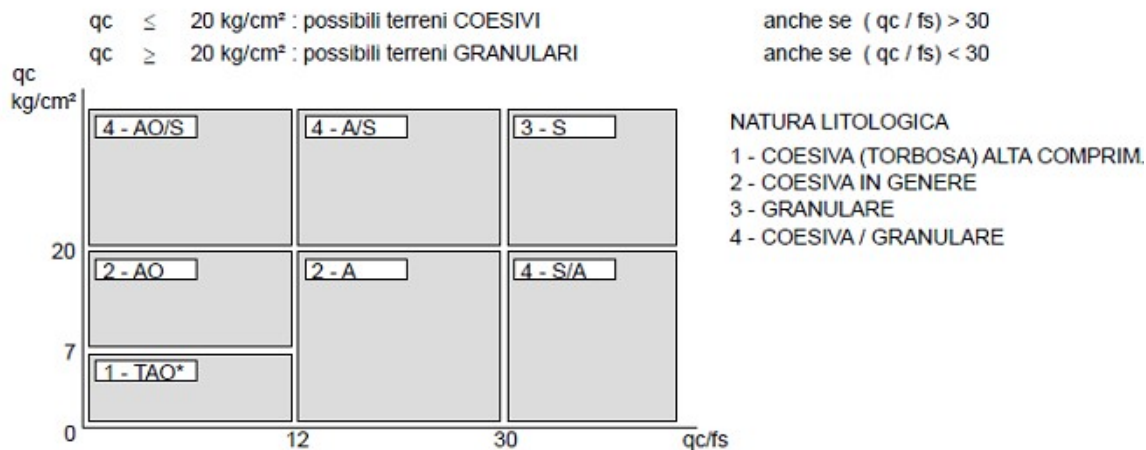


| PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA | | | | | | | | | | CPT | | 1 | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|--------|------|------------------------|--------------|-----------|----------------|----------|--------------|--------------------------|------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|------------|-------|-----|----|
| PARAMETRI GEOTECNICI | | | | | | | | | | Riferimento | | 009-025 | | | | | | | | | | | | |
| Committente Privato | | | | | | | | | | U.M.: kg/cm ² | | Data exec. 06/06/2025 | | | | | | | | | | | | |
| Cantiere impianto solare | | | | | | | | | | Pagina 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Località novi di modena 41016 NOVI DI MODENA (MO) | | | | | | | | | | Elaborato | | Falda -2,23 m | | | | | | | | | | | | |
| H m | qc U.M. | qc/fs | zone | γ' t/m ³ | c'vo U.M. | Vs m/s | NATURA COESIVA | | | | | NATURA GRANULARE | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Cu U.M. | OCR % | Eu50 U.M. | Eu25 U.M. | Mo U.M. | Dr % | Sc (°) | Ca (°) | Ko (°) | DB (°) | DM (°) | Me (°) | E'50 U.M. | E'25 U.M. | Mo U.M. | FL1 | FL2 | |
| 0,20 | 10,00 | 76,92 | 4 | 1,85 | 0,04 | 132 | 0,50 | 99,9 | 85,0 | 127,5 | 40,0 | 73 | 40 | 38 | 35 | 33 | 41 | 26 | 16,7 | 25,0 | 30,0 | -- | -- | |
| 0,40 | 10,00 | 76,92 | 4 | 1,85 | 0,07 | 132 | 0,50 | 68,4 | 85,0 | 127,5 | 40,0 | 56 | 38 | 34 | 31 | 29 | 38 | 26 | 16,7 | 25,0 | 30,0 | -- | -- | |
| 0,60 | 9,00 | 19,15 | 2 | 1,85 | 0,11 | 127 | 0,45 | 36,1 | 76,5 | 114,8 | 37,8 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 0,80 | 7,00 | 13,21 | 1 | 1,85 | 0,15 | 115 | 0,35 | 18,4 | 14,0 | 21,0 | 10,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 1,00 | 8,00 | 15,09 | 2 | 1,85 | 0,19 | 121 | 0,40 | 18,5 | 68,0 | 102,0 | 35,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 1,20 | 7,00 | 21,21 | 2 | 1,85 | 0,22 | 115 | 0,35 | 11,1 | 59,5 | 89,3 | 32,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 1,40 | 7,00 | 35,00 | 4 | 1,85 | 0,26 | 115 | 0,35 | 9,1 | 61,6 | 82,3 | 32,2 | 14 | 33 | 26 | 23 | 22 | 30 | 26 | 11,7 | 17,5 | 21,0 | -- | -- | |
| 1,60 | 9,00 | 114,29 | 4 | 1,85 | 0,30 | 121 | 0,40 | 9,4 | 76,3 | 105,5 | 35,2 | 15 | 33 | 26 | 23 | 22 | 30 | 26 | 13,3 | 20,0 | 24,0 | -- | -- | |
| 1,80 | 7,00 | 10,45 | 1 | 1,85 | 0,33 | 115 | 0,35 | 6,7 | 19,1 | 27,1 | 10,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 2,00 | 10,00 | 11,49 | 2 | 1,85 | 0,37 | 132 | 0,50 | 9,1 | 87,9 | 131,9 | 40,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 2,20 | 12,00 | 12,90 | 2 | 1,85 | 0,41 | 141 | 0,57 | 9,6 | 98,1 | 147,2 | 44,6 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 2,40 | 13,00 | 39,39 | 4 | 0,88 | 0,42 | 145 | 0,80 | 9,8 | 103,2 | 154,8 | 46,5 | 23 | 34 | 27 | 24 | 22 | 30 | 26 | 21,7 | 32,5 | 36,0 | -- | -- | |
| 2,60 | 8,00 | 20,00 | 2 | 0,86 | 0,44 | 121 | 0,40 | 5,5 | 119,5 | 179,2 | 35,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 2,80 | 6,00 | 10,00 | 1 | 0,46 | 0,45 | 109 | 0,30 | 3,8 | 23,3 | 35,0 | 9,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 3,00 | 12,00 | 30,00 | 4 | 0,88 | 0,47 | 141 | 0,57 | 8,0 | 112,3 | 168,5 | 44,6 | 18 | 33 | 26 | 23 | 21 | 29 | 26 | 20,0 | 30,0 | 36,0 | -- | -- | |
| 3,20 | 6,00 | 12,77 | 1 | 0,46 | 0,48 | 109 | 0,30 | 3,5 | 25,8 | 38,7 | 9,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 3,40 | 8,00 | 20,00 | 2 | 0,86 | 0,49 | 121 | 0,40 | 4,8 | 137,3 | 205,9 | 35,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 3,60 | 6,00 | 12,77 | 1 | 0,46 | 0,50 | 109 | 0,30 | 3,3 | 27,8 | 41,7 | 9,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 3,80 | 7,00 | 17,50 | 2 | 0,84 | 0,52 | 115 | 0,35 | 3,8 | 146,6 | 219,9 | 32,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 4,00 | 6,00 | 15,00 | 1 | 0,46 | 0,53 | 109 | 0,30 | 3,1 | 29,4 | 44,1 | 9,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 4,20 | 6,00 | 15,00 | 1 | 0,46 | 0,54 | 109 | 0,30 | 3,0 | 29,9 | 44,8 | 9,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 4,40 | 7,00 | 14,89 | 2 | 0,46 | 0,55 | 115 | 0,35 | 3,6 | 29,3 | 44,0 | 10,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 4,60 | 7,00 | 21,21 | 2 | 0,84 | 0,57 | 115 | 0,35 | 3,4 | 159,2 | 238,8 | 32,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 4,80 | 5,00 | 38,46 | 4 | 0,81 | 0,58 | 101 | 0,25 | 2,2 | 137,4 | 206,1 | 25,0 | -- | 31 | 20 | 17 | 16 | 25 | 25 | 8,3 | 12,5 | 15,0 | -- | -- | |
| 5,00 | 8,00 | 40,00 | 4 | 0,84 | 0,60 | 121 | 0,40 | 3,8 | 169,5 | 252,7 | 35,2 | -- | 31 | 23 | 19 | 18 | 26 | 26 | 13,3 | 20,0 | 24,0 | -- | -- | |
| 5,20 | 9,00 | 45,00 | 4 | 0,85 | 0,62 | 127 | 0,45 | 4,2 | 171,8 | 257,7 | 37,8 | 1 | 31 | 23 | 20 | 19 | 28 | 26 | 15,0 | 22,5 | 27,0 | -- | -- | |
| 5,40 | 5,00 | 38,46 | 4 | 0,81 | 0,63 | 101 | 0,25 | 2,0 | 140,4 | 210,6 | 25,0 | -- | 31 | 20 | 17 | 16 | 25 | 25 | 8,3 | 12,5 | 15,0 | -- | -- | |
| 5,60 | 7,00 | 25,93 | 2 | 0,84 | 0,65 | 115 | 0,35 | 2,9 | 175,2 | 262,9 | 32,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 5,80 | 8,00 | 17,02 | 2 | 0,86 | 0,67 | 121 | 0,40 | 3,3 | 186,4 | 279,6 | 35,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 6,00 | 8,00 | 40,00 | 4 | 0,84 | 0,68 | 121 | 0,40 | 3,2 | 190,0 | 285,0 | 35,2 | -- | 31 | 22 | 19 | 18 | 25 | 26 | 13,3 | 20,0 | 24,0 | -- | -- | |
| 6,20 | 7,00 | 35,00 | 4 | 0,83 | 0,70 | 115 | 0,35 | 2,6 | 182,0 | 273,0 | 32,2 | -- | 31 | 21 | 18 | 17 | 25 | 26 | 11,7 | 17,5 | 21,0 | -- | -- | |
| 6,40 | 12,00 | 44,44 | 4 | 0,88 | 0,72 | 141 | 0,57 | 4,7 | 199,0 | 298,5 | 44,6 | 7 | 32 | 24 | 20 | 19 | 27 | 26 | 20,0 | 30,0 | 36,0 | -- | -- | |
| 6,60 | 12,00 | 25,53 | 2 | 0,92 | 0,73 | 141 | 0,57 | 4,6 | 204,6 | 307,0 | 44,6 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 6,80 | 7,00 | 21,21 | 2 | 0,84 | 0,75 | 115 | 0,35 | 2,4 | 187,4 | 281,1 | 32,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 7,00 | 10,00 | 16,67 | 2 | 0,90 | 0,77 | 132 | 0,50 | 3,7 | 217,2 | 325,8 | 40,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 7,20 | 10,00 | 18,87 | 2 | 0,90 | 0,79 | 132 | 0,50 | 3,6 | 222,2 | 333,3 | 40,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 7,40 | 12,00 | 22,64 | 2 | 0,92 | 0,81 | 141 | 0,57 | 4,1 | 224,9 | 337,4 | 44,6 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 7,60 | 11,00 | 33,33 | 2 | 0,87 | 0,82 | 137 | 0,54 | 3,7 | 232,4 | 348,6 | 42,5 | 1 | 31 | 23 | 19 | 18 | 26 | 26 | 18,3 | 27,5 | 33,0 | -- | -- | |
| 7,80 | 12,00 | 20,00 | 2 | 0,92 | 0,84 | 141 | 0,57 | 3,9 | 236,4 | 354,6 | 44,6 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 8,00 | 11,00 | 27,50 | 2 | 0,91 | 0,86 | 137 | 0,54 | 3,5 | 242,3 | 363,5 | 42,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 8,20 | 11,00 | 33,33 | 2 | 0,87 | 0,88 | 137 | 0,54 | 3,4 | 246,6 | 369,9 | 42,5 | -- | 31 | 22 | 19 | 18 | 25 | 26 | 18,3 | 27,5 | 33,0 | -- | -- | |
| 8,40 | 10,00 | 50,00 | 4 | 0,86 | 0,89 | 132 | 0,50 | 3,0 | 245,3 | 367,6 | 40,0 | -- | 31 | 22 | 18 | 17 | 25 | 26 | 16,7 | 25,0 | 30,0 | -- | -- | |
| 8,60 | 6,00 | 85,71 | 4 | 0,82 | 0,91 | 109 | 0,30 | 1,6 | 174,2 | 261,3 | 28,8 | -- | 31 | 19 | 16 | 15 | 25 | 26 | 10,0 | 15,0 | 18,0 | -- | -- | |
| 8,80 | 7,00 | 35,00 | 4 | 0,83 | 0,93 | 115 | 0,35 | 1,9 | 198,6 | 297,9 | 32,2 | -- | 31 | 20 | 16 | 16 | 25 | 26 | 11,7 | 17,5 | 21,0 | -- | -- | |
| 9,00 | 14,00 | 20,90 | 2 | 0,94 | 0,95 | 150 | 0,64 | 3,8 | 266,2 | 399,4 | 48,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 9,20 | 10,00 | 21,28 | 2 | 0,90 | 0,96 | 132 | 0,50 | 2,8 | 255,8 | 383,7 | 40,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 9,40 | 12,00 | 36,36 | 4 | 0,88 | 0,98 | 141 | 0,57 | 3,2 | 272,8 | 409,3 | 44,6 | -- | 31 | 22 | 19 | 18 | 25 | 26 | 20,0 | 30,0 | 36,0 | -- | -- | |
| 9,60 | 11,00 | 20,75 | 2 | 0,91 | 1,00 | 137 | 0,54 | 2,9 | 269,6 | 404,4 | 42,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 9,80 | 15,00 | 37,50 | 4 | 0,89 | 1,02 | 154 | 0,67 | 3,7 | 287,2 | 430,8 | 49,5 | 6 | 32 | 23 | 20 | 19 | 26 | 27 | 25,0 | 37,5 | 45,0 | -- | -- | |
| 10,00 | 10,00 | 7,52 | 2 | 0,90 | 1,04 | 132 | 0,50 | 2,5 | 264,1 | 396,2 | 40,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 10,20 | 8,00 | 54,42 | 3 | 0,97 | 1,06 | 289 | -- | -- | -- | -- | -- | 63 | 39 | 31 | 28 | 27 | 35 | 33 | 133,3 | 200,0 | 240,0 | -- | -- | |
| 10,40 | 101,00 | 89,38 | 3 | 1,00 | 1,08 | 315 | -- | -- | -- | -- | -- | 71 | 40 | 32 | 29 | 28 | 37 | 34 | 188,3 | 252,5 | 303,0 | -- | -- | |
| 10,60 | 106,00 | 56,68 | 3 | 1,01 | 1,10 | 321 | -- | -- | -- | -- | -- | 72 | 40 | 32 | 30 | 28 | 37 | 34 | 176,7 | 265,0 | 318,0 | -- | -- | |
| 10,80 | 84,00 | 125,37 | 3 | 0,97 | 1,11 | 294 | -- | -- | -- | -- | -- | 63 | 39 | 31 | 28 | 26 | 35 | 33 | 140,0 | 210,0 | 252,0 | -- | -- | |
| 11,00 | 92,00 | 62,59 | 3 | 0,99 | 1,13 | 304 | -- | -- | -- | -- | -- | 66 | 39 | 32 | 29 | 27 | 36 | 33 | 153,3 | 230,0 | 276,0 | -- | -- | |
| 11,20 | 35,00 | 26,32 | 4 | 0,98 | 1,15 | 211 | 1,17 | 6,4 | 299,7 | 449,5 | 105,0 | -- | 32 | 35 | 27 | 24 | 22 | 30 | 29 | 58,3 | 87,5 | 105,0 | -- | -- |
| 11,40 | 40,00 | 37,98 | 3 | 0,90 | 1,17 | 222 | -- | -- | -- | -- | -- | 37 | 38 | 27 | 24 | 23 | 31 | 30 | 66,7 | 100,0 | 120,0 | -- | -- | |
| 11,60 | 28,00 | 24,78 | 4 | 0,96 | 1,19 | 194 | 0,97 | 4,8 | 330,3 | 495,4 | 84,0 | 24 | 34 | 25 | 22 | 21 | 29 | 28 | 46,7 | 70,0 | 84,0 | -- | -- | |
| 11,80 | 72,00 | 43,11 | 4 | 0,95 | 1,21 | 277 | -- | -- | -- | -- | -- | 56 | 38 | 30 | 27 | 25 | 34 | 32 | 120,0 | 180,0 | 216,0 | -- | -- | |
| 12,00 | 100,00 | 46,95 | 3 | 1,00 | 1,23 | 314 | -- | -- | -- | -- | -- | 67 | 39 | 32 | 29 | 27 | 36 | 34 | 166,7 | 250,0 | 300,0 | -- | -- | |
| 12,20 | 90,00 | 96,77 | 3 | 0,98 | 1,25 | 302 | -- | -- | -- | -- | -- | 63 | 39 | 31 | 28 | 26 | 35 | 33 | 150,0 | 225,0 | 270,0 | -- | -- | |
| 12,40 | 121,00 | 64,71 | 3 | 1,03 | 1,27 | 337 | -- | -- | -- | -- | -- | 73 | 40 | 32 | 29 | 28 | 37 | 35 | 201,7 | 302,5 | 363,0 | -- | -- | |
| 12,60 | 77,00 | 35,00 | 3 | 0,96 | 1,29 | 284 | -- | -- | -- | -- | -- | 57 | 38 | 30 | 27 | 25 | 34 | 33 | 128, | | | | | |

| PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA | | | | | | | | | | CPT | | 2 | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|------|------------------|----------------|------|------|------|-------|--------------------------|-------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|
| PARAMETRI GEOTECNICI | | | | | | | | | | Riferimento | | 009-025 | | | | | | | | | | | |
| Committente Privato | | | | | | | | | | U.M.: kg/cm ² | | Data exec. 06/06/2025 | | | | | | | | | | | |
| Cantiere impianto solare | | | | | | | | | | Pagina 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Località novi di modena 41016 NOVI DI MODENA (MO) | | | | | | | | | | Elaborato | | Falda -2,20 m | | | | | | | | | | | |
| NATURA COESIVA | | | | | | | | | | NATURA GRANULARE | | | | | | | | | | | | | |
| H | qc | qc/fs | zone | γ' | σ'_{vo} | Vs | Cu | OCR | Eu50 | Eu25 | Mo | Dr | Sc | Ca | Ko | DB | DM | Me | E'50 | E'25 | Mo | FL1 | FL2 |
| m | U.M. | | | t/m ³ | U.M. | mv/s | U.M. | % | U.M. | U.M. | U.M. | % | (°) | (°) | (°) | (°) | (°) | (°) | U.M. | U.M. | U.M. | | |
| 0,20 | 7,00 | 21,21 | 2 | 1,85 | 0,04 | 115 | 0,35 | 99,9 | 59,5 | 89,3 | 32,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,40 | 8,00 | 18,18 | 2 | 1,85 | 0,07 | 109 | 0,30 | 36,1 | 51,0 | 76,5 | 28,8 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,60 | 8,00 | 13,33 | 2 | 1,85 | 0,11 | 121 | 0,40 | 31,2 | 68,0 | 102,0 | 35,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,80 | 8,00 | 8,96 | 2 | 1,85 | 0,15 | 109 | 0,30 | 15,2 | 12,0 | 18,0 | 9,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,00 | 15,00 | 19,75 | 2 | 1,85 | 0,19 | 154 | 0,67 | 31,2 | 113,3 | 170,0 | 49,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,20 | 14,00 | 17,50 | 2 | 1,85 | 0,22 | 150 | 0,64 | 23,4 | 108,2 | 162,3 | 48,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,40 | 15,00 | 17,24 | 2 | 1,85 | 0,26 | 154 | 0,67 | 20,5 | 113,3 | 170,0 | 49,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,60 | 10,00 | 8,85 | 2 | 1,85 | 0,30 | 132 | 0,50 | 12,1 | 85,0 | 127,5 | 40,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,80 | 12,00 | 12,00 | 2 | 1,85 | 0,33 | 141 | 0,57 | 12,3 | 97,1 | 145,7 | 44,6 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,00 | 15,00 | 15,00 | 2 | 1,85 | 0,37 | 154 | 0,67 | 13,1 | 113,3 | 170,0 | 49,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,20 | 15,00 | 15,00 | 2 | 0,95 | 0,39 | 154 | 0,67 | 12,3 | 113,3 | 170,0 | 49,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,40 | 16,00 | 17,20 | 2 | 0,98 | 0,41 | 157 | 0,70 | 12,2 | 118,3 | 177,4 | 51,8 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,60 | 19,00 | 15,83 | 2 | 0,99 | 0,43 | 168 | 0,78 | 13,2 | 131,8 | 197,8 | 58,1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,80 | 22,00 | 18,33 | 4 | 0,93 | 0,45 | 177 | 0,85 | 14,0 | 143,8 | 215,8 | 66,0 | 40 | 36 | 29 | 26 | 24 | 33 | 28 | 36,7 | 55,0 | 66,0 | -- | -- |
| 3,00 | 23,00 | 12,30 | 4 | 0,94 | 0,47 | 180 | 0,87 | 13,7 | 147,5 | 221,3 | 69,0 | 40 | 36 | 29 | 26 | 24 | 33 | 28 | 38,3 | 57,5 | 69,0 | -- | -- |
| 3,20 | 26,00 | 13,90 | 4 | 0,95 | 0,48 | 189 | 0,93 | 14,2 | 157,9 | 236,8 | 79,0 | 43 | 36 | 30 | 27 | 25 | 34 | 28 | 43,3 | 65,0 | 78,0 | -- | -- |
| 3,40 | 22,00 | 11,76 | 4 | 0,93 | 0,50 | 177 | 0,85 | 12,0 | 143,8 | 215,8 | 66,0 | 37 | 36 | 29 | 25 | 24 | 32 | 28 | 36,7 | 55,0 | 66,0 | -- | -- |
| 3,60 | 27,00 | 18,37 | 4 | 0,95 | 0,52 | 192 | 0,89 | 13,2 | 161,1 | 241,6 | 81,0 | 43 | 36 | 29 | 26 | 25 | 33 | 28 | 45,0 | 67,5 | 81,0 | -- | -- |
| 3,80 | 22,00 | 16,54 | 4 | 0,93 | 0,54 | 177 | 0,85 | 11,0 | 143,8 | 215,8 | 66,0 | 35 | 35 | 28 | 25 | 24 | 32 | 28 | 36,7 | 55,0 | 66,0 | -- | -- |
| 4,00 | 20,00 | 10,00 | 4 | 0,93 | 0,56 | 171 | 0,80 | 9,8 | 136,4 | 204,6 | 60,0 | 31 | 35 | 28 | 24 | 23 | 31 | 27 | 33,3 | 50,0 | 60,0 | -- | -- |
| 4,20 | 20,00 | 29,85 | 4 | 0,93 | 0,58 | 171 | 0,80 | 9,4 | 138,4 | 207,6 | 60,0 | 30 | 35 | 27 | 24 | 23 | 31 | 27 | 33,3 | 50,0 | 60,0 | -- | -- |
| 4,40 | 10,00 | 18,87 | 2 | 0,90 | 0,60 | 132 | 0,50 | 5,0 | 164,2 | 246,3 | 40,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,60 | 8,00 | 20,00 | 2 | 0,88 | 0,61 | 121 | 0,40 | 3,7 | 173,0 | 259,5 | 35,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,80 | 9,00 | 22,50 | 2 | 0,88 | 0,63 | 127 | 0,45 | 4,1 | 176,1 | 264,1 | 37,8 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5,00 | 6,00 | 4,51 | 1 | 0,48 | 0,64 | 109 | 0,30 | 2,4 | 33,8 | 50,6 | 9,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5,20 | 20,00 | 29,85 | 4 | 0,93 | 0,66 | 171 | 0,80 | 8,0 | 158,0 | 237,0 | 60,0 | 27 | 34 | 27 | 24 | 22 | 30 | 27 | 33,3 | 50,0 | 60,0 | -- | -- |
| 5,40 | 16,00 | 26,67 | 4 | 0,96 | 0,68 | 157 | 0,70 | 6,5 | 174,7 | 262,1 | 51,8 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5,60 | 10,00 | 14,93 | 2 | 0,90 | 0,70 | 132 | 0,50 | 4,2 | 194,2 | 291,3 | 40,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5,80 | 12,00 | 9,45 | 2 | 0,92 | 0,71 | 141 | 0,57 | 4,8 | 198,3 | 297,4 | 44,6 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 6,00 | 22,00 | 55,00 | 3 | 0,86 | 0,73 | 177 | -- | -- | -- | -- | -- | 28 | 35 | 27 | 24 | 22 | 30 | 28 | 36,7 | 55,0 | 66,0 | -- | -- |
| 6,20 | 12,00 | 30,00 | 4 | 0,88 | 0,75 | 141 | 0,57 | 4,5 | 208,8 | 313,2 | 44,6 | 6 | 32 | 24 | 20 | 19 | 27 | 26 | 20,0 | 30,0 | 36,0 | -- | -- |
| 6,40 | 10,00 | 14,93 | 2 | 0,90 | 0,77 | 132 | 0,50 | 3,7 | 216,4 | 324,5 | 40,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 6,60 | 8,00 | 9,20 | 2 | 0,86 | 0,78 | 121 | 0,40 | 2,7 | 206,2 | 309,3 | 35,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 6,80 | 20,00 | 37,74 | 4 | 0,93 | 0,80 | 171 | 0,80 | 6,3 | 209,5 | 314,2 | 60,0 | 22 | 34 | 26 | 23 | 21 | 29 | 27 | 33,3 | 50,0 | 60,0 | -- | -- |
| 7,00 | 10,00 | 9,35 | 2 | 0,90 | 0,82 | 132 | 0,50 | 3,4 | 230,4 | 345,6 | 40,0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 7,20 | 40,00 | 50,00 | 3 | 0,90 | 0,84 | 222 | -- | -- | -- | -- | -- | 45 | 37 | 29 | 26 | 24 | 33 | 30 | 66,7 | 100,0 | 120,0 | -- | -- |
| 7,40 | 43,00 | 91,49 | 3 | 0,91 | 0,86 | 228 | -- | -- | -- | -- | -- | 47 | 37 | 29 | 26 | 25 | 33 | 30 | 71,7 | 107,5 | 129,0 | -- | -- |
| 7,60 | 55,00 | 43,31 | 3 | 0,93 | 0,87 | 251 | -- | -- | -- | -- | -- | 55 | 38 | 30 | 27 | 26 | 34 | 31 | 91,7 | 137,5 | 165,0 | -- | -- |
| 7,80 | 40,00 | 50,00 | 3 | 0,90 | 0,89 | 222 | -- | -- | -- | -- | -- | 43 | 36 | 29 | 26 | 24 | 32 | 30 | 66,7 | 100,0 | 120,0 | -- | -- |
| 8,00 | 60,00 | 53,10 | 3 | 0,93 | 0,91 | 259 | -- | -- | -- | -- | -- | 57 | 38 | 31 | 28 | 26 | 35 | 32 | 100,0 | 150,0 | 180,0 | -- | -- |
| 8,20 | 60,00 | 75,00 | 3 | 0,93 | 0,93 | 259 | -- | -- | -- | -- | -- | 56 | 38 | 30 | 27 | 26 | 35 | 32 | 100,0 | 150,0 | 180,0 | -- | -- |
| 8,40 | 50,00 | 68,49 | 3 | 0,92 | 0,95 | 242 | -- | -- | -- | -- | -- | 49 | 37 | 29 | 26 | 25 | 33 | 31 | 83,3 | 125,0 | 150,0 | -- | -- |
| 8,60 | 50,00 | 71,29 | 3 | 0,92 | 0,97 | 242 | -- | -- | -- | -- | -- | 49 | 37 | 29 | 26 | 25 | 33 | 31 | 83,3 | 125,0 | 150,0 | -- | -- |
| 8,80 | 7,00 | 25,93 | 2 | 0,84 | 0,98 | 115 | 0,35 | 1,7 | 200,8 | 301,2 | 32,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 9,00 | 15,00 | 28,30 | 2 | 0,95 | 1,00 | 154 | 0,67 | 3,8 | 282,6 | 423,8 | 49,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 9,20 | 8,00 | 13,33 | 2 | 0,86 | 1,02 | 121 | 0,40 | 1,9 | 225,1 | 337,6 | 35,2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 9,40 | 9,00 | 5,20 | 2 | 0,88 | 1,04 | 127 | 0,45 | 2,2 | 246,7 | 370,0 | 37,8 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 9,60 | 124,00 | 155,00 | 3 | 1,04 | 1,06 | 340 | -- | -- | -- | -- | -- | 78 | 41 | 33 | 31 | 29 | 38 | 35 | 206,7 | 310,0 | 372,0 | -- | -- |
| 9,80 | 118,00 | 43,22 | 3 | 1,03 | 1,08 | 334 | -- | -- | -- | -- | -- | 76 | 40 | 33 | 30 | 28 | 37 | 35 | 196,7 | 295,0 | 354,0 | -- | -- |
| 10,00 | 160,00 | 58,81 | 3 | 1,09 | 1,10 | 375 | -- | -- | -- | -- | -- | 86 | 42 | 34 | 32 | 30 | 39 | 36 | 266,7 | 400,0 | 480,0 | -- | -- |
| 10,20 | 161,00 | 67,08 | 3 | 1,09 | 1,12 | 378 | -- | -- | -- | -- | -- | 86 | 42 | 34 | 32 | 30 | 39 | 36 | 268,3 | 402,5 | 483,0 | -- | -- |
| 10,40 | 90,00 | 48,13 | 3 | 0,98 | 1,14 | 302 | -- | -- | -- | -- | -- | 65 | 39 | 31 | 29 | 27 | 36 | 33 | 150,0 | 225,0 | 270,0 | -- | -- |
| 10,60 | 80,00 | 34,33 | 3 | 0,97 | 1,16 | 289 | -- | -- | -- | -- | -- | 61 | 39 | 31 | 28 | 26 | 35 | 33 | 133,3 | 200,0 | 240,0 | -- | -- |
| 10,80 | 50,00 | 22,73 | 4 | 1,01 | 1,18 | 242 | 1,67 | 9,7 | 285,5 | 428,3 | 150,0 | 44 | 37 | 28 | 25 | 24 | 32 | 31 | 83,3 | 125,0 | 150,0 | -- | -- |
| 11,00 | 50,00 | 25,00 | 4 | 1,01 | 1,20 | 242 | 1,67 | 9,5 | 287,9 | 431,9 | 150,0 | 44 | 36 | 28 | 25 | 24 | 32 | 31 | 83,3 | 125,0 | 150,0 | -- | -- |
| 11,20 | 130,00 | 149,43 | 3 | 1,05 | 1,22 | 346 | -- | -- | -- | -- | -- | 76 | 40 | 33 | 30 | 28 | 37 | 35 | | | | | |

Legenda:

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - qc - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : D_r - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - qc - σ'_{vo}]
 ϕ'_{Ca} - Caquot (1948) ϕ'_{Ko} - Koppejan (1948)
 ϕ'_{DB} - De Beer (1965) ϕ'_{Sc} - Schmertmann (1978)
 ϕ'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) ϕ'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)
- V_s = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

Valutazioni in base al rapporto: $F = (qc / fs)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

| $F = qc / fs$ | NATURA LITOLOGICA | PROPRIETA' |
|--|-------------------------------|------------|
| $F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$ | TORBE ED ARGILLE ORGANICHE | COESIVE |
| $15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$ | LIMI ED ARGILLE | COESIVE |
| $30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$ | LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE | GRANULARI |
| $F > 60 \text{ kg/cm}^2$ | SABBIE E SABBIE CON GHIAIA | GRANULARI |

Date le modalità di acquisizione dati, i parametri geotecnici hanno esclusivamente validità orientativa come i risultati delle prossime valutazioni con essi eseguite. Per valutazioni più precise si rimanda ad eventuali idonee analisi di laboratorio da effettuarsi su campioni indisturbati prelevati nel corso di ulteriori sondaggi geognostici a carotaggio continuo.

Stima dei valori di permeabilità k degli strati argillosi individuati

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 più profonde maggiormente coesive, ci si aspetta invece valori molto più bassi compresi tra 10^{-8} e 10^{-9} m/s.

12. MODELLO IDROGEOLOGICO DELL'AREA

Nel territorio un 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.

Come indicato in relazione mzs, le formazioni superficiali che costituiscono gli orizzonti idrogeologici del sottosuolo della zona in oggetto sono rappresentate prevalentemente da sedimenti grossolani e fini (ghiaie e sabbie) depositi dal corso fluviale principale locale, dai fiumi appenninici e dal Po. I caratteri litotecnici e l'assetto degli orizzonti acquiferi evidenziano che il sottosuolo del territorio di ocomunale è suddivisibile in due settori a caratteristiche nettamente diverse.

Per il territorio settentrionale comunale, le caratteristiche sono attribuibili all'unità Idrogeologica della Media Pianura. Complesso Acquifero A0 (Unità geologica AES8): è correlabile a deposizioni prevalentemente di ambito continentale. Lo spessore dell'unità in oggetto oscilla mediamente tra 15/20 ÷ 25 m e raggiunge gli spessori relativi inferiori nelle zone meridionali, 15 ÷ 20 m, e tendenzialmente maggiori nelle zone settentrionali – nord orientali, dove si rinviene generalmente sino a -25 m dal piano campagna. In tale unità gli orizzonti acquiferi che costituiscono la falda freatica hanno geometria spiccatamente lentiforme e denotano pronunciate variazioni laterali nelle componenti granulometriche, con pronunciati incrementi nelle percentuali rappresentate dalle frazioni limose limoso argillose nelle aree a settentrione del capoluogo.

I livelli sabbiosi saturi in acqua che presentano un maggior grado di continuità laterale nelle parti centro settentrionali del territorio si rinvencono in prevalenza tra -5 ÷ -10 m e tra -10 ÷ -15 m pc. *La falda, al momento della elaborazione del presente lavoro si attestava a circa 1,20 m da p.c. ma tale dato deve essere verificato, eventualmente, in fase esecutiva.*

In base ai valori di trasmissività e permeabilità medi territoriali, pubblicati da RER, in areali appartenenti alla fascia frontale e mediana della conoide, sono attribuibili alle unità ghiaioso sabbiose presenti nel sottosuolo comunale, valori equivalenti a:

$$- T = 4 \div 6 \cdot 10^{-2} \text{ mq/sec} \quad - K = 2 \div 3 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$

Considerando una porosità efficace del 25 % ed un gradiente idraulico $i = 10^{-3} \div 10^{-4}$ (Arkigeo 2010) si ottiene una velocità di deflusso idrico sotterraneo corrispondente a:

$$V = 0,2 \div 1 \text{ m/g}$$

Ne consegue che per gli acquiferi dell'unità della conoide del Secchia presenti nei primi 150/200 m del sottosuolo, si hanno velocità di ricarica rapidi.

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 -2,20 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 geolitologiche che si ricavano dalla elaborazione delle indagini cpt, indicano la presenza di materiali coesivi (principalmente limi argillosi moderatamente plastici ed argille limose inorganiche), da p.c. sino a circa m 10 di profondità. A tale sequenza, segue, sino a circa m 30 di profondità, una alternanza di limi sabbioso argillosi di modesto spessore, in cui, però, prevale la componente coesiva, sabbie finissime limo argillose ed argille.

Caratteristiche specifiche, nei paragrafi 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 C, con $V_{s30} = 208$ m/sec e con

Valori di caratterizzazione sismica, nei paragrafi precedenti.

Dalle indagini eseguite (Seed & Idris e Tokimatsu e Yoshimi) e dalla cartografia da PSC/pug/mzs, l'area indagata non risulta essere oggetto di potenziali fenomeni di liquefazione. Nel caso specifico dei terreni esaminati nel presente lavoro, in corrispondenza delle verticali d'indagine, per tutto l'intervallo stratigrafico indagato, si sono attraversati sedimenti prealtemente coesivi. Tale caratteristica esclude il sito da fenomeni di possibile liquefazione. Le verifiche tramite dati

da MZS con indagini sul sito stesso, hanno dato esito (su 3 prove verificate) di rischio liquefazione basso con IL medio = 1,382

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 per l'area impianto.

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 08/07/2025

Dott. Geol. POLLINI MATTEO