



**COMUNE DI REA**

PROVINCIA DI PAVIA

---

## **PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO P.G.T.**

**REVISIONE GENERALE 2024-2025**

### **PIANO DELLE REGOLE**

PROGETTAZIONE

**STUDIO MOSSOLANI**

Via Della Pace, 14 – 27045 Casteggio (PV)

**Dott. Arch. Mario MOSSOLANI – Dott. Ing. Marcello MOSSOLANI**

#### **COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

*L.R. 12/2015 – DGR IX/2616/2011*

#### **AGGIORNAMENTO ED ADEGUAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA AL PIANO DI GESTIONE DEI RISCHI ALLUVIONALI “PGRA” E ALLA RICLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE**

*DGR X/6738/2017 – DGR X/2129/2014*

---

#### **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

**Dott. Geologo Giorgio NEGRINI**

Iscrizione Ordine Geologi della Lombardia n°585\_AP

e-mail [giorgio@negriniconsulting.it](mailto:giorgio@negriniconsulting.it) – PEC [giorgio.negrini@pec.epap.it](mailto:giorgio.negrini@pec.epap.it)

**Dott. Geologo Stefania BRANCHI**

Iscrizione Ordine Geologi della Lombardia n°1007\_AP

e-mail [branchi.stefania@gmail.com](mailto:branchi.stefania@gmail.com) – PEC [stefaniabbranchigeol@pec.epap.it](mailto:stefaniabbranchigeol@pec.epap.it)

---



## SOMMARIO

1. FINALITA' DELLO STUDIO E RIFERIMENTI NORMATIVI .....	1
2. METODOLOGIA E CONTENUTI DELLO STUDIO.....	1
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL TERRITORIO COMUNALE .....	3
4. INQUADRAMENTO CLIMATICO .....	6
4.1 Generalità .....	6
4.2 Temperature .....	6
4.3 Precipitazioni .....	9
4.4 Venti.....	11
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE .....	13
5.1 Inquadramento geologico.....	13
5.2 Inquadramento geomorfologico.....	15
6. PEDOLOGIA .....	15
7. IDROGRAFIA.....	18
7. INONDABILITA' DEL TERRITORIO COMUNALE .....	22
8. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO, PIEZOMETRIA E VULNERABILITA' DELLA FALDA.....	24
9. PRIMA CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA DEI TERRENI .....	29
10. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA .....	31
10.1 Premessa.....	31
10.2 Zone sismogenetiche .....	31
10.3 Sorgenti sismogenetiche individuali/composite.....	32
10.4 Sismicità storica .....	34
10.5 Quadro normativo e classificazione sismica del territorio comunale .....	41
10.6 Pericolosità sismica locale.....	44
10.6.1 Approfondimento sismico di primo livello .....	45
10.6.2 Approfondimento sismico di secondo livello .....	46
10.6.3 Approfondimento sismico di terzo livello.....	54
11. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI "PGRA"-CARTA PAI-PGRA.....	55
12. QUADRO DEI VINCOLI GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI E IDRAULICI .....	58
12.1 Vincoli di difesa idraulica .....	58
12.2 Vincoli di polizia idraulica.....	59
12.3 Salvaguardia delle acque destinate al consumo umano.....	60
12.4 Ambiti estrattivi individuati nel Piano Cave vigente della Provincia di Pavia .....	61

---



COMUNE DI REA (PV)

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO - **REVISIONE GENERALE 2024-2025**

**PIANO DELLE REGOLE - COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

---

12.5 Sinkhole.....	61
12.6 Programma di Tutela ed Uso delle Acque-PTUA 2016.....	62
13. SINTESI DEGLI ELEMENTI CONOSCITIVI.....	69
14. FATTIBILITA' GEOLOGICA .....	70

#### ALLEGATI

Allegato 1 - Schede, stratigrafie pozzi idrici e sondaggi, tabelle e grafici prove penetrometriche

Allegato 2 - Report indagini sismiche MASW-HVSR

---



## 1. FINALITA' DELLO STUDIO E RIFERIMENTI NORMATIVI

Il comune di REA è dotato di apposita "Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica" del Piano di Governo del Territorio "PGT", estesa all'intero territorio comunale, redatta nel 2009 dal *Dott. Geol. Felice Sacchi* conformemente alle direttive tecniche della L.R. n.12 dell'11.03.2005, della D.G.R. n°8/1566 del 22.12.2005 e della D.G.R. n°8/7374 del 28.05.2008. Nell'ambito della **Revisione Generale 2024-2025** del "PGT", la presente relazione e gli elaborati cartografici indicati nel seguito, costituiscono, **l'aggiornamento e l'adeguamento della "Componente geologica, idrogeologica e sismica" al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni "PGRA"**, ai sensi della *DGR 19 giugno 2017, n°X/6738* e delle successive integrazioni di cui alla *DGR 2 agosto 2018 n°XI/470* ed alla **riclassificazione sismica del territorio comunale in seguito all'aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (DGR 11 luglio 2014, n°X/2129)**.

## 2. METODOLOGIA E CONTENUTI DELLO STUDIO

L'aggiornamento e l'adeguamento della *Componente geologica, idrogeologica e sismica*, che ha portato alla redazione degli elaborati elencati nel seguito, è stata sviluppata in due fasi: **fase di analisi** e **fase di sintesi-valutazione-proposta**.

La **fase di analisi** ha comportato la ridefinizione e revisione degli elaborati cartografici di inquadramento determinato oltre che dall'acquisizione del nuovo database topografico, dalla sistematica raccolta di dati ed informazioni presso Enti di competenza (Regione Lombardia, Provincia di Pavia, Pavia Acque, Settore Urbanistica, Edilizia e ambiente comunale, etc.) inerenti le varie tematiche ambientali, seguito da una dettagliata campagna di rilevamento. La fase di analisi ha, pertanto, condotto all'aggiornamento del quadro delle conoscenze contenute nelle cartografie/relazione del precedente studio geologico per quanto riguarda i tematismi dell'idrogeologia, vulnerabilità, caratteri geologico-tecnici e pericolosità sismica locale. In particolare l'aggiornamento della componente sismica è stato eseguito sia con riferimento alle indagini sismiche disponibili che attraverso i risultati di nuove prove sismiche "MASW" e "HVSr" soprattutto in corrispondenza della zona edificata del territorio comunale. Sulla base delle risultanze di tutte le prove sismiche e dei dati litostratigrafici di sottosuolo, è stata rivista la precedente Carta di Pericolosità Sismica Locale PSL di I° livello e, considerando che il comune di Rea ricade in zona sismica 3, è stata eseguita un'analisi di II° livello che ha portato alla redazione delle "Carte dei fattori di amplificazione" relativi allo scenario PSL Z4a.





Le **successive fasi di sintesi/valutazione e di proposta** hanno comportato l'aggiornamento della "Carta dei Vincoli", "Carta di Sintesi" e "Carta di Fattibilità geologica", unitamente alla revisione della Relazione illustrativa e delle relative Norme Geologiche di Piano. Inoltre l'adeguamento al *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni "PGRA"* che rappresenta un aggiornamento e un'integrazione del quadro rappresentato negli elaborati *"Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po"* comunemente definito "PAI", ha comportato la redazione di un nuovo elaborato, la **Carta PAI-PGRA**.

Tutto ciò premesso per l'aggiornamento e l'adeguamento della Componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio comunale alle nuove normative sono stati redatti i seguenti elaborati grafici:

Tav. 1	Carta geologica e geomorfologica	scala 1:5.000
Tav. 2	Carta pedologica e carta della capacità d'uso del suolo	scala 1:5.000/1: 10.000
Tav. 3	Carta del reticolo idrografico principale, minore e privato	scala 1: 5.000
Tav. 4	Carta idrogeologica	scala 1:5.000
Tav. 5	Sezioni idrogeologiche	scala 1:5.000/1:500
Tav. 6	Carta della pericolosità sismica locale con ubicazione indagini sismiche (I° Livello)	scala 1:5.000
Tav. 7	Carta dei fattori di amplificazione calcolati FAC relativi allo scenario Z4a per il periodo $T = 0.1-0.5$ s – II° Livello	scala 1: 5.000
Tav. 8	Carta dei fattori di amplificazione calcolati FAC relativi allo scenario Z4a per il periodo $T = 0.5-1.5$ s – II° Livello	scala 1: 5.000
Tav. 9	Carta PAI-PGRA Pericolosità	scala 1:5.000
Tav. 10	Carta PAI-PGRA Rischio	scala 1:5.000
Tav. 11	Carta dei vincoli	scala 1:5.000
Tav. 12	Carta di sintesi	scala 1:5.000
Tav. 13	Carta di fattibilità geologica	scala 1:5.000
Tav. 14	Carta di fattibilità geologica su base CTR con sovrapposizione delle aree soggette ad amplificazione sismica locale	scala 1:10.000
Tav. 15	Approfondimenti sismici obbligatori nel territorio comunale-Verifica di II° livello (scenario PSL Z4) e verifica di III° livello (scenario PSL Z2b)	scala 1:5.000



### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL TERRITORIO COMUNALE

Il territorio comunale di Rea è situato nel settore sud-occidentale della Lombardia al margine settentrionale dell'Oltrepò Pavese, sulla destra del Po, più o meno al centro della provincia di Pavia (cfr. Fig.1) e più precisamente circa 17 km a sud di Pavia. In particolare appartiene quasi interamente al Comprensorio dell'Oltrepò Pavese, infatti è posto nella zona centrale di quella parte dell'Oltrepò chiamata “*Basso Oltrepò*” per distinguerla dalla zona di collina e da quella di montagna (cfr. Fig.2). Il margine nord del territorio comunale è posto a nord del F. Po e interessa il Comprensorio Pavese.

Fig.1-Inquadrimento territoriale

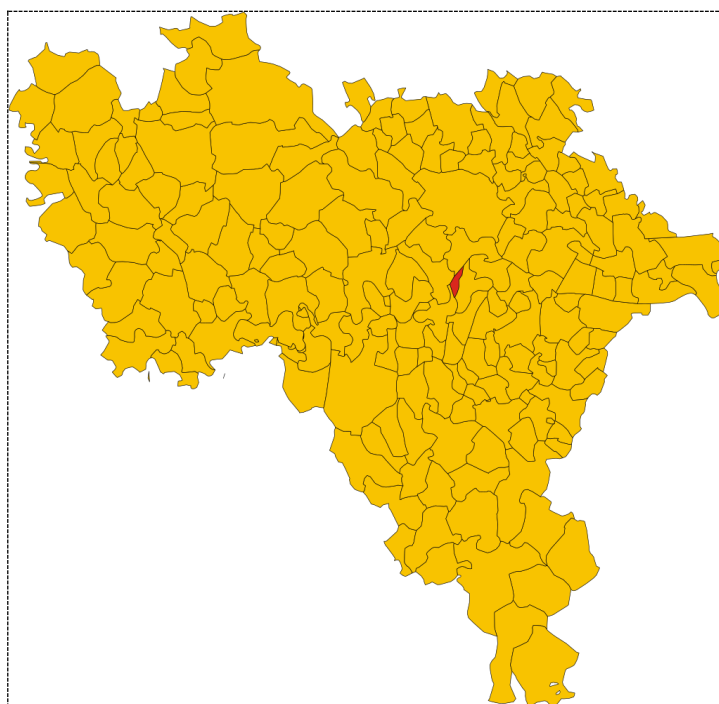


Fig.2-Comprensori della provincia di Pavia





È caratterizzato da una morfologia pianeggiante, con quote comprese tra 62 e 56 m s.l.m. Dal punto di vista morfologico è posto interamente nella valle del Po ed occupa una superficie di circa 3.11 km<sup>2</sup>. I suoi limiti amministrativi confinano con quelli dei Comuni di Bressana Bottarone, Cava Manara, Travacò Siccomario e Verrua Po (cfr. Fig.3). In generale la piana ha un'altitudine compresa tra i 60 e i 62.5 m s.l.m. e scende, con un rapido salto morfologico, fino a quote prossime a 56 m. s.l.m. in corrispondenza dell'alveo attivo del Po. Il comune è costituito da un solo nucleo che si sviluppa ad est dell'argine maestro del Po e da pochi cascinali sparsi nella campagna (Case Sparse e C.na Gasparoni a valle dell'argine e una cascina al margine sud del territorio comunale). L'intero territorio comunale cartograficamente risulta compreso nelle Sezioni B8b1 e B7b5 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 (cfr. Fig.4).

Fig.3-Inquadramento territoriale su ortofoto

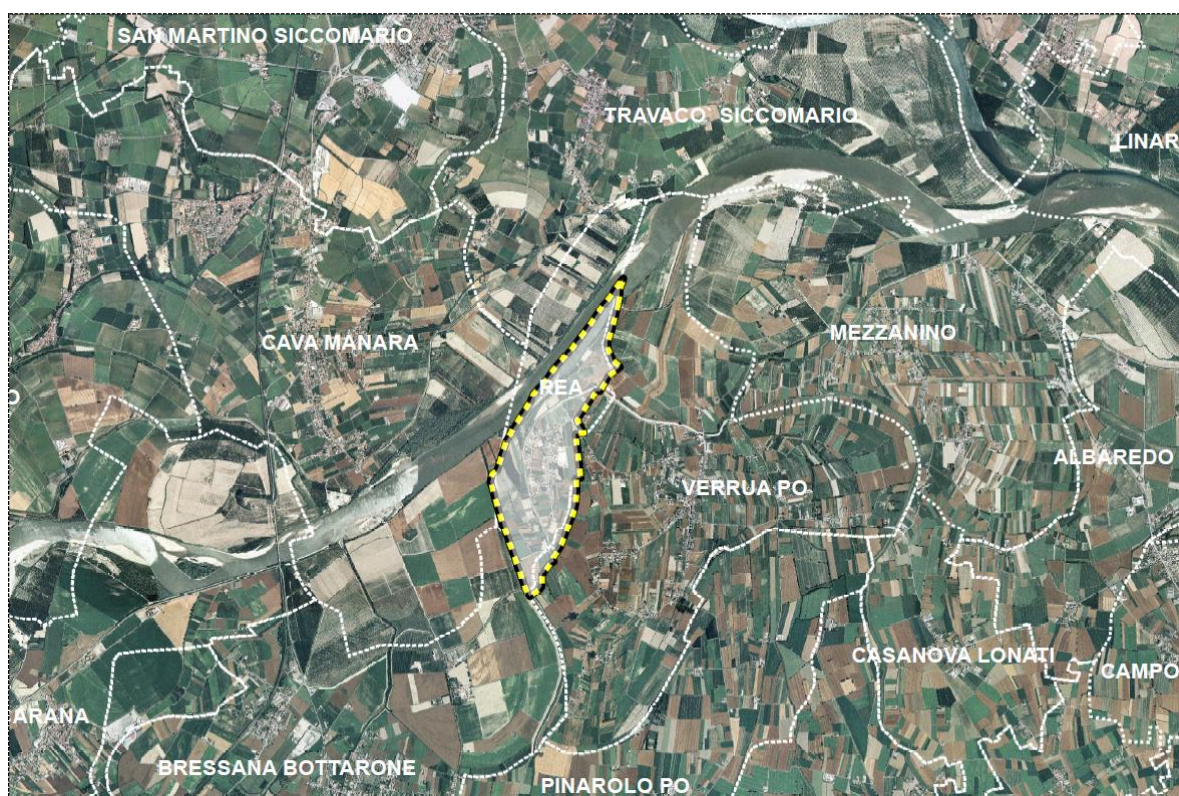
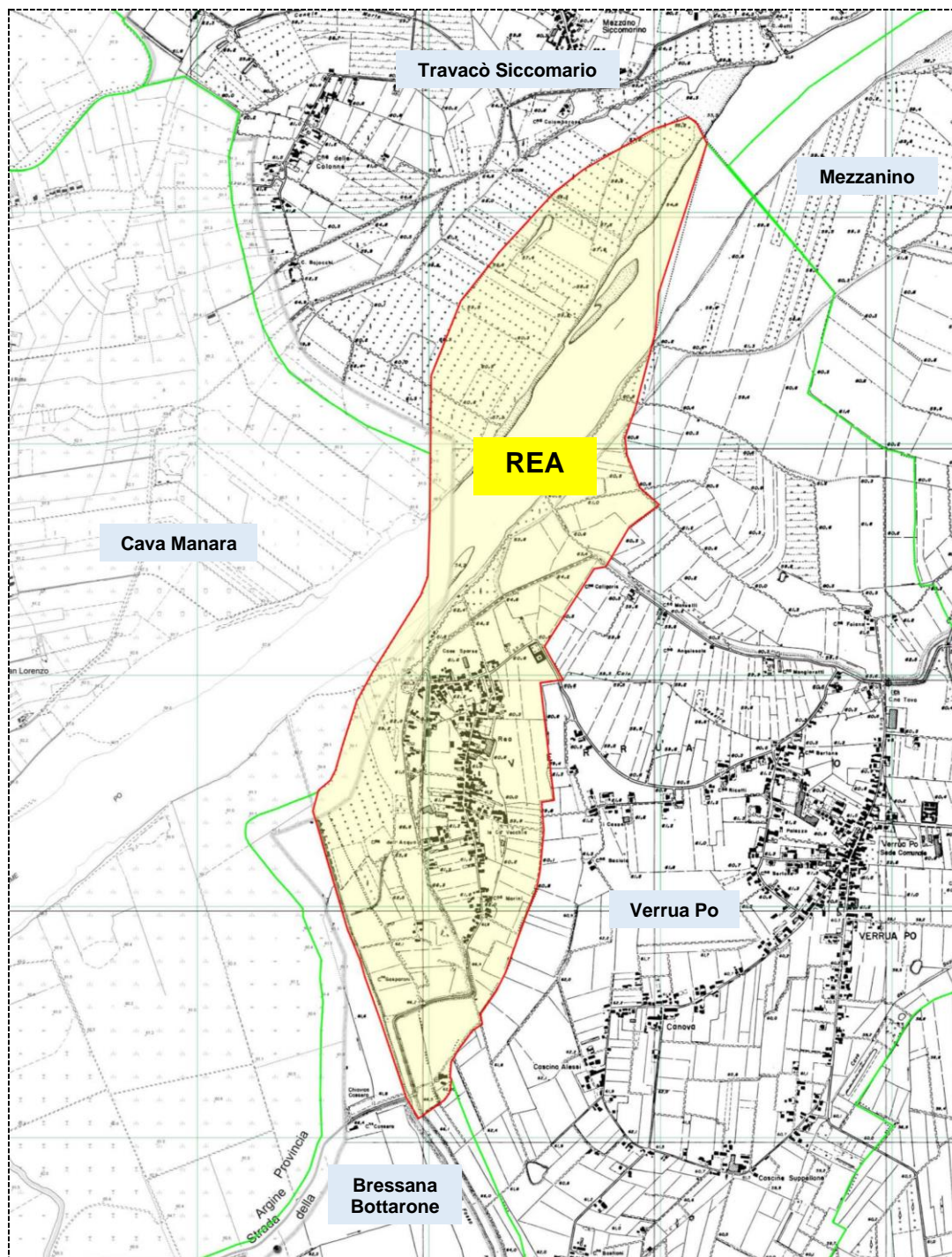






Fig.4-Inquadramento territoriale su Carta Tecnica Regionale





## 4. INQUADRAMENTO CLIMATICO

### 4.1 Generalità

Il clima che caratterizza il territorio di Rea, collocato nella bassa Pianura Padana occidentale, è di tipo prettamente continentale (mesoclima padano) e contraddistinto dal microclima locale tipico della Lomellina. Nonostante risenta positivamente della vicinanza della catena montuosa delle Alpi, la quale costituisce una barriera nei confronti dei freddi venti del nord Europa, il clima padano è caratterizzato da inverni piuttosto rigidi con fenomeni di gelate e frequenti nebbie particolarmente intense nel periodo autunno-invernale ed estati calde e afose con possibilità di fenomeni temporaleschi di breve durata, ma di forte intensità. Le stagioni intermedie (primavera ed autunno) sono invece caratterizzate da tempo instabile con piogge frequenti per la presenza di aree a bassa pressione o cicloniche, di cui quella nettamente predominante è legata agli effetti delle correnti atlantiche che, pur manifestandosi nell'arco dell'intero anno, sono particolarmente frequenti nella stagione autunnale quando provocano le precipitazioni più abbondanti.

Per la determinazione delle condizioni climatiche al contorno della zona di studio sono stati raccolti ed esaminati i dati meteorologici provenienti da stazioni di rilevamento situate in ambito provinciale tratti dal portale di Arpa Lombardia. In particolare sono state considerate le seguenti stazioni idrotermopluviometriche:

- Stazione Pavia-Ponte sul Ticino SS35 (quota 71 m s. l.m.): dati da 04.05.2003 ad oggi
- Stazione Voghera Via Cambiaso (quota 95 m s. l.m.): dati da 04.03.2003 ad oggi

### 4.2 Temperature

Sono stati considerati i dati a partire dall'anno 2003 sino a fine 2022. Nelle tabelle di seguito riportate sono visualizzate per ogni anno le medie mensili rilevate nelle due stazioni termopluviometriche. Nei grafici di Fig.5 e Fig.6 sono riportate le medie mensili nel periodo 2004-2022.

L'andamento della temperatura dell'aria mostra i tipici andamenti stagionali dell'area padana. In particolare il mese più caldo è luglio, con una temperatura media mensile di circa 25°C, mentre quello più freddo gennaio (temperatura media mensile 3°C). Nell'anno 2015 si riscontra il valore più alto di temperatura media mensile pari a 27.60 °C per la stazione di Pavia e 28.33°C per quella di Voghera. La temperatura media mensile più bassa è stata registrata nell'anno 2009 con valori pari rispettivamente a 0.01°C nella stazione di Pavia e 0.30°C in quella di Voghera.



## COMUNE DI REA (PV)

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO - **REVISIONE GENERALE 2024-2025**

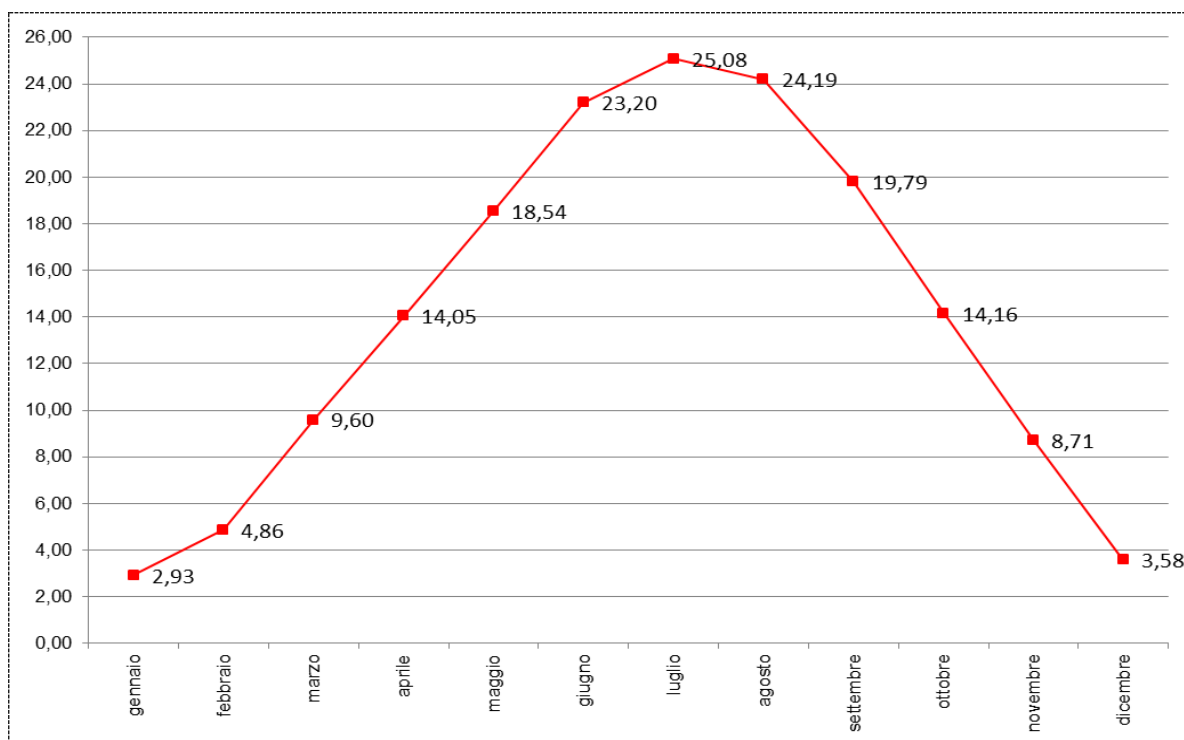
**PIANO DELLE REGOLE - COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Stazione di Pavia - Ponte sul Ticino SS 35 - Temperature medie mensili in °C												
Anno	Gen.	Febb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.
2003	2.87	2.94	10.21	12.91	20.30	26.81	26.08	27.42	18.87	12.11	8.28	4.58
2004	2.75	4.34	-	-	20.16	23.40	24.17	24.33	20.06	15.48	8.70	6.42
2005	2.60	2.78	8.95	12.76	19.18	24.00	24.53	21.96	19.49	13.58	7.47	1.30
2006	0.71	2.90	8.39	14.07	18.54	23.07	26.72	21.72	20.43	15.15	9.75	5.28
2007	5.93	6.60	10.21	16.76	19.38	21.96	24.33	22.26	18.09	13.13	7.20	2.55
2008	4.17	5.74	9.97	12.67	18.19	21.92	24.14	23.74	18.32	14.13	7.86	2.67
2009	0.01	4.17	9.44	13.89	20.23	22.64	24.79	25.12	20.11	13.14	8.86	1.72
2010	0.57	3.21	8.03	13.44	17.03	22.16	25.95	22.54	17.90	11.79	8.15	1.09
2011	1.77	4.67	9.02	16.27	19.88	21.52	22.99	24.74	21.48	13.65	7.33	3.80
2012	2.45	1.10	12.10	12.77	18.01	23.42	24.73	25.47	19.31	14.14	9.76	1.60
2013	2.79	2.55	6.83	13.32	16.21	21.82	25.20	23.71	19.95	14.76	8.95	3.57
2014	5.10	6.80	10.94	14.72	17.69	22.45	22.31	22.29	19.60	15.55	10.81	5.53
2015	3.90	4.46	10.06	14.19	19.04	23.24	27.60	23.82	19.09	13.37	8.67	5.01
2016	3.59	6.67	9.44	14.94	17.12	21.89	25.10	23.87	21.31	12.96	8.43	3.21
2017	1.66	5.93	11.97	14.74	18.82	24.43	24.96	25.40	18.29	14.67	7.82	2.23
2018	6.27	4.22	7.38	15.71	18.84	23.26	25.24	25.20	21.24	15.83	10.29	3.63
2019	2.30	6.25	11.16	13.42	15.30	24.57	25.73	25.08	20.14	15.68	8.90	5.66
2020	3.68	7.70	9.44	14.61	19.21	21.77	24.84	24.94	20.62	13.23	9.05	3.89
2021	2.54	7.22	9.80	12.29	17.10	24.16	24.61	23.88	21.16	13.47	8.59	2.48
2022	2.88	7.03	9.01	13.48	20.52	25.41	27.54	25.56	20.39	17.35	9.41	5.39
Media	2.93	4.86	9.60	14.05	18.54	23.20	25.08	24.19	19.79	14.16	8.71	3.58

Note: in azzurro dati non completi

Fig.5-Stazione di Pavia Ponte sul Ticino: temperature medie mensili (periodo 2004-2022)





## COMUNE DI REA (PV)

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO - **REVISIONE GENERALE 2024-2025**

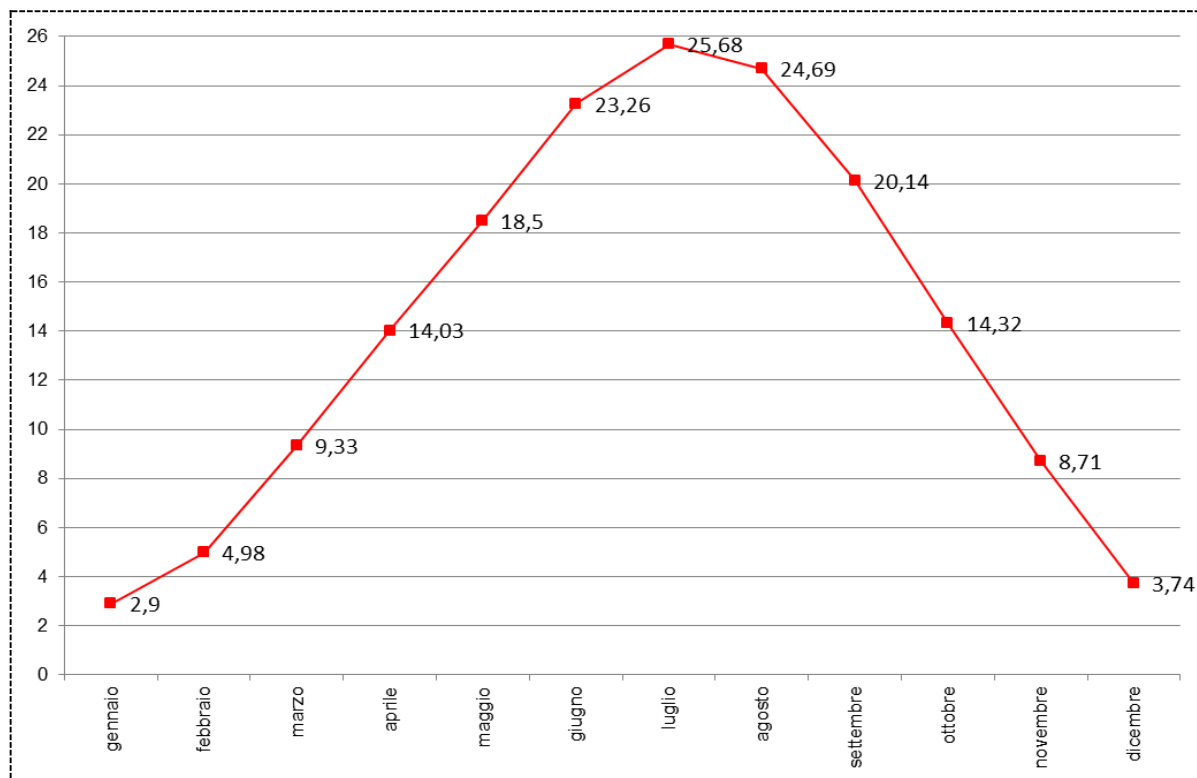
PIANO DELLE REGOLE - COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Stazione Voghera Via Cambiaso-Temperature medie mensili in °C												
Anno	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.
2003	-	-	9.88	12.34	19.68	26.52	26.23	27.83	18.87	11.54	7.82	3.99
2004	2.21	4.36	6.60	13.90	19.72	22.98	24.41	24.90	20.22	15.29	8.12	6.27
2005	2.13	2.21	8.54	12.29	18.92	23.83	24.91	22.52	19.77	13.49	7.15	1.00
2006	0.15	2.91	7.59	14.16	18.40	23.08	27.35	22.58	20.98	15.38	9.77	5.17
2007	6.04	6.85	9.94	16.47	19.53	22.38	25.52	23.19	18.44	13.12	7.12	2.78
2008	4.14	5.68	9.88	12.61	17.92	22.02	24.61	24.48	18.70	15.13	8.05	2.92
2009	0.30	4.54	10.04	14.10	20.52	23.23	25.47	26.00	20.75	13.60	9.16	2.23
2010	0.67	3.44	8.46	13.63	17.47	22.43	26.60	23.40	18.61	11.86	8.44	1.45
2011	1.81	5.04	9.13	16.15	19.91	21.94	23.63	25.81	21.93	13.55	7.30	4.18
2012	2.54	0.99	12.32	12.73	18.25	23.89	25.66	26.53	19.46	14.29	9.75	1.96
2013	2.92	2.36	6.73	13.21	16.28	22.06	25.70	24.26	20.30	14.75	8.52	3.81
2014	5.38	6.77	10.83	14.70	17.82	22.71	22.71	22.57	19.78	15.30	10.77	5.70
2015	4.18	4.44	9.82	14.26	19.36	23.26	28.33	24.41	19.19	13.10	8.82	5.45
2016	3.93	6.75	9.30	14.90	17.30	22.21	25.76	24.49	21.50	12.84	8.42	3.75
2017	1.31	5.87	12.17	14.54	18.84	24.83	25.84	26.52	18.53	15.13	7.87	2.42
2018	5.22	3.47	7.25	15.64	18.78	23.55	26.06	25.82	21.49	15.50	10.09	3.82
2019	2.25	6.45	11.17	13.37	15.45	24.93	26.55	25.69	20.26	15.73	8.72	5.77
2020	4.11	8.08	9.23	14.52	19.27	22.19	25.42	25.42	20.72	13.24	8.92	3.93
2021	2.49	7.22	9.61	12.17	17.17	24.56	25.10	24.58	21.51	13.17	8.93	2.93
2022	3.25	7.20	8.65	13.26	20.50	25.81	28.26	26.11	20.56	17.69	9.53	5.50
Media	2.90	4.98	9.33	14.03	18.50	23.26	25.68	24.69	20.14	14.32	8.71	3.74

Note: in azzurro dati non completi

Fig.6-Stazione di Voghera - Temperature medie mensili (periodo 2004-2022)





Confrontando le temperature medie mensili del periodo 2004÷2022 della stazione di Pavia Ponte SS35 e Voghera via Cambiaso con quelli del periodo 1960÷1985 relativi alle stazioni di Pavia, Voghera e Groppello Cairoli, emerge un aumento della temperatura di circa 2°C (anche 3°C in alcuni mesi).

### 4.3 Precipitazioni

Sono stati considerati i dati a partire dall'anno 2004 sino a fine 2022. Nelle tabelle di seguito riportate sono visualizzate per ogni anno le precipitazioni mensili cumulate in mm rilevate nelle due stazioni termo-pluviometriche. Nei grafici di Fig.7 e Fig.8 sono riportate le precipitazioni annuali cumulate nel periodo 2004-2022. Si osserva che i due massimi di precipitazione si registrano nel periodo autunnale ed in quello primaverile mentre i due minimi si verificano nel periodo estivo ed in quello invernale. Dall'analisi dei grafici sulle precipitazioni annuali si osserva che gli anni più piovosi sono stati il 2014 con oltre 1200 mm di pioggia, mentre quelli meno piovosi sono stati il 2022 e il 2017 rispettivamente con circa 360 mm e 400 mm di pioggia.

Stazione Pavia-Ponte sul Ticino SS35-Precipitazioni mensili cumulate in mm													
Anno	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.	Cumulata
2004	35.40	39.40	38.80	77.80	61.80	10.60	24.60	3.40	4.40	69.00	120.00	42.60	527.8
2005	4.40	34.00	15.80	1.60	52.20	10.40	80.40	123.20	39.20	88.80	57.20	43.20	550.4
2006	46.20	50.80	15.60	55.40	16.60	9.60	28.00	125.40	117.00	39.20	19.40	37.60	560.8
2007	36.40	19.60	63.60	8.80	70.60	79.60	5.20	99.20	30.20	46.40	68.20	7.20	535.0
2008	112.20	23.20	10.00	74.20	92.40	60.80	28.80	5.00	16.00	1.80	124.20	102.2	648.80
2009	38.00	78.60	86.80	188.2	5.00	19.80	12.80	18.60	86.60	40.40	171.20	67.40	813.4
2010	64.20	126.6	54.20	56.60	162.4	44.60	1.00	110.60	46.80	160.2	192.40	117.6	1137.2
2011	36.40	48.00	106.0	13.20	39.20	88.20	33.00	7.20	78.40	28.60	158.60	5.20	642.0
2012	25.20	22.20	33.00	96.60	62.40	35.80	37.40	67.00	70.00	70.80	100.20	53.80	674.4
2013	78.20	38.00	165.4	86.20	127.4	14.40	5.80	35.40	21.00	141.2	75.40	60.40	848.8
2014	205.80	140.8	117.2	110.8	28.40	91.40	119.2	74.60	8.80	56.20	218.40	44.80	1216.4
2015	32.60	97.40	41.00	50.60	27.20	53.20	9.60	42.80	57.40	67.00	5.20	8.00	492.00
2016	27.20	127.4	58.80	11.60	63.40	55.80	27.00	26.20	15.80	81.00	65.20	9.00	568.40
2017	4.20	48.00	28.80	52.00	61.80	34.40	16.00	0.20	44.40	2.80	68.20	40.20	401.00
2018	32.60	35.00	102.2	113.2	170.2	21.80	98.40	19.80	20.20	96.20	57.40	13.00	780.00
2019	12.20	35.60	3.80	61.60	129.2	0.40	27.40	20.40	23.60	143.4	205.40	91.80	754.80
2020	40.20	19.80	43.00	12.40	56.20	99.20	46.60	29.00	71.20	81.20	12.60	185.4	696.80
2021	111.60	34.00	6.60	57.60	50.20	26.80	14.60	17.20	50.80	21.60	140.20	40.00	571.20
2022	22.40	12.80	7.40	22.60	39.00	20.60	7.80	24.60	33.00	7.40	80.20	89.20	367.00
Note: in azzurro dati non completi													





## COMUNE DI REA (PV)

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO - **REVISIONE GENERALE 2024-2025**

**PIANO DELLE REGOLE - COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Stazione Voghera-Via Cambiaso-Precipitazioni mensili cumulate in mm													
Anno	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.	Cumulata
2004	39.20	43.20	33.80	61.40	65.60	7.00	18.00	0.60	75.40	65.20	116.80	44.80	571.00
2005	2.60	31.00	16.00	53.80	55.80	12.80	57.20	44.20	21.20	68.20	66.60	50.00	479.40
2006	39.60	68.20	17.20	22.00	68.80	35.00	22.80	61.80	74.60	33.80	34.00	42.60	520.40
2007	37.00	16.60	70.00	13.40	38.60	119.00	3.20	107.40	35.20	44.60	62.80	5.80	553.60
2008	91.80	28.60	7.20	98.00	125.60	116.20	31.80	16.00	20.60	40.00	141.20	86.20	803.20
2009	54.40	81.60	86.40	125.4	5.00	17.80	28.40	22.40	47.20	53.80	187.40	65.80	775.60
2010	54.00	107.2	52.20	52.20	78.40	62.80	1.20	66.20	32.20	161.8	167.00	96.60	931.80
2011	34.80	43.60	85.20	4.20	44.40	141.80	20.20	0.20	61.20	29.40	131.60	5.40	602.00
2012	35.00	10.00	47.80	93.40	67.20	21.80	17.00	31.00	101.8	78.20	107.60	37.40	648.20
2013	89.60	37.40	157.4	106.8	129.60	24.00	22.40	35.00	41.40	93.80	68.60	81.60	887.60
2014	177.8	137.2	91.60	92.20	44.40	100.40	106.2	64.80	13.00	88.80	254.40	43.40	1214.2
2015	44.40	71.20	30.40	50.60	29.60	87.60	15.60	27.40	38.00	88.60	15.80	11.80	511.00
2016	28.40	122.4	93.60	7.00	66.60	98.60	25.00	82.20	33.40	115.2	75.00	9.00	756.40
2017	6.00	56.40	21.80	38.40	71.40	49.40	10.20	0.00	43.80	0.20	71.20	59.60	428.40
2018	33.60	37.00	100.2	81.40	71.20	39.60	45.80	36.00	24.80	86.80	48.00	14.40	618.80
2019	14.80	44.00	11.40	53.20	104.00	0.60	27.60	17.20	52.80	239.0	235.80	96.20	896.60
2020	46.80	16.40	53.60	18.20	64.00	61.40	28.00	58.00	14.60	118.4	15.60	206.8	701.80
2021	110.8	35.80	9.60	51.20	41.20	15.00	37.80	21.40	21.00	32.80	130.60	39.20	546.40
2022	18.60	16.80	14.60	14.20	26.00	10.40	31.20	45.80	20.80	2.40	77.80	82.00	360.60
Note: in azzurro dati non completi													

Fig.7-Stazione di Pavia Ponte sul Ticino: precipitazioni annuali cumulate (periodo 2004-2022)

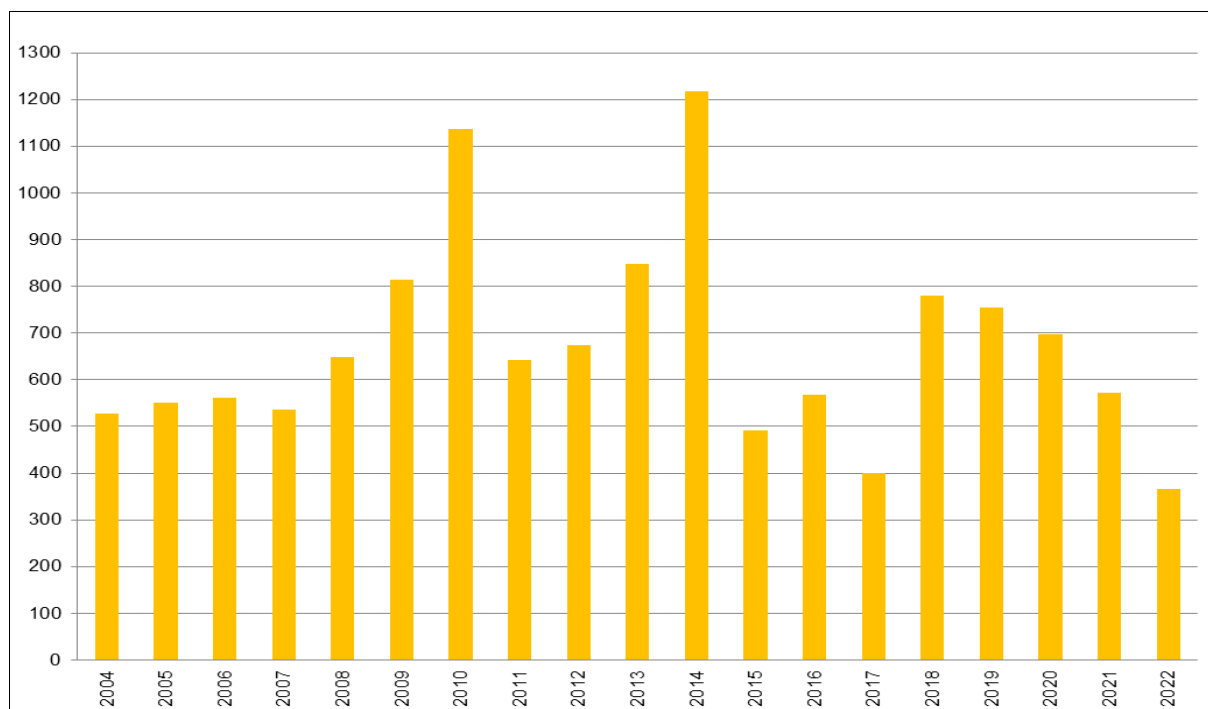
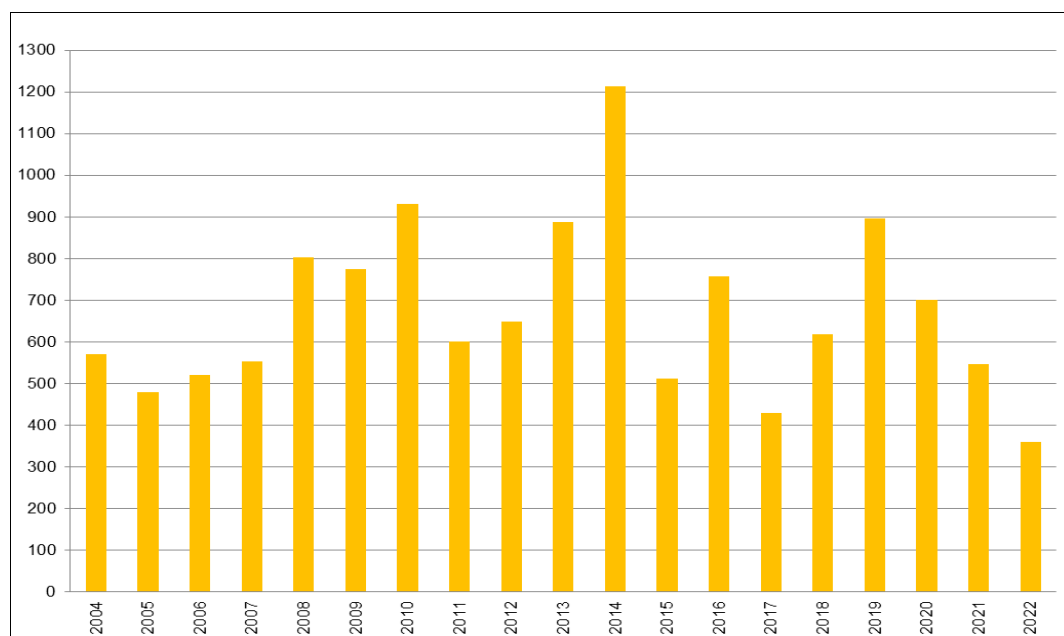




Fig.8-Stazione di Voghera via Cambiaso: precipitazioni annuali cumulate (periodo 2004-2022)



#### 4.4 Venti

I dati raccolti sui venti fanno riferimento alla stazione anemometrica di Pavia dove sono stati rilevati i valori delle frequenze relative cumulate, espresse in percentuale, della direzione del vento a diverse ore nell'arco del giorno solare. Le misurazioni nell'arco dell'anno vengono effettuate al mattino, primo pomeriggio e sera e più precisamente alle ore 8.00, 14.00 e 19.00. Dai dati acquisiti, visualizzati nella tabella e nei grafici di Fig.9, è emerso che:

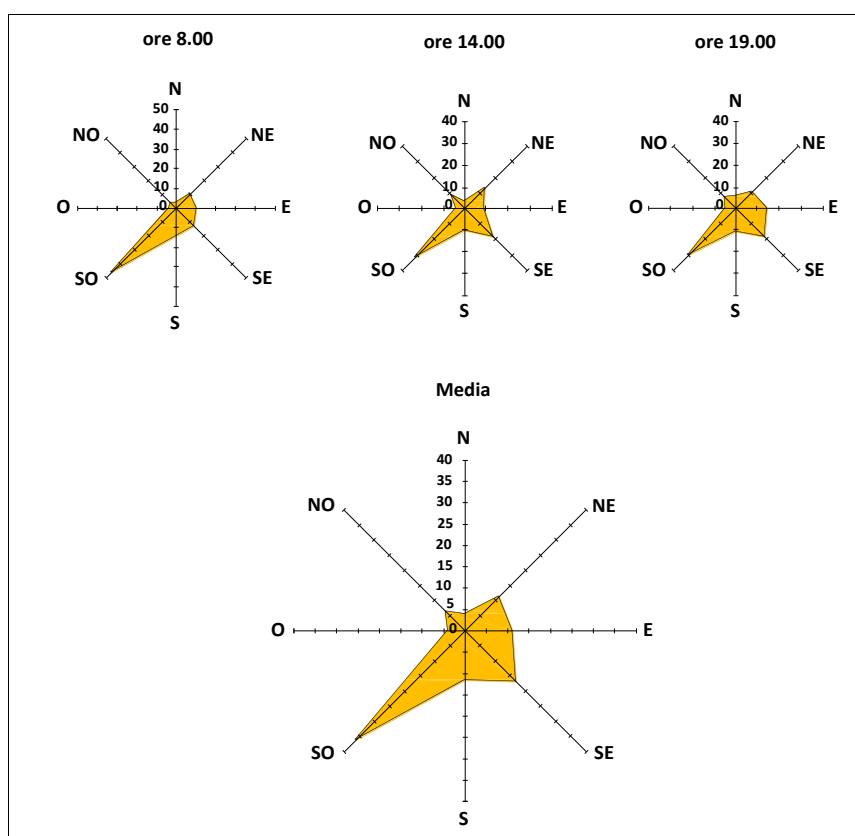
- la direzione prevalente e quella del settore S-W
- le misurazioni delle ore 8.00 evidenziano una prevalenza di orientamento del vento in direzione S-SO, con un aumento d'intensità durante il periodo invernale ed una conseguente attenuazione in primavera-estate, per poi ripresentarsi con una graduale risalita in autunno.
- i dati che fanno riferimento alle ore 14.00 confermano in pratica i dati relativi alle ore 8.00 per quanto riguarda la direzione che ha come orientamento S-SO, con minime variazioni per il periodo primaverile; i mesi di agosto ed ottobre sono caratterizzati da estrema variabilità, mentre solo nei mesi estivi si nota una certa prevalenza nei settori NE, SE e SO.
- le misurazioni condotte alle ore 19.00 confermano ulteriormente il trend direzionale che già si era visto nella mattina e nel pomeriggio. La direzione principale del vento, seppur notevolmente diminuita rispetto alla mattina, predilige ancora la direzione SO



- i mesi di agosto ed ottobre sono caratterizzati da estrema variabilità, mentre solo nei mesi estivi si nota una certa prevalenza nei settori NE, SE e SO
- risulta sempre prevalente la direzione SO per il periodo dicembre -febbraio, mentre da marzo a settembre prendono importanza i settori relativi a SE, E e NE.

Frequenza percentuale delle direzioni del vento durante il giorno ed ai singoli rilevamenti: ore 8, 14 e 19 (valori mediati sull'intero anno)			
Direzione	Ore 8.00	Ore 14.00	Ore 19.00
N	2.5	3.2	5.5
NE	9.8	13.6	10.7
E	10.3	9.0	14.3
SE	13.3	19.1	18.7
S	14.3	10.0	10.8
SO	48.4	32.5	30.7
O	3.4	3.9	4.5
NO	3.9	8.7	6.8

Fig.9-Grafici della frequenza percentuale delle direzioni del vento durante il giorno ed ai singoli rilevamenti: ore 8, 14 e 19 (valori mediati sull'intero anno)





## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE

### 5.1 Inquadramento geologico

La porzione di pianura a cavallo del F. Po che comprende il territorio del Comune di Rea è costituita da una successione di depositi alluvionali quaternari direttamente poggiante su un substrato formato da sedimenti marini deformato e fagliato dagli eventi tettonici che hanno interessato la regione nel corso dei millenni. I depositi alluvionali, dovuti essenzialmente all'attività del Po, si connettono senza apparente soluzione di continuità con quelli della Pianura Pavese e della Lomellina raggiungendo spessori dell'ordine di 200÷300 m. Dal punto di vista stratigrafico il termine di passaggio tra i depositi marini pliocenici e quelli continentali pleistocenici è rappresentato dai depositi del Villafranchiano di origine lacustre e fluvio-lacustre.

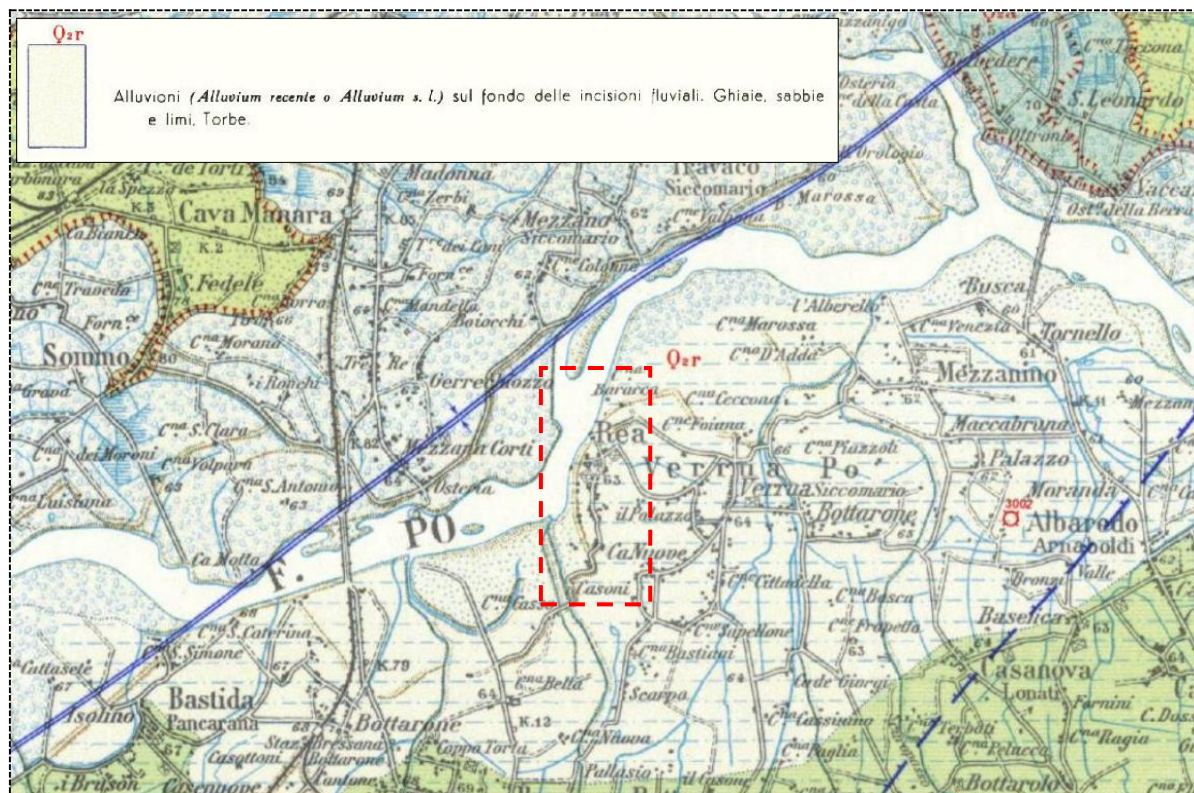
L'intera Pianura Padana si è generata a seguito della progressiva disgregazione delle catene alpina ed appenninica, che la delimitano, e del continuo e costante apporto di materiale alluvionale da parte del Po e dei suoi affluenti. Le sue origini sono riconducibili al Quaternario antico (Pleistocene inferiore), quando una serie di intense mutazioni climatiche caratterizzate dall'alternarsi di periodi di espansione dei ghiacciai alpini ed appenninici (glaciazioni) a periodi di ritiro degli stessi (intervalli caldi), ha dato luogo ad intensi fenomeni di erosione dei rilievi montuosi. Il forte e continuo apporto di sedimenti di origine glaciale e fluvioglaciale ha creato, allo sbocco dei principali solchi vallivi, conoidi di deiezione sempre più vaste che, espandendosi nella pianura, sono entrate in contatto tra di loro intersecandosi e sovrapponendosi in un potente strato alluvionale (intorno ai 200 metri) costituito da lenti interdigitate tra di loro, a spessore variabile e con caratteristiche geolitologiche (granulometria, permeabilità, etc.) diverse; fiumi, che nei periodi freddi (ere glaciali) avevano soprattutto un ruolo di trasporto e deposizione dei materiali mentre negli intervalli caldi approfondivano ed ampliavano il loro corso, erodendo le alluvioni precedentemente deposte, ne sono stati i principali artefici. L'alternarsi di fasi di deposizione ad altre di erosione, in associazione con il susseguirsi delle variazioni climatiche, ha innescato una successione di fenomeni sempre decrescenti che hanno dato luogo ad una pianura caratterizzata da una serie di dislivelli detti terrazzi ed alla creazione di valli fluviali che le divagazioni dei corsi d'acqua hanno progressivamente ampliato. La più grande di queste, sul fondo della quale si snoda il corso del Fiume Po, costituisce l'asse principale della pianura padana, verso cui confluiscono i vari solchi vallivi creati dagli affluenti alpini ed appenninici.



La geologia locale, visualizzata nella Tav.1, è caratterizzata dalle formazioni che interessano gran parte della Pianura. Con riferimento alla Carta Geologica d'Italia "CGI" Foglio 59 Pavia in scala 1:100.000 (cfr. Fig.10) nell'area sono presenti, dal più recente al più antico i seguenti depositi alluvionali:

- **Alluvioni attuali** del F. Po **Q<sub>2r</sub>** - Rappresentano l'alveo attivo e l'area golenale del F.Po a valle dell'Argine della Piarda Vecchia, del tratto dell'Argine Maestro ad ovest dell'abitato di Rea e degli argini golenali e di sponda all'altezza di Case Sparse e C.na Gasparoni. Sono costituite da sabbie, sabbie limose e in subordine ghiaie (*Alluvium attuale* nella CGI-Olocene attuale)
- **Alluvioni recenti** **Q<sub>2r</sub>** (*Alluvium medio* nella Carta geologica in scala 1:250.000 del Geoportale della Lombardia) - Depositi alluvionali esterni alle *Alluvioni Attuali* appartenenti alla fascia di meandreggiamento del F. Po. Sono costituiti da sabbie limose e limi sabbiosi nei primi 3÷7 m di profondità, a cui seguono sabbie, sabbie limose e sabbie con ghiaietto. Presenza discontinua di un orizzonte superficiale di natura prevalentemente coesiva, limoso argilloso ed argilloso limoso, con spessore variabile, dell'ordine di 1÷3 m (*Alluvium recente* nella C.G.I.-Olocene recente/medio)

Fig.10-Stralcio Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 59 Pavia





Tali depositi denotano la loro origine determinata da fenomeni di divagazione fluviale e dal periodico alternarsi di episodi di piena e di magra con conseguenti variazioni nella capacità di trasporto e deposito. Presentano una notevole disomogeneità litologica con sensibili variazioni granulometriche sia in senso laterale che verticale in area golenale, mentre risultano più uniformi in area extra golenale.

## 5.2 Inquadramento geomorfologico

L'area sulla quale si estende il Comune di Rea è interamente impostata nella piana alluvionale del F. Po. In particolare l'abitato ricade nella fascia di meandreggiamento recente del Po e presenta i caratteri salienti di un ambiente sedimentario continentale di pianura alluvionale. La morfologia pianeggiante è interrotta dall'Argine Maestro del Po che, con un'altezza media di circa 5 m, rappresenta la più importante opera di difesa idraulica a salvaguardia del territorio dalle piene del corso d'acqua. Nel territorio comunale sono presenti altri argini minori, l'argine della Piarda Vecchia a nord est dell'abitato, l'argine golenale a nord di Case Sparse e l'argine di sponda del Fosso Nuovo ad ovest di Case Sparse e C.na Gasparoni. Dalla consultazione del Catasto Cave presente sul Geoportale di Regione Lombardia e degli elaborati del Piano Cave della Provincia di Pavia nel comune di Rea non sono presenti cave attive. In prossimità dell'argine della Piarda Vecchia è presente un laghetto ad uso turistico-ricreativo-naturalistico appartenente al Parco di Baracca Burrone oggetto probabilmente di precedente attività estrattiva (nel Catasto Cave di Regione Lombardia non risulta segnalato come cava dismessa) le cui scarpate raggiungono un'altezza di circa 6 m. Tracce di paleoalvei si riscontrano sia nella zona delle *Alluvioni Attuali* che in quella delle *Alluvioni Recenti* e più precisamente ad ovest del nucleo abitato di Rea a valle dell'Argine Maestro e tra quest'ultimo e l'Argine della Piarda Vecchia.

## 6. PEDOLOGIA

I caratteri pedologici visualizzati nella Tav.2-*Carta pedologica e carta della capacità d'uso del suolo* sono stati desunti dalle *Basi Informative dei suoli* presenti nel Geoportale di Regione Lombardia. La strutturazione nel rilevamento pedologico di semi-dettaglio della Lombardia, risulta suddivisa in quattro livelli, progressivamente più specifici: sistema, sottosistema, unità e sottounità di pedopaesaggio.





I sistemi ed i sottosistemi vengono intesi come contenitori funzionali di specifici raggruppamenti di unità di pedopaesaggio; essi individuano ambiti significativi del territorio lombardo, con profonde differenziazioni in senso genetico e di formazione (ad esempio anfiteatri morenici pleistocenici, valli fluviali, superfici terrazzate di età diversa). I suoli collocati nei singoli sistemi e sottosistemi denotano una matrice genetica e processi di formazione che li accomunano e li differenziano in modo significativo dagli altri; ciò non esclude che tali suoli possano differenziarsi, anche fortemente, nel sottosistema, proprio perché ricadono in diverse unità e sottounità di pedopaesaggio. La classificazione del pedopaesaggio regionale è “gerarchica” e piramidale; la pianura lombarda viene “descritta” partendo da 5 sistemi, passando a 15 sottosistemi, per arrivare a 62 unità di pedopaesaggio. All’interno del territorio comunale sono presenti suoli appartenenti al Sistema V delle Valli fluviali: corrisponde ai piani di divagazione, attivi o fossili, dei corsi d’acqua dell’attuale reticolo idrografico (Olocene). Ogni sistema è poi suddiviso in vari sottosistemi, all’interno dei quali sono distinte le Unità di Paesaggio Pedologico. Nel Sistema V abbiamo il Sottosistema VI: Piane fluviali a dinamica prevalentemente deposizionale, in parte inondabili, costituite da sedimenti recenti o attuali. Nel sottosistema VI sono state individuate le Unità di Paesaggio Pedologico VI1, VI2 e VI4, di seguito brevemente descritte:

- Unità di Paesaggio Pedologico VI1: superfici costituite dai depositi di migrazione laterale, tracimazione e rotta fluviale dagli argini naturali prossimali, attivi e abbandonati. Hanno morfologia a festone o semicerchio (migrazione laterale) di dosso allungato (tracimazione) o di ventaglio.
- Unità di Paesaggio Pedologico VI2: superfici subpianeggianti costituite dai depositi di argine naturale distale ubicate in posizione intermedia tra gli argini prossimali (“dossi fluviali”) e i bacini interfluviali (depressioni o valli).
- Unità di Paesaggio Pedologico VI4: superfici adiacenti ai corsi d’acqua, inondabili durante gli eventi di piena ordinaria (r.i. da moderato ad elevato) a meno di protezioni (argini) artificiali.

Escludendo le aree urbanizzate, il Fiume Po e le emergenze idriche all’interno del territorio comunale di Rea si distinguono le unità cartografico-pedologiche di seguito descritte.

#### **Unità cartografica n.50 VRR1**

Suoli appartenenti al Sistema V, Sottosistema VI e all’Unità di Paesaggio Pedologico VI1. Suoli poco profondi (profilo utile 75 cm), a tessitura franco limosa (FL) e granulometria limosa fine; drenaggio da mediocre a moderatamente rapido; presentano reazione alcalina (PH=8.4), con tasso di saturazione in basi T.S.B. alto. CSC media.



Classificazione USDA 1994: *Fluvacquentic haplustepts, Coarse silty, over sandy or sandy skeletal, Mixed, Super*

Classe di capacità d'uso: IIws (i suoli di classe II presentano moderate limitazioni che richiedono un'opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative. Le limitazioni possono essere determinate dalla tessitura dell'orizzonte superficiale e al drenaggio).

Attitudine dei suoli allo spandimento agronomico di liquami: S1 (suoli adatti, senza limitazioni); su tali suoli la gestione dei liquami zootecnici può generalmente avvenire secondo le norme dell'ordinaria buona pratica agricola senza particolari ostacoli.

Attitudine dei suoli a ricevere fanghi di depurazione urbana: S3 (suoli adatti, con moderate limitazioni); tali suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei fanghi di depurazione.

Capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee: M (moderata).

#### **Unità cartografica n.56 GIA1**

Suoli appartenenti al Sistema V, Sottosistema VI e all'Unità di Paesaggio Pedologico VI2. Suoli poco profondi (profilo utile 75 cm), a tessitura franco limosa (FL) e granulometria limosa fine; drenaggio mediocre; presentano reazione alcalina (PH=8.4), con tasso di saturazione in basi T.S.B. alto. CSC media.

Classificazione USDA 1994: *Oxiaquic Haplustepts, Coarse loamy, Mixed, Superactive, Mesic*

Classe di capacità d'uso: IIIs (i suoli di classe III presentano severe limitazioni tali da ridurre la scelta delle colture o da richiedere particolari pratiche di conservazione. Queste limitazioni riguardano principalmente la scarsa profondità, la pendenza e l'erosione).

Attitudine dei suoli allo spandimento agronomico di liquami: S2 (suoli adatti con lievi limitazioni); tali suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei liquami zootecnici.

Attitudine dei suoli a ricevere fanghi di depurazione urbana: S3 (suoli adatti, con moderate limitazioni); tali suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei fanghi di depurazione.

Capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee: M (moderata).

#### **Unità cartografica n.58**

Suoli appartenenti al Sistema V, Sottosistema VI e all'Unità di Paesaggio Pedologico VI4. L'unità cartografica è suddivisa in due sottounità:





Unità cartografica n.58 ISN1: suoli molto profondi (profilo utile 201 cm), a tessitura franco sabbiosa (FS) e granulometria franco grossolana (FGR), calcarei; drenaggio mediocre; presentano reazione alcalina (PH=8.2); tasso di saturazione in basi T.S.B. alto, CSC media.

Classificazione USDA 1994: *Oxiaquic Ustifluvents, Coarse silty, Mixed (Calcareous), Active, Mesic*.

Classe di capacità d'uso: IVw (i suoli di classe IV presentano limitazioni molto severe tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione. Le limitazioni sono dovute al drenaggio scadente).

Attitudine dei suoli allo spandimento agronomico di liquami: S3 (suoli adatti con moderate limitazioni); tali suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei liquami zootecnici.

Attitudine dei suoli a ricevere fanghi di depurazione urbana: N (suoli non adatti); tali suoli presentano caratteristiche e qualità tali da sconsigliare l'uso di reflui non strutturati e tali, comunque, da rendere di norma delicate le pratiche di fertilizzazione in genere.

Capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee: N (nulla).

Unità cartografica n.58 GER1: suoli molto profondi (profilo utile 201 cm), a tessitura franco sabbiosa (FS) e granulometria franco grossolana (FGR), moderatamente calcarei; drenaggio buono; presentano reazione alcalina (PH=8.2); tasso di saturazione in basi T.S.B. alto, CSC bassa.

Classificazione USDA 1994: *Aquic Ustipsamments, Mixed, Mesic*.

Classe di capacità d'uso: IVw (i suoli di classe IV presentano limitazioni molto severe tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione. Le limitazioni sono dovute al drenaggio scadente).

Attitudine dei suoli allo spandimento agronomico di liquami: S3 (suoli adatti con moderate limitazioni); tali suoli richiedono attenzioni specifiche e possono presentare ostacoli nella gestione dei liquami zootecnici.

Attitudine dei suoli a ricevere fanghi di depurazione urbana: N (suoli non adatti); tali suoli presentano caratteristiche e qualità tali da sconsigliare l'uso di reflui non strutturati e tali, comunque, da rendere di norma delicate le pratiche di fertilizzazione in genere.

Capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee: N (nulla).

## 7. IDROGRAFIA

Il reticolo idrografico presente nel territorio comunale di Rea è rappresentato principalmente dal Fiume Po e secondariamente da alcuni canali irrigui e di scolo con prevalenza di quest'ultimi.



Il comune di Rea è dotato del “Documento di Polizia Idraulica” redatto dal Dott. Geol. Giorgio Negrini nel 2016 ai sensi della DGR N.X/4229 del 23.10.2015. Nel presente studio è stato recepito quanto riportato nel suddetto elaborato. In particolare nel territorio comunale sono presenti due corsi d’acqua, appartenenti al **Reticolo Idrico Minore** “RIM” di competenza del comune di Rea il **Colatore Fossone**, per buona parte tombinato posto nell’abitato tra via Depretis e via Marconi che confluisce nel Colo Maestro e il **Colo Maestro** lungo il confine con il comune di Verrua Po. Sono presenti corsi d’acqua appartenenti al **Reticolo Idrico Principale** “RIP” rappresentati dal fiume Po e dal Fosso Nuovo o Riale San Zeno, quest’ultimo posto sul confine con il comune di Bressana Bottarone, sui quali compete all’Agenzia Interregionale del fiume PO “AIPO” e a Regione Lombardia l’esercizio delle attività di Polizia Idraulica e un tratto del Colatore della Piarda Vecchia appartenente al **Reticolo Idrico Privato** “RP”. L’elenco dei corsi d’acqua e la loro appartenenza sono riportati nelle tabelle seguenti. Il sistema idrografico presente nel territorio comunale è visualizzato nella Tav.3-Carta del reticolo idrico principale, minore e privato in scala 1: 5.000.

RETICOLO IDRICO PRINCIPALE “RIP”	
Codice/Denominazione	Autorità idraulica
PV001/Fiume Po	AIPO (*) - REGIONE LOMBARDIA (*)
PV045/Fosso Nuovo o Riale San Zeno	AIPO(*) - REGIONE LOMBARDIA (*)
(*) AIPO esercita il ruolo di Autorità idraulica ai sensi del R.D. 523/1904 per le sole attività di Polizia Idraulica di accertamento e contestazione delle violazioni previste in materia, rilascio di nulla-osta idraulici relativi ad opere nella fascia di rispetto e pareri di compatibilità idraulica per interventi in aree demaniali.	
(*) REGIONE LOMBARDIA esercita il ruolo di Autorità idraulica per le attività di Polizia Idraulica relative al rilascio di concessioni riferite all’utilizzo ed all’occupazione dei beni demaniali.	

RETICOLO IDRICO MINORE “RIM”	
Denominazione	Autorità idraulica
Colatore Fossone	Comune di Rea
Colo Maestro o Colo delle Alluvioni	Comune di Rea e Comune di Verrua Po

RETICOLO IDRICO PRIVATO “RP”	
Consorzio	Autorità Idraulica
Colatore della Piarda Vecchia	Consorzio idraulico Piarda Vecchia
Tutti i canali di scolo ricadenti nel territorio comunale che recapitano le acque direttamente ed indirettamente nel Colo Maestro o Colo delle Alluvioni	Consorzio di Miglioramento Fondiario e di Scolo della Valle del Suppellone

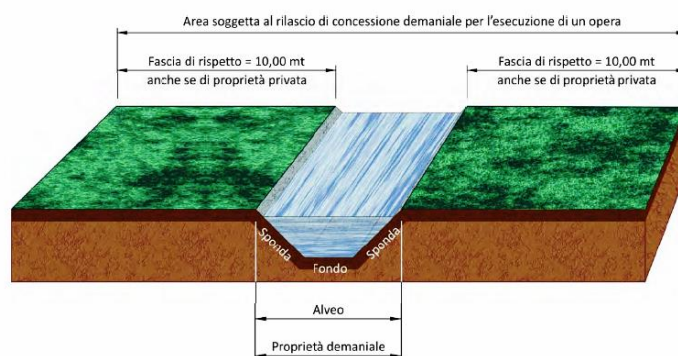


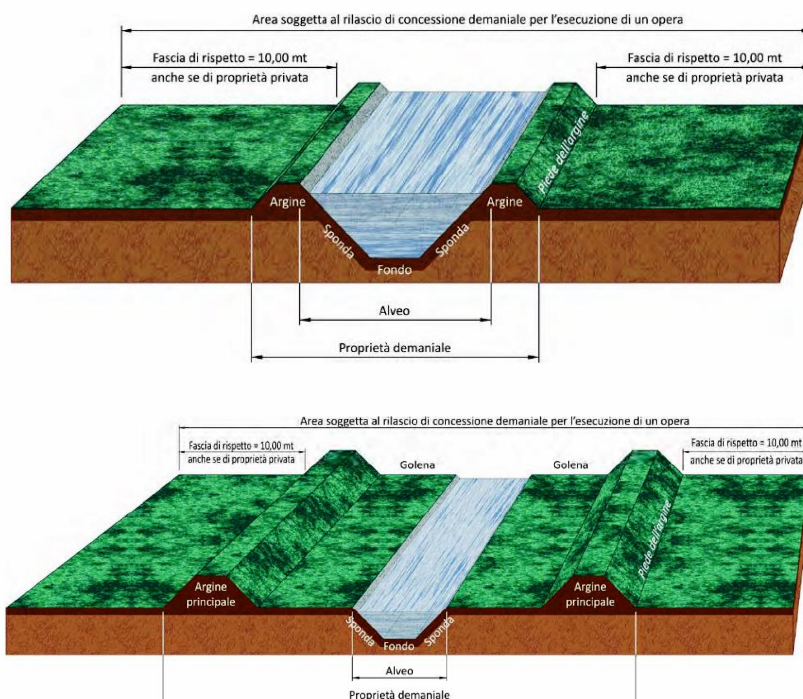
Le norme fondamentali che regolano le attività di Polizia Idraulica sono per i corsi d'acqua e i canali di proprietà demaniale, le disposizioni del **R.D. 25 luglio 1904, n. 523** "*Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie*", che indica all'interno di ben definite fasce di rispetto le attività vietate in assoluto e quelle consentite previa concessione o "nulla osta" idraulico. Per i canali e le altre opere di bonifica, sono le disposizioni del **R.D. 8 maggio 1904, n. 368** "*Regolamento per l'esecuzione del testo unico della legge 22 marzo 1900, n. 195 e della legge 7 luglio 1902, n. 333 sulle bonificazioni delle paludi e dei terreni paludosi*". Il Titolo VI del R.D. 368/1904 è sostituito dal **Regolamento Regionale 8 febbraio 2010, n. 3** "*Regolamento di Polizia Idraulica ai sensi dell'articolo 85, comma 5, della legge regionale 5 dicembre 2008, n. 31 - Testo Unico delle leggi regionali in materia di agricoltura, foreste, pesca e sviluppo rurale*".

Per il "RIP" e per il "RIM" si sono adottate le fasce di rispetto idraulico previste dall'art. 96, lett. f), **R.D. 523/1904** riprese anche nella DGR XI/5714/15.12.2021, ovvero divieto assoluto di piantagioni e movimento di terreno ad una distanza inferiore a 4 m e divieto assoluto di edificazione e scavi a distanza inferiore di 10 m. Le fasce di rispetto si intendono su entrambi i lati e sulla base della giurisprudenza corrente, sono misurate dal piede arginale esterno o, in assenza di argini in rilevato, dal ciglio/sommità della sponda incisa intesa quale "scarpata morfologica stabile". Nel caso di alvei a sponde variabili e/o incerte, le distanze possono essere calcolate utilizzando come riferimento la linea individuata dalla piena ordinaria, così come definita nelle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico - PAI, Titolo II —Norme per le fasce fluviali. Per tutti i dettagli in merito alla disciplina delle aree di rispetto idraulico si rimanda al R.D. 523/1904 e s.m.i. e agli allegati D e E della DGR 5714 del 15 dicembre 2021.

Per il "RP" si è adottata una fascia di rispetto unica di 4 m come richiesto dai singoli proprietari/utilizzatori dei canali. Nella tabella seguente è indicata per ogni corso d'acqua la relativa fascia di rispetto ai sensi del R.D. 523/1904 o stabilita dall'Autorità Idraulica.

Fig.11-Esempio per misura fasce di rispetto idraulico





- (1) Con il termine di golena si fa riferimento a quello spazio compreso tra la riva di un corso d'acqua ed il suo argine, si tratta di una vasta area che può ricevere saltuariamente le acque del fiume stesso durante gli eventi alluvionali e svolgere così l'importante funzione idraulica di invaso di emergenza

FASCE DI RISPETTO IDRAULICO				
Tipo di reticolo	Denominazione corso d'acqua	Fascia di rispetto		
		Larghezza su entrambi i lati	Edificazione	Tutte le altre attività e trasformazioni
RIP	Fiume Po	10	10	R.D. 523/1904
	Fosso Nuovo e Riale San Zeno	10	10	R.D. 523/1904
RIM	Colatore il Fossone	10	10	R.D. 523/1904
	Colo Maestro o Colo delle Alluvioni	10	10	R.D. 523/1904
RP	Colatore della Piarda Vecchia	10 (PAI)	10 (PAI)	R.D. 523/1904
(PAI) Fascia B (area golenale del Fiume Po)				



## 7. INONDABILITA' DEL TERRITORIO COMUNALE

La presenza del Fiume Po ha fortemente condizionato, nel corso dei secoli, l'assetto territoriale del Comune di Rea e, ovviamente degli altri Comuni rivieraschi. Anticamente il Po era particolarmente sinuoso e gli agglomerati urbani a valle erano circondati dai vari rami del Fiume, che scorreva in un alveo più elevato rispetto all'attuale ed il cui corso era soggetto a continui cambiamenti dopo ogni grossa piena. Si ha notizia dei primi lavori per porre qualche rimedio ai danni ed ai disastri che tali piene arrecavano da periodi successivi al 1400. I primi lavori, di cui si ha notizia, per porre qualche rimedio ai danni che tali piene arrecavano risalgono al 1492 quando fu avviata una grandiosa opera di rettifica del Fiume da parte del Signore di Branduzzo Bergonzo Botta; in quell'epoca un ramo del Po scorreva da ponente a levante nei territori di Zinasco, Sairano, Travedo e S.Fedele, quindi con un'ampia curva, passava nei territori di Sommo per poi dirigersi in quelli di Pancarana e di Bastida, in quelli di Branduzzo e Castelletto, ed infine, ripiegando verso levante passava tra Gerrechiozzo e Rea. Con questo tortuoso corso minacciava sempre maggiori danni non solo ai luoghi summenzionati, ma anche a Pavia stessa per cui furono scavati tre canali di rettifica dell'alveo denominati "*Rotto di S. Bartolomeo*" della "*Bastida*" e di "*Rea*"; col passare degli anni, a seguito delle piene e degli straripamenti successivi la forza devastatrice del Fiume ne ha cancellato ogni testimonianza.

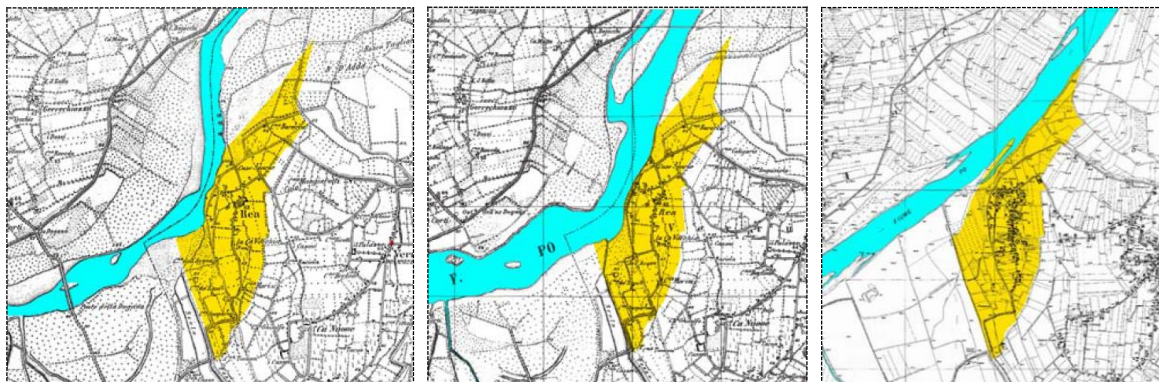
La vicinanza al Po, fiume dal corso perennemente mutevole e soggetto a piene disastrose, condizionò pesantemente l'esistenza del paese, che appare infatti di aspetto moderno (la pianta del paese, solo due secoli fa, appariva sensibilmente diversa). Tuttavia, a differenza di molti altri paesi lungo il fiume, non fu mai completamente distrutto né si trovò sull'altra riva, essendo appartenuto sempre (da che se ne ha memoria) all'Oltrepò. Il Po, nei suoi continui mutamenti, si trovò a volte a nord, a volte a est e a volte a ovest e nord-ovest (come è oggi) del paese: nel XVII secolo, per esempio, esso scorreva tra Rea e Verrua, mentre un vasto territorio oggi nel Siccomario, denominato Rotto di Rea, apparteneva all'Oltrepò e faceva capo a Rea.

Sono state soggette a inondazione molte parti del territorio comunale, compreso il centro abitato alle quote inferiori a 58-60 m s.l.m. Le piene del fiume, generalmente concentrate in autunno a causa delle piogge, sono abbastanza frequenti e possono essere anche imponenti e devastanti come avvenuto svariate volte nel secolo passato. Le alluvioni hanno risparmiato, nei tempi recenti, l'attuale abitato di Rea. Le principali piene documentate sono avvenute nei seguenti anni: 1566, 1568, 1572, 1595, 1692, 1743, 1744, 1748, 1762, 1764, 1765, 1857, 1926, 1951, 1968, 1993, 1994 e 2000. Nella Fig.12 è visualizzato il tracciato del Po negli anni 1889, 1960 e 1990.





Fig.12-Tracciato del Po negli anni 1889, 1960 e 1990



Sulla base degli eventi alluvionali storici e di quelli succedutisi anche negli ultimi anni l'Autorità di Bacino del Fiume Po, ha deliberato la realizzazione del "Piano Stralcio delle Fasce fluviali", al fine di poter operare una corretta gestione del territorio compreso all'interno del bacino idrografico del Po e dei suoi affluenti. A seguito dell'evento alluvionale del 6 novembre 1994 è stata compiuta una ricognizione puntuale dei problemi complessivi inerenti la difesa del suolo e l'assetto idrogeologico del bacino, al fine di individuare gli interventi da realizzare nel breve medio periodo. Sulla base dei dati aggiornati sono state individuate e definite nel Piano dell'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Po "PAI" approvato in data 26/04/2001, tre fasce così denominate:

**Fascia A**-Fascia di deflusso della piena ordinaria

**Fascia B**-Fascia di esondazione

**Fascia C**-Area di inondazione per piena catastrofica

Le suddette fasce sono riportate nella Tav.4-*Carta idrogeologica*, nella Tav.9-*Carta PAI-PGRA*, nella Tav.11-*Carta dei vincoli* e nella Tav.12-*Carta di sintesi*.

Nella fascia interessata dalle piene ordinarie "Fascia A" è compresa quasi interamente la zona delle alluvioni attuali che, poco elevata rispetto all'alveo attivo del Po, rappresenta l'area golenale indifesa e può essere allagata anche stagionalmente. Vi ricadono le porzioni del territorio comunale a nord dell'argine della Piarda Vecchia e a nord di Case Sparse. La "Fascia B" è compresa tra l'Argine Maestro e la precedente zona. In particolare ricadono in "Fascia B" l'area a nord-est dell'abitato interposta tra l'argine della Piarda Vecchia e l'Argine Maestro e l'area a sud-ovest del paese di Case Sparse e C.na Gasparoni. Tutta la restante parte del territorio comunale, esterna alla "Fascia B" è protetta dall'Argine Maestro che coincide con il limite della Fascia B e ricade nella "Fascia C".

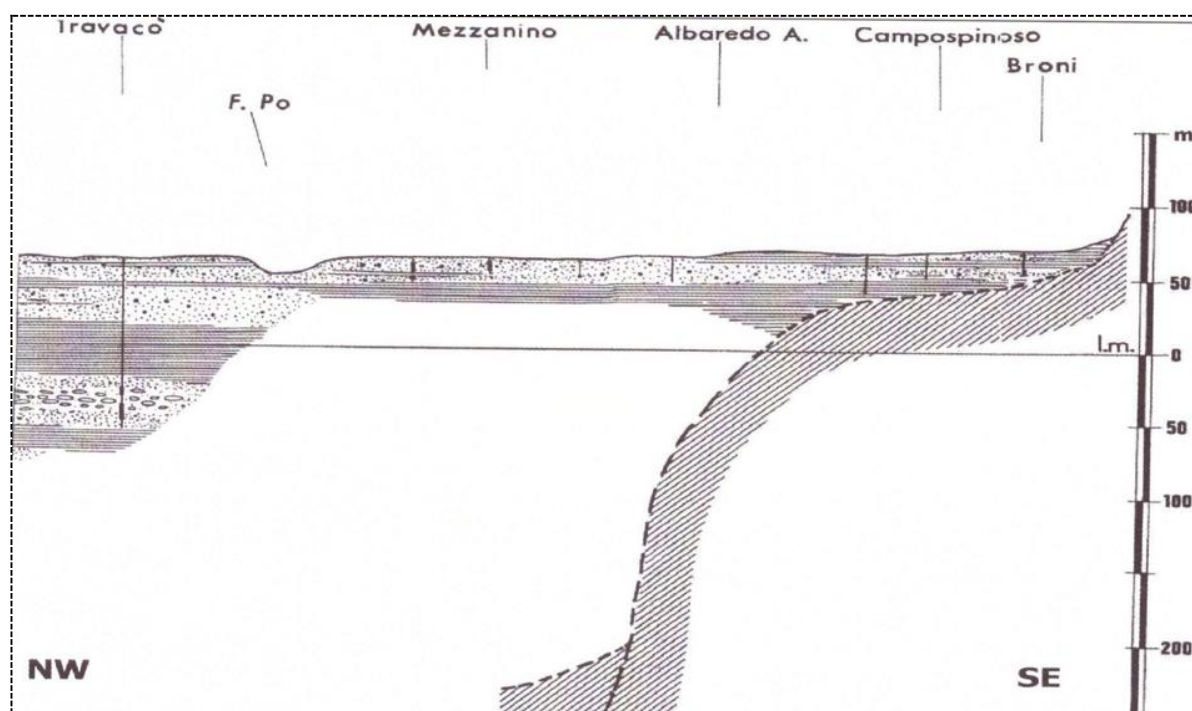


L'Argine Maestro ha un livello al colmo compreso tra 65.80 m s.l.m. e 67 m s.l.m.; tali valori risultano inferiori alle massime quote raggiunte dalle acque durante le ultime piene storiche (ivi compresa quella del 1994), pertanto si può supporre che il pericolo di tracimazione degli argini esista solo per eventi di piena del tutto eccezionali (eventi catastrofici) e di intensità maggiore di quelli fino ad oggi registrati. Risulta pertanto che queste aree siano potenzialmente inondabili per sifonamento e/o rottura degli argini e che quindi la protezione del territorio dipenda da una corretta gestione, manutenzione e controllo delle opere di difesa.

## 8. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO, PIEZOMETRIA E VULNERABILITA' DELLA FALDA

L'area sulla quale si estende il Comune di Rea è interamente impostata nella pianura alluvionale del F. Po. Pertanto pur trovandosi nell'Oltrepò le caratteristiche idrogeologiche del territorio di Rea sono assimilabili a quelle della pianura pavese e della Lomellina. La pianura del Po si articola in una stretta fascia di territorio che si sviluppa a settentrione del gradino morfologico del substrato marino all'altezza di Albaredo Arnaboldi che la separa dalla pianura dell'Oltrepò (cfr. Fig.13).

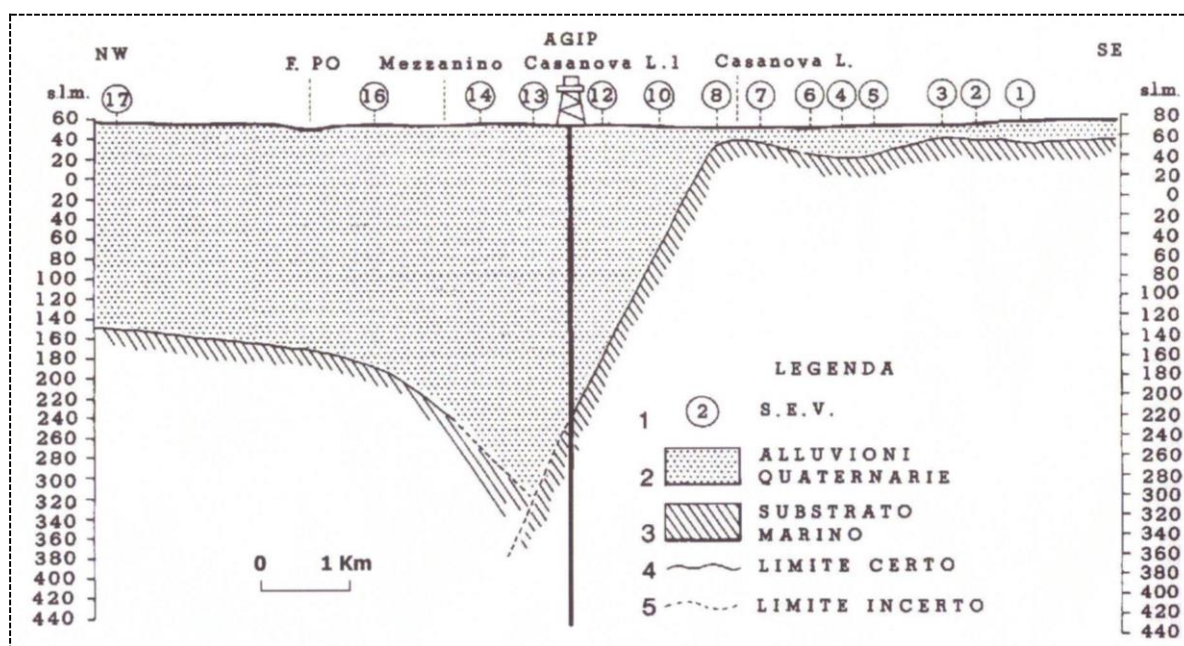
Fig.13-Rappresentazione schematica dei rapporti spaziali esistenti tra i depositi alluvionali della "Piana dell'Oltrepò" e la "Pianura del F. Po". In tratteggio il substrato marino  
(da Ghezzi A., 1976, modificato)





In tale area i depositi alluvionali, dovuti essenzialmente all'attività del Po, costituiti da alternanze di litotipi a varia permeabilità (con prevalenza della granulometria fine per quelli permeabili) e con presenza di livelli lentiformi torbosi, aumentano sensibilmente di spessore fino a raggiungere potenze dell'ordine di 300 m come evidenziato nella zona di Casanova Lonati dal pozzo AGIP (cfr. Fig.14). I suddetti depositi, connessi senza apparente soluzione di continuità con quelli della pianura pavese e della Lomellina, ospitano i principali corpi idrici della zona (più o meno in comunicazione fra di loro secondo un sistema multifalda), che si sviluppano al di sopra di un substrato di origine marina di età pliocenica-miocenica a bassa conducibilità idraulica.

Fig.14-Andamento del tetto del substrato marino lungo la direttrice Broni-Mezzanino  
(da Assereto E., 1981)



L'assetto litostratigrafico-idrogeologico di massima del sottosuolo è stato definito sulla base delle correlazioni tra i pozzi a stratigrafia nota disponibili nella zona ed è visualizzato nelle sezioni riportate nella **Tav.5-Sezioni idrogeologiche**. Nell'Allegato 1 sono riportate le stratigrafie disponibili dei pozzi idrici e dei sondaggi. Da una prima analisi dei profili risulta evidente la netta prevalenza di sabbie, sabbie limose e sabbie limose con limi sabbiosi nei primi 10 m di profondità nella zona a ridosso del Po sino all'inizio del nucleo abitato. Dall'abitato proseguendo verso sud è presente un livello superficiale coesivo con spessore medio di circa 1÷3 m che aumenta progressivamente spostandosi verso sud dove al margine meridionale del territorio comunale raggiunge lo spessore di 8 m (Sondaggio S 1995).





Al di sotto di tale livello coesivo sono presenti alternanze di strati sabbioso limosi e limoso sabbiosi e di livelli di sabbie, sabbie limose e sabbie con ghiaia che si estendono sino ad oltre 16 m di profondità. Purtroppo nel territorio comunale non sono disponibili pozzi profondi con stratigrafia nota, per cui per la ricostruzione dell'assetto litostratigrafico-idrogeologico dell'area sono stati considerati i pozzi pubblici di Verrua Po ubicati in località Canova in prossimità di Rea, quello di Cava Manara (Via Conti) e il pozzo privato di Travacò Siccomario (Piazza Fontana). Nella sezione litostratigrafica e idrogeologica n.1 è visualizzata la stratigrafia del nuovo pozzo ad uso idropotabile di Verrua Po (Pozzo Canova 2-PZ01817503) che dista circa 700 m dal confine comunale di Rea. Al di sotto del livello coesivo superficiale con spessore di 3 m sono presenti sabbie con ghiaietto sino a 10 m sede del primo acquifero freatico. Oltre tale profondità si riscontra la presenza del primo livello impermeabile argilloso di potenza significativa (26 m) che si estende sino a 36 m. Seguono sino ad 80 m sabbie e sabbie argillose sede del secondo acquifero captato ad uso idropotabile.

Le caratteristiche idrogeologiche locali sono visualizzate nella **Tav.4-Carta idrogeologica**. In tale elaborato i depositi superficiali del primo acquifero sono stati suddivisi nelle seguenti unità idrogeologiche:

- *Depositi alluvionali incoerenti a permeabilità primaria elevata per porosità* rappresentano i depositi alluvionali dell'alveo attivo Po a valle dell'Argine della Piarda Vecchia, del tratto dell'Argine Maestro ad ovest dell'abitato di Rea e degli argini golenali e di sponda all'altezza di Case Sparse e C.na Gasparoni. Sono costituiti da sabbie, sabbie limose e in subordine ghiaie.
- *Depositi alluvionali incoerenti a permeabilità primaria medio-alta per porosità* esterni alle *Alluvioni Attuali* appartenenti alla fascia di meandreggiamento del F. Po. Sono costituiti da sabbie limose e limi sabbiosi nei primi metri di profondità, a cui seguono sabbie prevalenti e sabbie con ghiaietto. In superficie è presente un livello discontinuo limoso argilloso ed argilloso limoso che ne riduce la permeabilità.

Per quanto riguarda l'andamento della **superficie piezometrica della prima falda di tipo freatico** in assenza di pozzi disponibili per la misura del livello piezometrico nel territorio comunale sono state riprese le isofreatiche riportate nel Geoportale di Regione Lombardia relative al maggio 2014 visualizzate anche nelle tavole del nuovo PTCP provinciale. La direzione di flusso dominante, comune a tutta la pianura, converge verso l'asse drenante costituito dal Fiume Po, in questo caso da sud verso nord e da sud-ovest verso nord-est.



Si sottolinea che tale situazione idrogeologica generale è stata ricostruita utilizzando per lo più pozzi idrici non presenti nel territorio comunale che non tengono quindi conto delle condizioni locali dove la soggiacenza della falda è più superficiale come confermato dalle indagini geognostiche in possesso. Infatti dall'esame delle linee isofreatiche risulta una soggiacenza media della falda freatica dell'ordine di 5÷6 m, mentre dai dati in possesso desunti dalle indagini geognostiche pregresse eseguite nel comune di Rea la soggiacenza della falda nella zona esterna all'area golenale più prossima al Po ed in particolare nel centro abitato è compresa nell'intervallo 2÷4 m. Il livello minimo di soggiacenza si riscontra nel periodo estivo (luglio-agosto) con un'escursione media annua di circa 1.00÷1.50 m. Le escursioni stagionali sono strettamente legate, più che agli eventi pluviometrici, all'elevato apporto idrico che si verifica nella stagione irrigua. I parametri idrogeologici medi dell'acquifero superficiale sono dati da trasmissività  $T$  dell'ordine di  $10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s, coefficiente di permeabilità  $K$  pari a  $10^{-3}$  m/s, portata specifica di 10÷20 l/s/m e porosità efficace  $n_e$  con valori elevati dell'ordine di 0.15. Per il secondo acquifero si hanno valori di trasmissività  $T$  non superiori a  $5 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s e conducibilità  $K=5 \cdot 10^{-4}$  m/s. La **vulnerabilità di un acquifero** è legata alla possibilità di penetrazione e propagazione di un eventuale inquinante nell'acquifero stesso, per cui dipende principalmente dall'attitudine di un deposito a farsi attraversare da parte di un eventuale inquinante legata a diversi fattori fra cui i principali risultano essere lo spessore del non saturo e la litologia che lo caratterizza. Nell'Allegato 10 alla relazione generale del Programma di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia "PTUA 2006" è riportata la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero valutata attraverso le caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo (soggiacenza della falda e spessore dei litotipi a bassa permeabilità presenti all'interno della zona insatura) e della capacità protettiva dei suoli. Con riferimento a tale elaborato (*cfr.* Fig.16) il comune di Rea ricade in un'area a vulnerabilità intrinseca alta (colore giallo). Nel presente studio, dall'analisi dettagliata dei dati litologici e idrogeologici in possesso, sono state attribuite al territorio comunale di Rea le seguenti classi di vulnerabilità della falda (*cfr.* Tav.4):

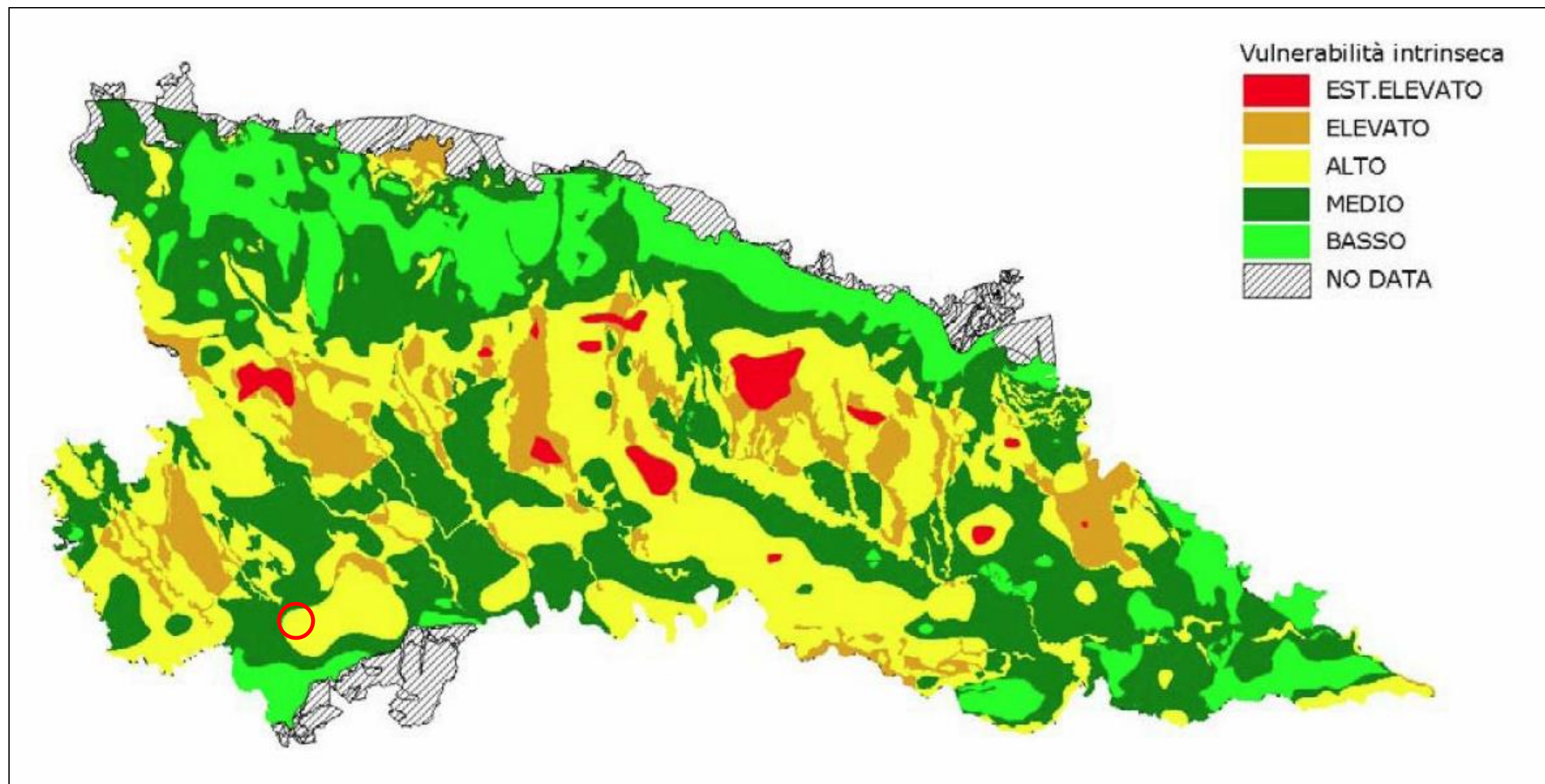
- VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA MOLTO ELEVATA
- VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA ELEVATA

La classe di vulnerabilità idrogeologica molto elevata riguarda la zona del territorio comunale posta nell'area golenale più prossima al Po con falda acquifera superficiale direttamente connessa con le acque di alveo e subalveo del corso d'acqua. La classe di vulnerabilità idrogeologica elevata è propria della zona esterna alla precedente, sulla quale è impostato l'abitato di Rea dove la soggiacenza della falda è compresa tra 2 e 4 m.



Fig.16-Carta della vulnerabilità degli acquiferi

Tratta da Regione Lombardia "Programma di Tutela e Uso delle Acque 2006 - All.10 alla relazione generale"





## 9. PRIMA CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA DEI TERRENI

In questo capitolo sono brevemente descritte le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del territorio comunale di Rea nei primi 10-15 m di profondità. L'intero territorio comunale è impostato in depositi di tipo alluvionale, con prevalenza di litotipi sabbiosi, cui si intercalano talora livelli di materiali più grossolani (*ghiaia e ghiaietto*) e lenti di materiali più fini di natura limosa sabbiosa ed in subordine limoso argillosa. La caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica di massima dei terreni soprattutto in corrispondenza dell'abitato è stata eseguita utilizzando i risultati di alcune prove penetrometriche statiche "CPT" pregresse eseguite nel comune di Rea e fornite dall'Ufficio tecnico comunale. Non si hanno indagini a valle dell'Argine Maestro del Po. Sulla base dei risultati delle indagini in possesso il sottosuolo dell'abitato di Rea può essere suddiviso dal punto di vista litologico-geotecnico in due zone: la zona a nord di via XXV Aprile e via Agostino Depretis e quella a sud.

Si riporta di seguito la litologia e una stima dei parametri geotecnici relativi ai terreni delle suddette zone sulle quali è impostato il nucleo di Rea.

### **ZONA A NORD DI VIA XXV APRILE E VIA AGOSTINO DEPRETIS**

*STRATO 1-da 0.00 a 2.00÷3.60 m*

Litologia: sabbie limose e limi sabbiosi con addensamento da basso a medio-basso

$q_c$ = resistenza penetrometrica statica alla punta=10÷28 kg/cm<sup>2</sup>

$\gamma$ =peso di volume totale=1.7÷1.8 t/m<sup>3</sup>                       $\varphi$ =angolo di attrito=25°÷27°

$D_r$ =densità relativa=30÷40%                       $E$ =modulo di deformazione elastico=40÷60 Kg/cm<sup>2</sup>

*STRATO 2-da 2.00÷3.60 m a 5.50÷7.00 m*

Litologia: sabbie limose e limi sabbiosi mediamente addensati

$q_c$ =resistenza penetrometrica statica alla punta=21÷50 kg/cm<sup>2</sup>

$\gamma$ =peso di volume totale=1.8 t/m<sup>3</sup>                       $\varphi$ =angolo di attrito=27°÷28°

$D_r$ =densità relativa=45÷60%                       $E$ =modulo di deformazione elastico=60÷100 Kg/cm<sup>2</sup>

*STRATO 3-da 5.50÷7.00 m a 10 m*

Litologia: sabbie e sabbie limose da mediamente addensate ad addensate con ghiaietto

$q_c$ =resistenza penetrometrica statica alla punta=50÷100 kg/cm<sup>2</sup>

$\gamma$ =peso di volume totale=1.8÷1.9 t/m<sup>3</sup>                       $\varphi$ =angolo di attrito=28°÷30°

$D_r$ =densità relativa=60÷65%                       $E$ =modulo di deformazione elastico=100÷150 Kg/cm<sup>2</sup>



**ZONA A SUD DI VIA XXV APRILE E VIA AGOSTINO DEPRETIS**

*STRATO 1-da 0.00 m a 1.00÷2.80 m*

Litologia: limi argillosi ed argille limose di bassa consistenza

$q_c$ =resistenza penetrometrica statica alla punta=10÷20 kg/cm<sup>2</sup>

$\gamma$ =peso di volume totale=1.8 t/m<sup>3</sup>

$\varphi$ =angolo di attrito=25°

$C_u$ =coesione non drenata=0.50÷0.80 Kg/cm<sup>2</sup>

$M$ =modulo di deformazione edometrico=40÷60 Kg/cm<sup>2</sup>

*STRATO 2-da 1.00÷2.80 m a 10 m*

Litologia: alternanze di livelli limoso sabbiosi mediamente addensati e dia sabbie e sabbie limose da mediamente addensate ad addensate

$q_c$ =resistenza penetrometrica statica alla punta=25÷40 kg/cm<sup>2</sup> (livelli limoso sabbiosi); 30÷70 25÷40 kg/cm<sup>2</sup> (livelli sabbiosi e sabbioso limosi)

$\gamma$ =peso di volume totale=1.8 t/m<sup>3</sup>

$\varphi$ =angolo di attrito=25°÷26° (livelli limoso sabbiosi); 27°÷29° (livelli sabbiosi e sabbioso limosi)

$D_r$ =densità relativa=40÷45% (livelli limoso sabbiosi); 50÷60% (livelli sabbiosi e sabbioso limosi)

$E$ =modulo di deformazione elastico=50÷80 Kg/cm<sup>2</sup> (strati limoso sabbiosi); 90÷120% (livelli sabbiosi e sabbioso limosi)

**L'assetto litostratigrafico e geotecnico sopra illustrato è soggetto a variazioni locali, che riflettono la dinamica deposizionale dell'ambiente fluviale. Pertanto sarà necessario prima di qualsiasi intervento edilizio, come previsto dalle normative vigenti in materia e come prescritto nelle Norme Geologiche di Piano a cui si rimanda, verificare la natura litologica e le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle opere in progetto mediante idonee indagini in sito.**





## 10. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

### 10.1 Premessa

La sismicità indica la frequenza e la forza con cui si manifestano i terremoti ed è una caratteristica fisica del territorio. Se si conosce la frequenza e l'energia associate ai terremoti che caratterizzano un territorio e si attribuisce un valore di probabilità al verificarsi di un evento sismico di una data magnitudo in un certo intervallo di tempo, si può definirne la pericolosità sismica.

La pericolosità sismica sarà tanto più elevata quanto più probabile sarà il verificarsi di un terremoto di elevata magnitudo, a parità di intervallo di tempo considerato. Più precisamente la pericolosità sismica viene definita come la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco (Pga) di nostro interesse. È importante fare una distinzione tra pericolosità sismica di base e pericolosità sismica locale.

La prima è intesa come la misura dello scuotimento al suolo atteso in un dato sito. Definisce l'entità massima dei terremoti ipotizzabili per una determinata area in un determinato intervallo di tempo, è legata alle caratteristiche sismo-genetiche del sito ed è indipendente dalla presenza di manufatti e persone.

La pericolosità sismica locale è la variazione indotta da particolari condizioni geologiche e/o morfologiche all'intensità con cui le onde sismiche si manifestano in superficie. L'analisi della sismicità, intesa come distribuzione spazio-temporale dei terremoti in una determinata area, costituisce il primo step per gli studi di valutazione della pericolosità sismica di base di un sito. Infatti le caratteristiche sismo-tettoniche e le modalità di rilascio dell'energia sismica pregressa consentono la messa a punto di modelli previsionali (modelli probabilistici) dell'attività sismica attraverso una quantificazione dei livelli di accelerazione attesi.

### 10.2 Zone sismogenetiche

La sismicità del territorio è legata alla presenza di attività neotettonica intendendo con questo termine i movimenti tettonogenetici relativi al periodo compreso tra il Pliocene e l'attuale (cioè negli ultimi 5.2 milioni di anni). Si possono distinguere movimenti neotettonici lineari che si sviluppano lungo superfici di discontinuità preesistenti (faglie o superfici di sovrascorrimento) e movimenti neotettonici areali che determinano sollevamenti e/o abbassamenti differenziali.



Gli studi sulla pericolosità sismica promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale denominata ZS9, che prevede l'individuazione di 36 "zone-sorgente", i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc. Per ogni zona sismogenetica, caratterizzata da una propria sismicità, è stata effettuata una stima della profondità media dei terremoti e del meccanismo di fagliazione prevalente. Il territorio di Rea ricade nella zona sismogenetica 911-Tortona-Bobbio (*cfr.* Fig.17÷18). Le cui principali caratteristiche sono di seguito descritte:

**Zona sismogenetica 911:** zona di trasferimento Alpi-Appennino e Mar Ligure con cinematismi attesi di faglie trascorrenti sinistre in strutture crostali superficiali e sovrascorrimenti in quelle più profonde; i terremoti storici hanno raggiunto il valore massimo pari a  $M_d=4.1$ . Le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 8 e 12 Km con profondità efficace di 8 km. Nella Zona sismogenetica 911 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, un valore di massima magnitudo pari a  $M_{w_{max}}=6.14$ .

### 10.3 Sorgenti sismogenetiche individuali/composite

A partire dal 2000 l'INGV mediante il Progetto DISS (*Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, MM Tiberti, E. Boschi, 2008. Il Database delle Sorgenti Sismogenetiche Individuali (DISS), versione 3: riassume 20 anni di ricerca sulla geologia dei terremoti italiani, Tettonofisica; doi: 10.1016/j.tecto.2007.04.014*) ha realizzato un database che contiene dati relativi alle "sorgenti sismogenetiche individuali/composite" ritenute responsabili di eventi sismici di magnitudo  $\geq 5.5$ .

Fig.17-Zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9-INGV, 2004

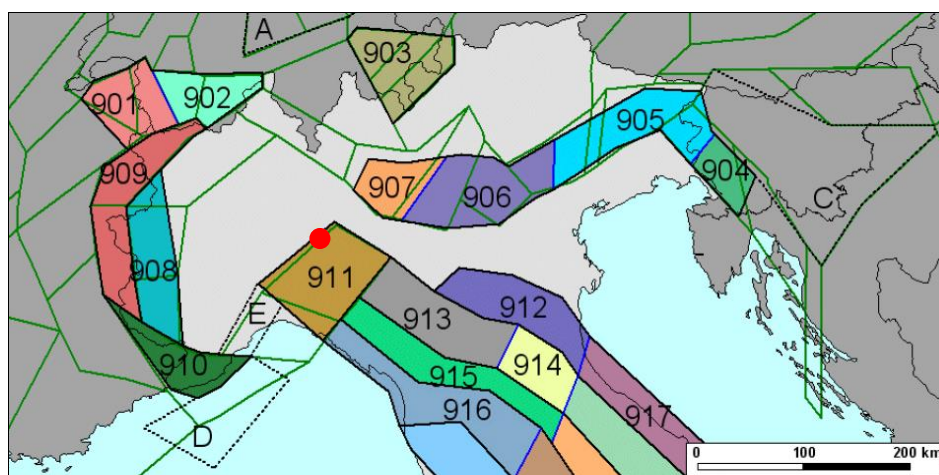
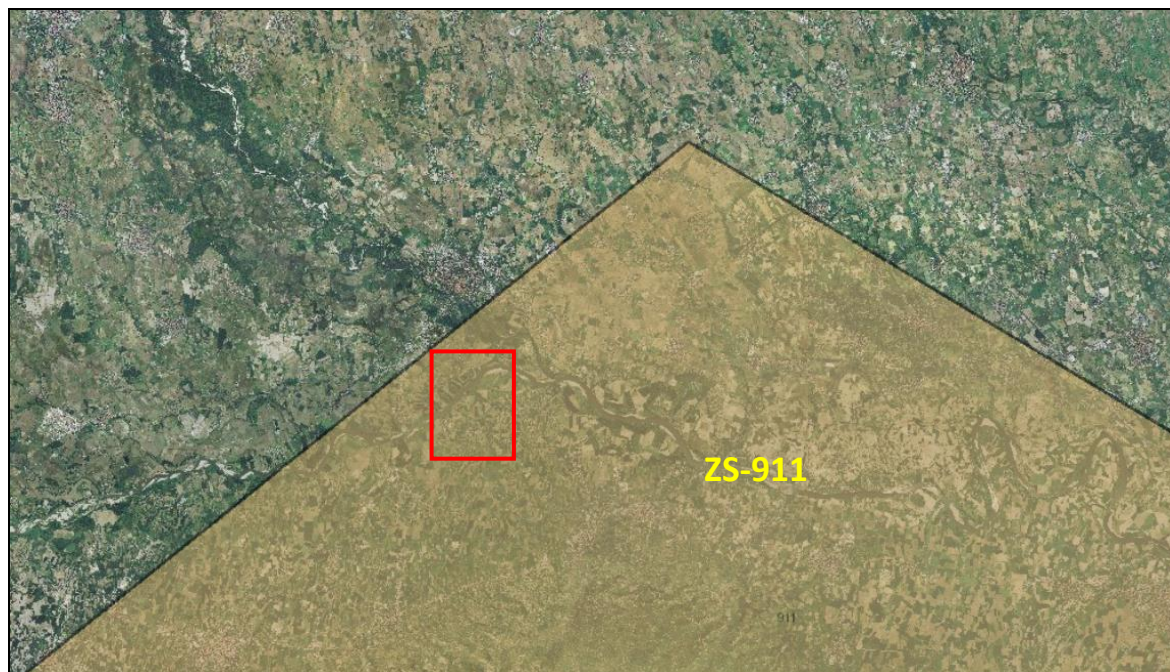




Fig.18-Stralcio Zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9-INGV, 2004

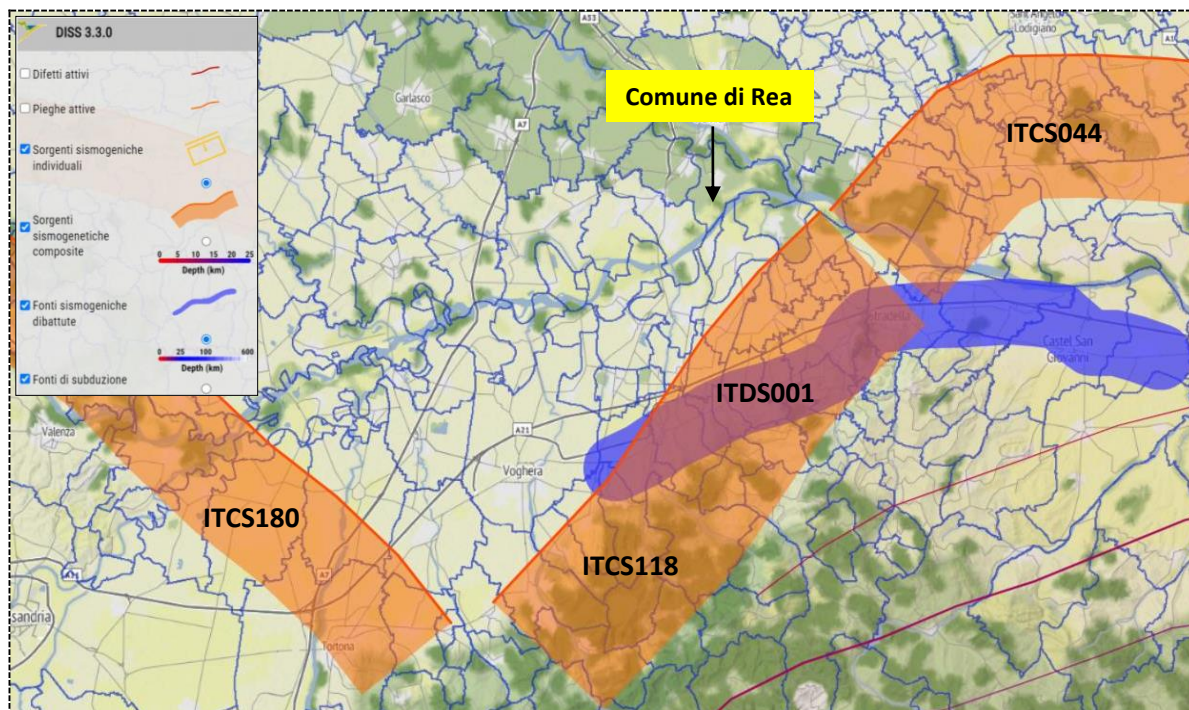


Si tratta di faglie ritenute capaci di dislocarsi significativamente durante i grandi eventi sismici; esse vengono analizzate nel loro andamento tridimensionale e ne viene definito il comportamento caratteristico (entità della fratturazione) e la magnitudo attesa del sisma associato a tale fratturazione. Il *Progetto Diss* integra il quadro conoscitivo fornito dalla Zonazione sismogenetica ZS9. Le strutture sismogenetiche composite/individuali prossime al territorio comunale di Rea sono visualizzate in Fig.19. In particolare le più vicine sono la sorgente sismogenetica composita/individuale denominata ITCS118 (Rivanazzano Stradella), la ITCS044 (Portalbera-Cremona) e la ITCS180 (Monferrato Orientale). La sorgente sismogenetica ITCS118 Rivanazzano Stradella interessa una fascia di circa 30 km di lunghezza e 10 di larghezza comprendente tutto il fronte avanzato dei rilievi appenninici dell'Oltrepò pavese. A tale struttura è attribuita una velocità di scorrimento (slip rate) di  $0.20\div0.54$  mm all'anno e la possibilità di generare terremoti di magnitudo  $M_w=6.8$ . Il margine sud del territorio comunale di Rea dista dal confine nord-ovest della suddetta struttura sismogenetica circa 2.3 km. La sorgente sismogenetica ITCS044 comprende l'area tra la città di Pavia ad ovest e la città di Cremona ad est, tra le valli del Ticino e dell'Adda. A tale struttura è attribuita una velocità di scorrimento (slip rate) di  $0.48\div0.54$  mm all'anno e la possibilità di generare terremoti di magnitudo  $M_w=6.7$ . Il margine nord-est del territorio comunale di Rea dista dall'angolo sud-ovest della suddetta struttura sismogenetica circa 6.6 km.





Fig.19-Mappa delle sorgenti sismogenetiche individuali-composite (DISS vers. 3.3.0)

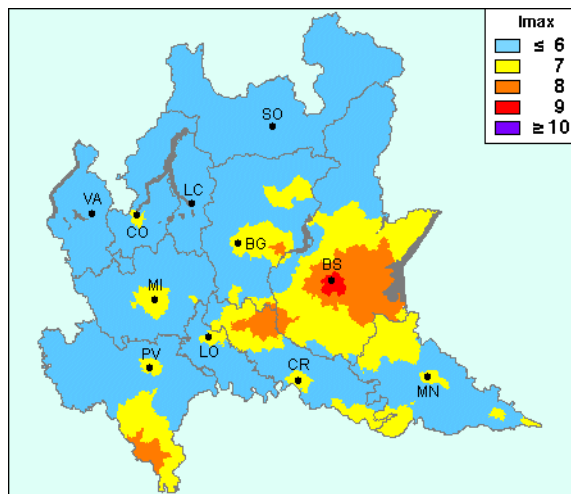


La sorgente sismogenetica ITCS180 Monferrato Orientale interessa una fascia di circa 35 km di lunghezza e 7 di larghezza che si sviluppa in direzione NW-SE da Viguzzolo sin quasi a Ticineto. A tale struttura è attribuita una velocità di scorrimento (slip rate) di  $0.10 \div 0.5$  mm all'anno e la possibilità di generare terremoti di magnitudo  $M_w=6.4$ . Il margine sud del territorio comunale di Rea dista dal confine settentrionale della suddetta struttura sismogenetica circa 25 km.

In corrispondenza delle sorgenti ITCS018 e ITCS044 nell'ambito del citato Database viene inoltre individuata la sorgente ITDS001 (Broni-Stradella) inclusa tra le Debated Seismogenic Sources; si tratta di faglie attive riconosciute negli studi sismologici di base come potenziali sorgenti sismogenetiche, ma che non sono considerate sufficientemente attendibili da essere incluse nel database. In particolare per la sorgente Broni-Stradella l'estensione della zona di rottura è compatibile con eventi sismici di magnitudo superiore a 5.5. La distanza minima di tale sorgente dall'area comunale è di 6 km. Nella mappa di Fig.19 tale struttura è distinta con il colore blu.

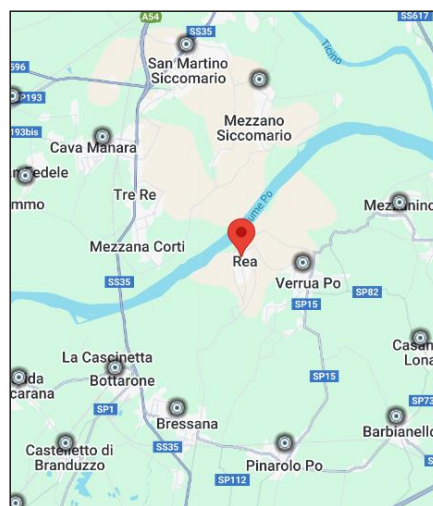
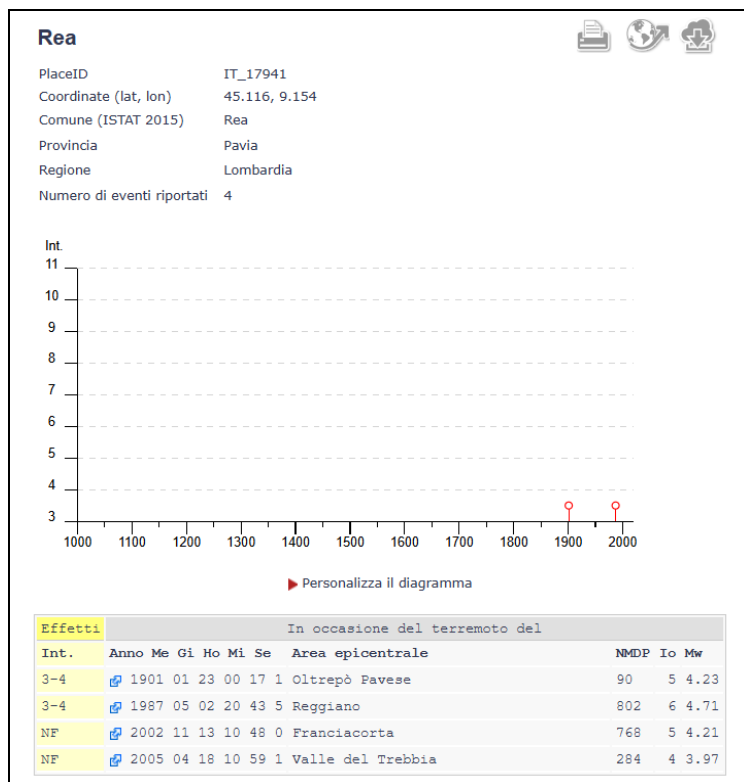
#### 10.4 Sismicità storica

Dalla consultazione dei cataloghi sismici redatti dall'Istituto di Geofisica e Vulcanologia per gli studi di pericolosità risulta che l'area comunale è caratterizzata da eventi sismici piuttosto sporadici e di intensità macrosismica massima  $I_{max}$  rilevata  $\leq$  del VI grado della scala Mercalli (cfr. Fig.20).

Fig.20-Carta della massima intensità macrosismica  $I_{max}$  attesa in Lombardia

La storia sismica locale è stata tratta dal catalogo DBMI15 (periodo di osservazione compreso tra l'anno 1000 e l'anno 2017), il database utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative al comune di Rea (cfr. Fig.21) per il quale sono segnalati n.4 eventi sismici con epicentro nell'Oltrepò Pavese, Reggiano, Franciacorta e Valle del Trebbia. L'intensità massima  $I_s$  risentita per i primi due eventi è stata dell'ordine di 3÷4, mentre i restanti non sono stati avvertiti, ma solo segnalati ( $I_s=1$ ).

Fig.21-Osservazioni sismiche disponibili (4) per il comune di Rea



$I_s$  = intensità macrosismica in scala MCS:

D= danneggiamento, comunemente  $> 6$ .

$I_o$  = intensità epicentrale in scala MCS

F = risentito (felt)  $3 < I_s < 5$

NF = non avvertito, in presenza di segnalazione  $I_s = 1$ .

NC = non classificato

Mw = magnitudine momento nell'area epicentrale



## COMUNE DI REA (PV)

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO - **REVISIONE GENERALE 2024-2025**

**PIANO DELLE REGOLE - COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Per completezza si riportano di seguito le tabelle e i grafici delle osservazioni sismiche delle località limitrofe (Verrua Po, Mezzanino, Travacò Siccomario, Cava Manara, Bottarone e Pinarolo Po). Per Verrua Po sono segnalati due eventi sismici (23.01.1901-epicentro Oltrepò Pavese, 13.11.2002-epicentro Franciacorta) con intensità macrosismica  $I_s$  non avvertita.

Fig.22-Osservazioni sismiche disponibili per i comuni di Verrua Po (2) e Mezzanino (6)

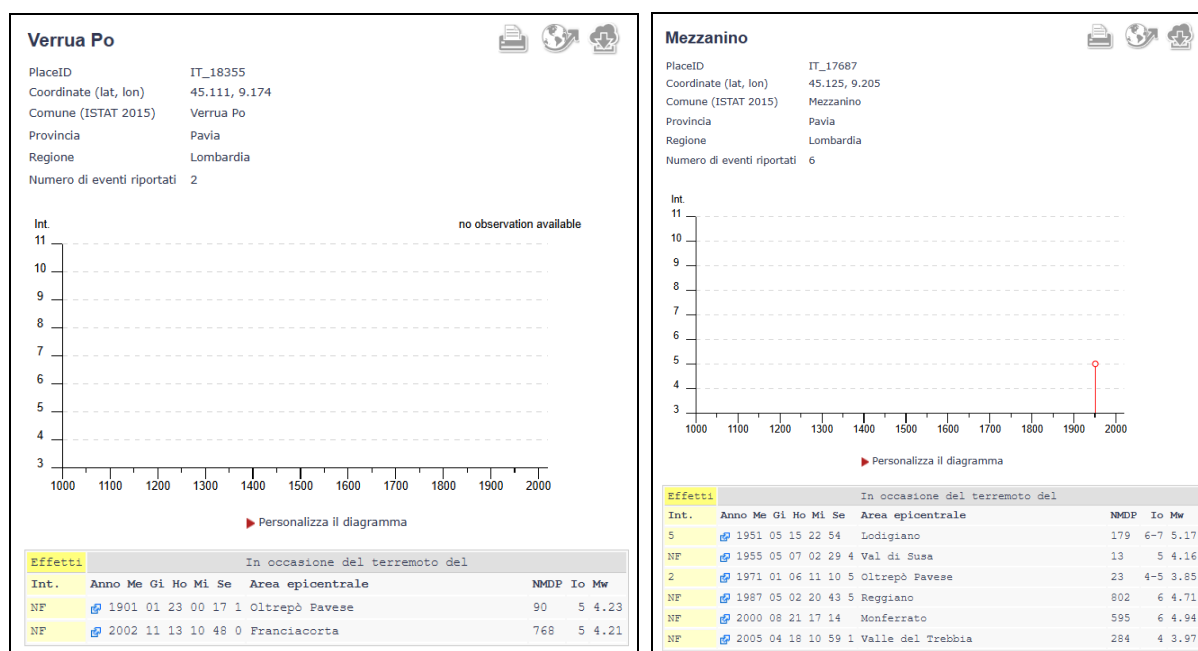
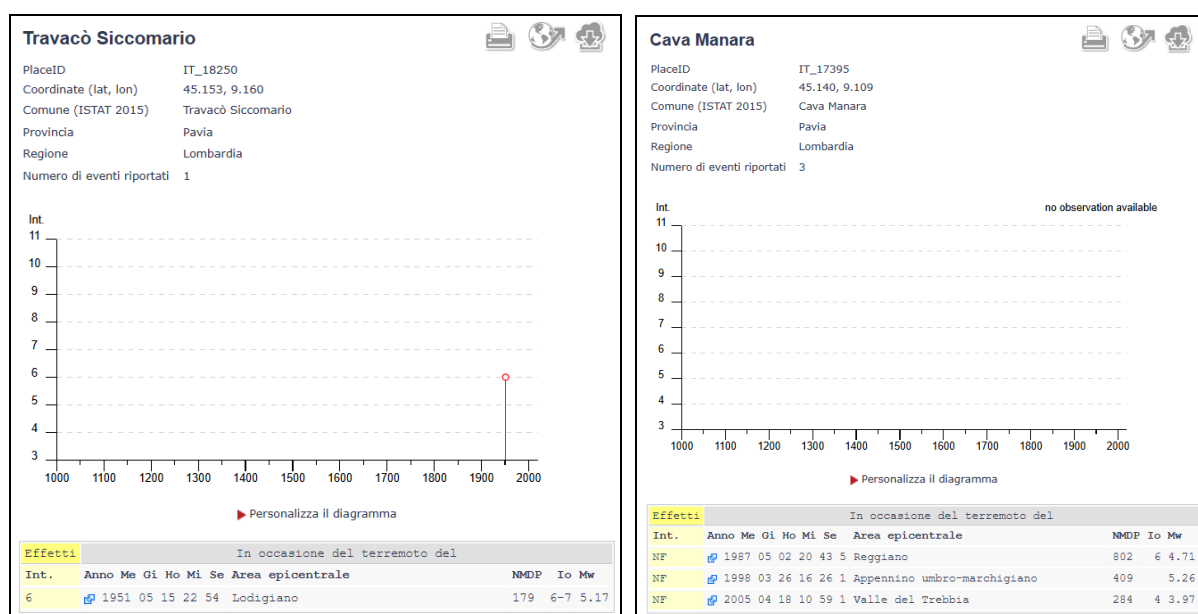
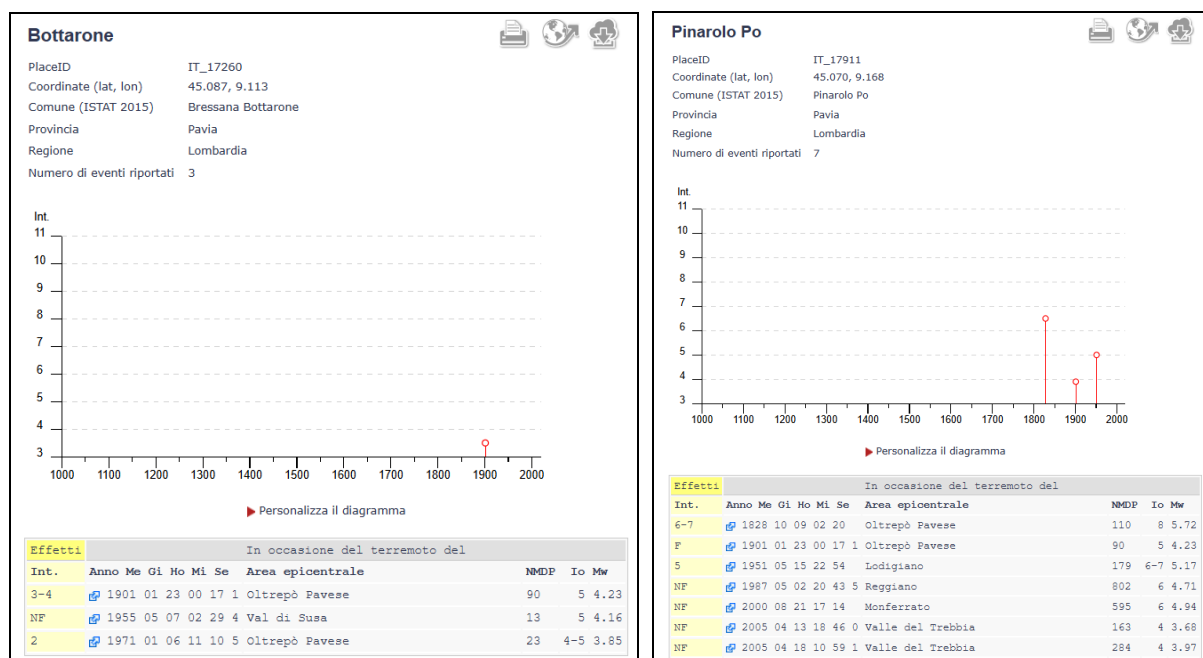


Fig.23-Osservazioni sismiche disponibili per le località Travacò Siccomario (1) e Cava Manara (3)



**Fig.24-Osservazioni sismiche disponibili per le località Bottarone (3) e Pinarolo Po (7)**

Per Mezzanino e Travacò Siccomario l'evento sismico segnalato con intensità macrosismica maggiore risentita  $I_s$  pari rispettivamente a 5 e 6 è il terremoto del 15.05.1951 con epicentro nel Lodigiano, per Bottarone il terremoto del 1901 (epicentro nell'Oltrepò Pavese,  $I_s=3\div 4$ ), per Pinarolo Po il terremoto del 1828 (epicentro nell'Oltrepò Pavese,  $I_s=6\div 7$ ). Per Cava Manara sono stati segnalati tre terremoti (2.05.1987-epicentro Reggiano, 26.03.1998-epicentro Appennino umbro-marchigiano, 18.04.2005-epicentro Val Trebbia).

La massima intensità macrosismica risentita tra le località limitrofe è relativa all'evento del 9 ottobre 1828 con epicentro nell'Oltrepò Pavese ( $I_s=6\div 7$  a Pinarolo Po) caratterizzato da una magnitudo  $M_w=5.72$  e da un'intensità macrosismica epicentrale  $I_o=8$ .

Si riportano di seguito l'ubicazione degli epicentri degli eventi più significativi e le relative mappe di risentimento macrosismiche (cfr. Fig.25÷28).





Fig.25-Terremoto del 9 ottobre 1828 con epicentro nell'Oltrepò Pavese

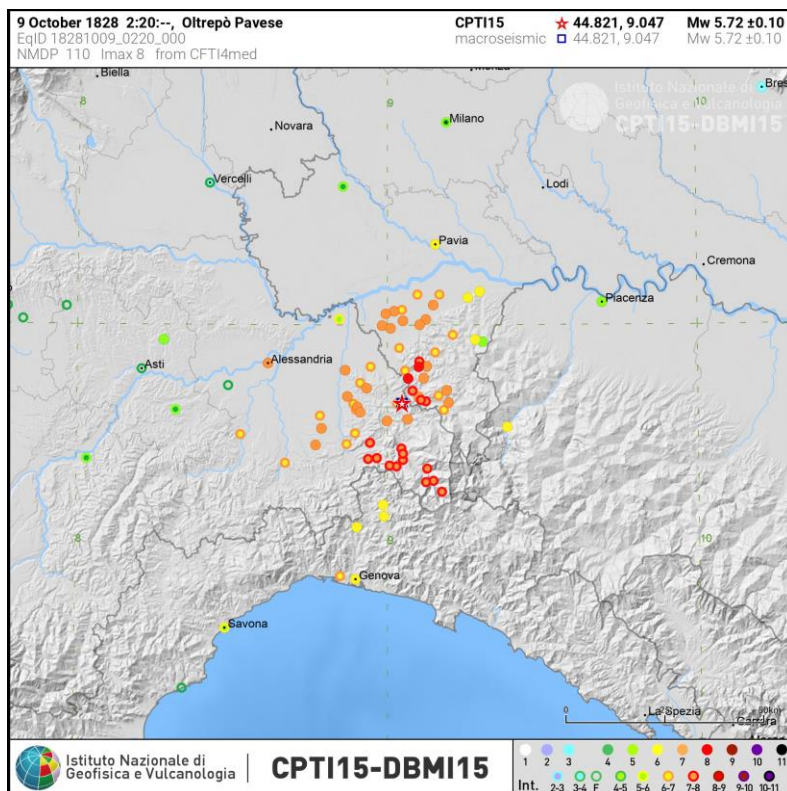


Fig.26-Terremoto del 15 maggio 1951 con epicentro nel Lodigiano

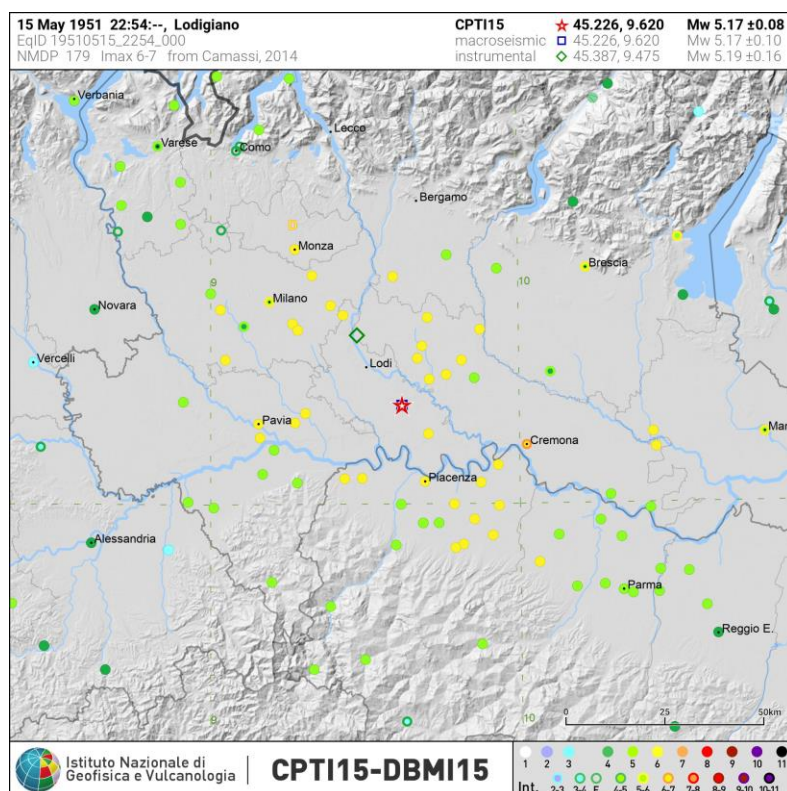






Fig.27-Terremoto del 23 gennaio 1901 con epicentro nell'Oltrepò Pavese

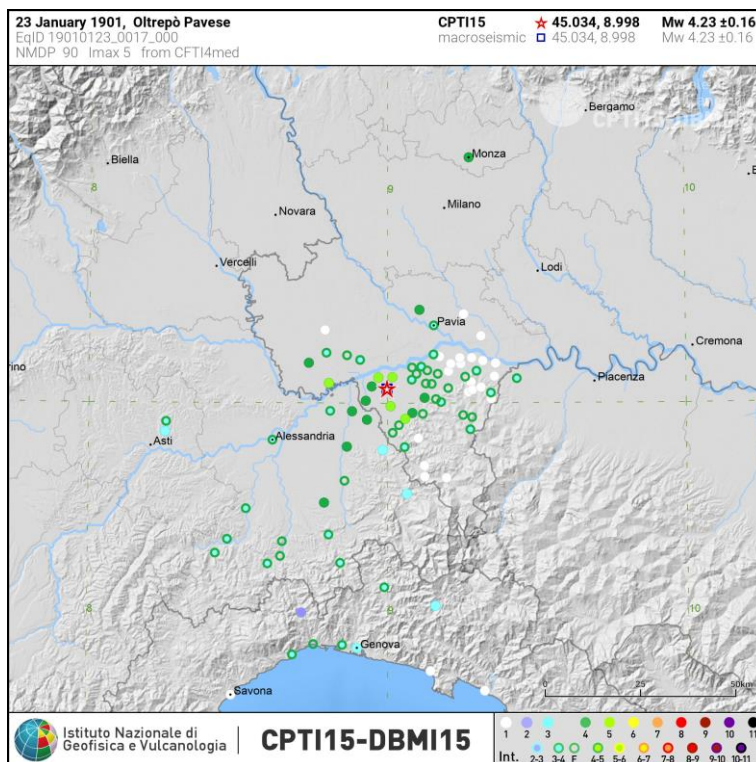
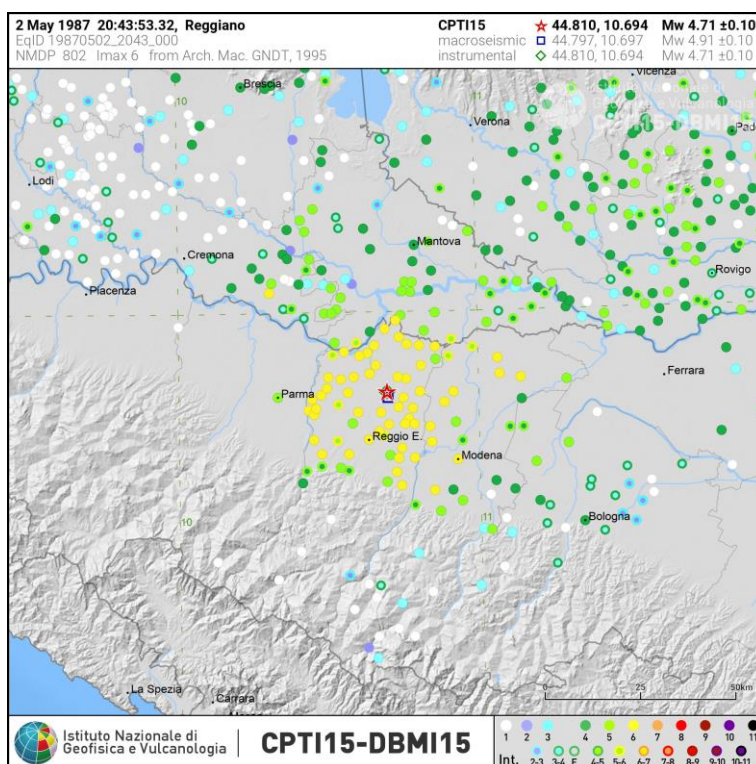


Fig.28-Terremoto del 2 maggio 1987 con epicentro nel Reggiano





## COMUNE DI REA (PV)

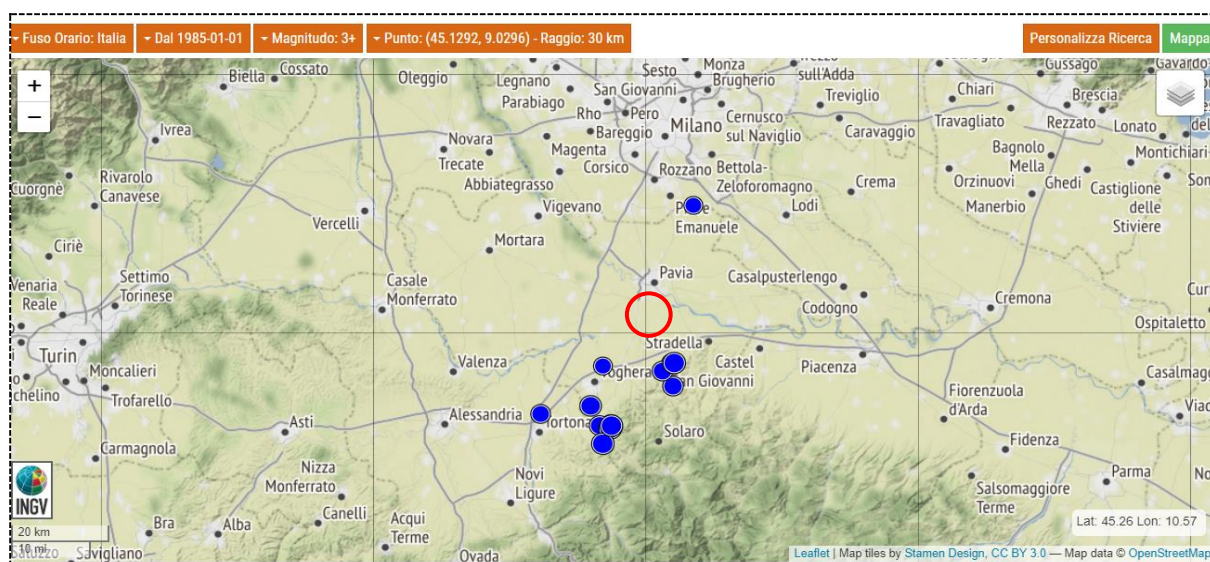
PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO - **REVISIONE GENERALE 2024-2025**

**PIANO DELLE REGOLE - COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

L'analisi della sismicità recente che ha interessato il territorio di Rea è stata condotta facendo riferimento al Data-Base ISDe-Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-Base, che contiene i dati parametrici di tutti i terremoti localizzati dalla sala di sorveglianza sismica dell'INGV di Roma. Si tratta di eventi avvenuti a partire dal 1° gennaio 1985 ed aggiornati giornalmente in tempo reale. Consultando il suddetto database per un'area circolare di raggio pari a 30 km con centro in corrispondenza della sede municipale di Rea si ottengono 84 eventi di magnitudo superiore a 2, di cui 13 con magnitudo superiore a 3 (cfr. Fig.29).

Fig.29-Eventi sismici recenti in un raggio di 30 Km da Rea (da ISDe)



Nella seguente tabella si riporta l'elenco degli eventi di magnitudo  $\geq 3$  registrati a partire dal 1985 nell'area considerata.

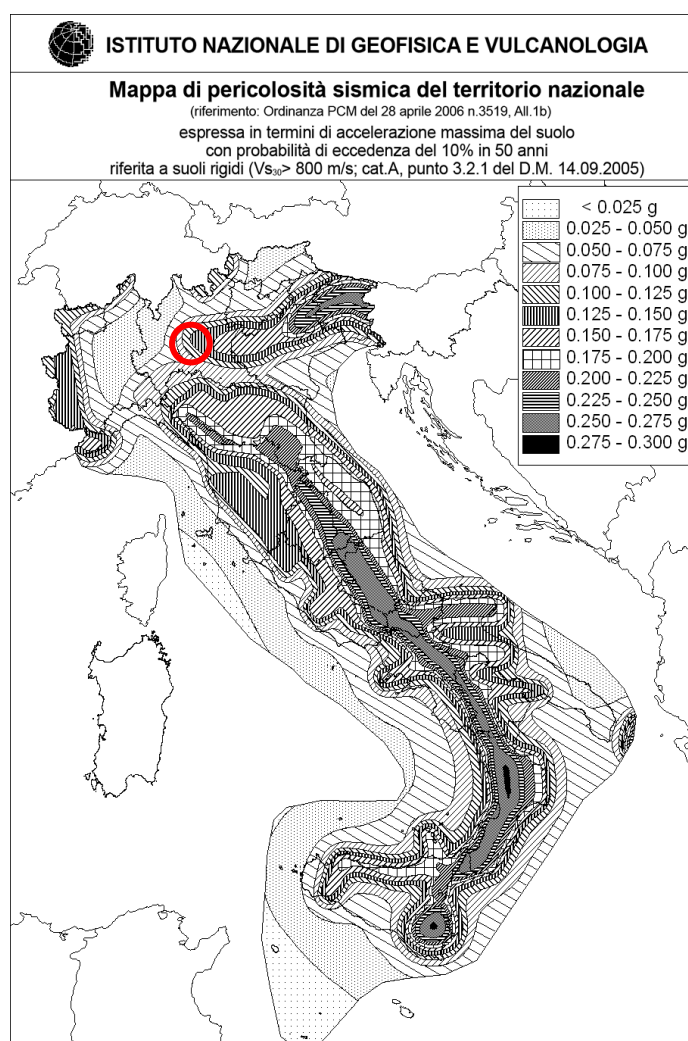
Data e Ora (Italia) 📅 ⚙️	Magnitudo 📊 ⚙️	Zona 📍	Profondità 📏 ⚙️	Latitudine	Longitudine
1988-12-25 19:27:35	Md 3.5	3 km NW Rivanazzano Terme (PV)	8	44.95	8.99
1992-07-06 13:25:18	Md 3.0	1 km S Redavalle (PV)	5	45.03	9.21
1994-10-28 01:04:48	Md 3.4	E Torricella Verzate (PV)	6	45.02	9.18
1995-04-29 21:13:55	Md 3.0	2 km W Pizzale (PV)	5	45.03	9.03
1999-02-05 06:08:14	Md 3.3	1 km N Montalto Pavese (PV)	7	44.99	9.21
2001-06-01 21:41:49	Md 3.1	5 km N Tortona (AL)	5	44.94	8.87
2013-11-21 11:34:15	ML 3.1	2 km NW Godiasco Salice Terme (PV)	19	44.92	9.05
2013-11-21 11:36:50	Mw 3.6	2 km NW Godiasco Salice Terme (PV)	23	44.91	9.04
2013-11-22 20:50:24	ML 3.7	2 km NW Godiasco Salice Terme (PV)	21	44.91	9.05
2013-11-23 00:04:07	ML 3.3	2 km S Rivanazzano Terme (PV)	18	44.91	9.02
2014-12-06 18:40:41	ML 3.6	1 km W Pozzol Groppo (AL)	11	44.88	9.02
2020-04-19 11:53:40	ML 3.7	1 km SE Redavalle (PV)	25	45.03	9.21
2021-10-12 01:18:20	ML 3.0	1 km SW Carpiano (MI)	36	45.33	9.26



### 10.5 Quadro normativo e classificazione sismica del territorio comunale

Il panorama legislativo in materia sismica è stato profondamente trasformato dall'OPCM n°3274/2003 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*, che è entrata in vigore dal 25 ottobre 2005, data coincidente con la pubblicazione della prima stesura delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 settembre 2005) e dalla successiva OPCM n°3519/2006 *"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"*. La riclassificazione sismica del territorio nazionale prevede che tutto il territorio sia classificato sismico sulla base della *Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale* riportata in Fig.30 espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi.

Fig.30-Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

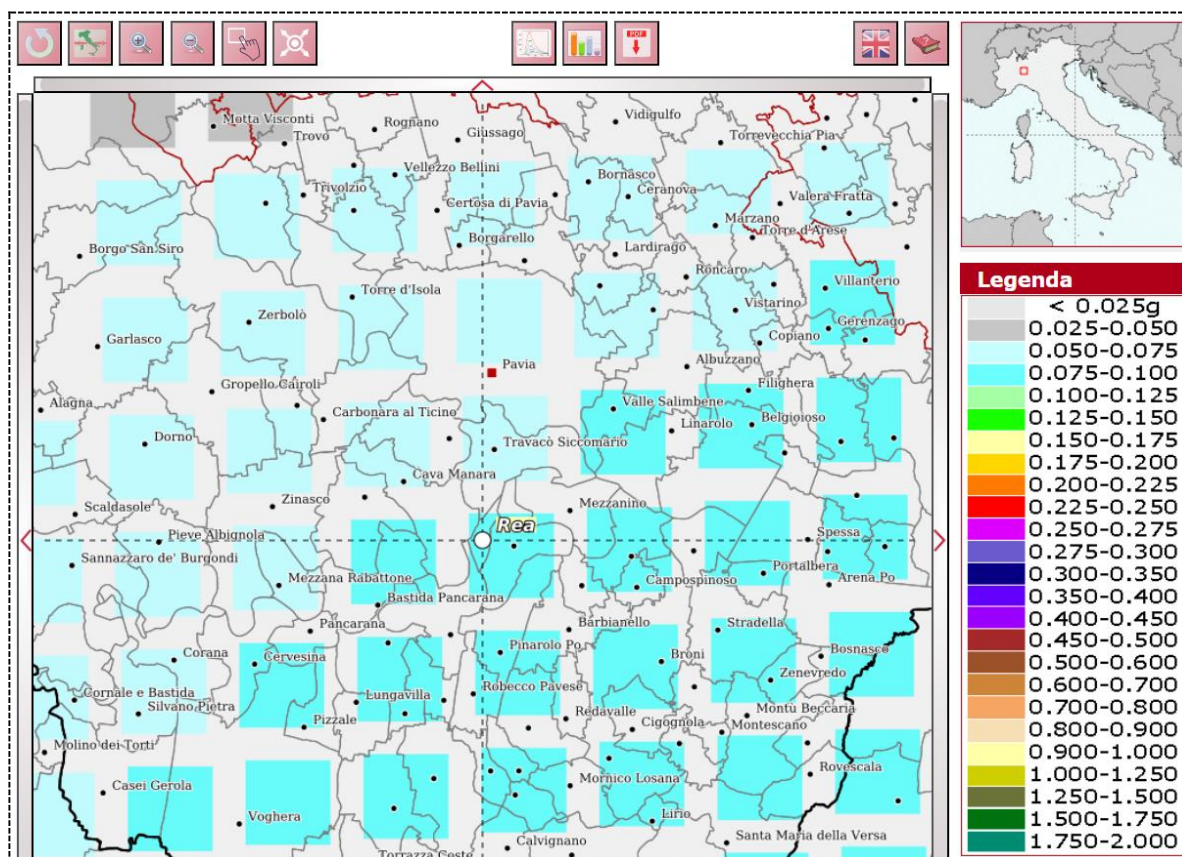






In particolare la mappa riporta il valore dell'accelerazione orizzontale massima  $a_g$  che ha la probabilità di essere superato almeno una volta nei prossimi 50 anni; tale valore di probabilità, che corrisponde ad un periodo di ritorno di 475 anni, è assunto come riferimento dalla normativa sismica vigente. Nella Fig.31 si riporta l'estratto della mappa di pericolosità sismica del comune di Rea da cui si ricava che il valore di  $a_g$  atteso risulta compreso tra 0.075 e 0.100g.

Fig.31-Stralcio Mappa di pericolosità sismica del comune Rea ( $a_{g475}$ )



In relazione alla pericolosità sismica di Fig.30 e 31 il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone con livelli decrescenti di pericolosità (cfr. tabella sottostante) in funzione a quattro differenti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo  $a_{g475}$ , ossia quella riferita al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% riferiti a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s.

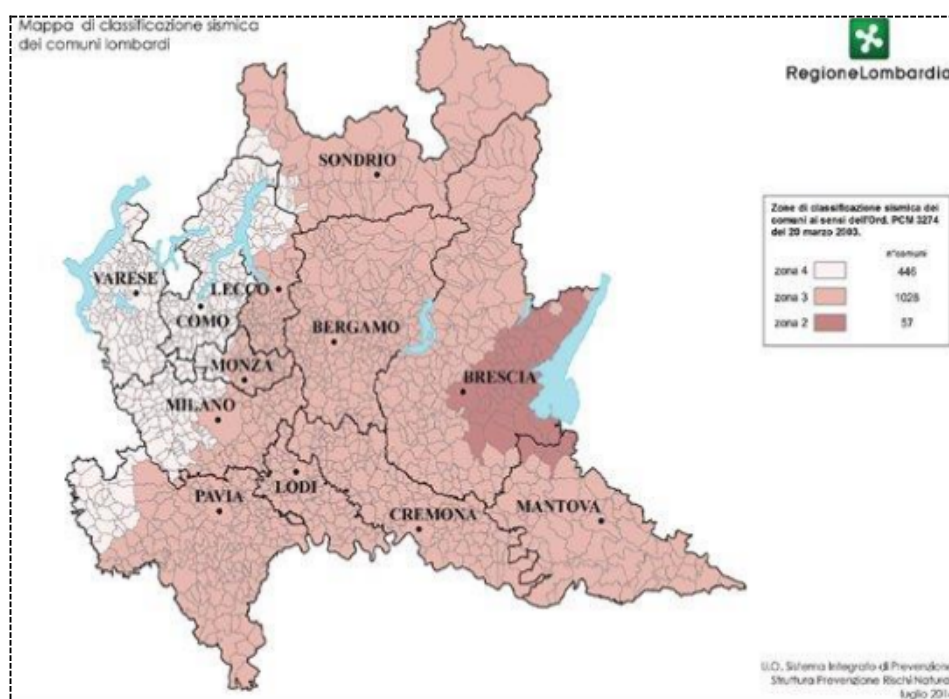
Zona 1	$a_{g475} \geq 0.25g$
Zona 2	$0.25 < a_{g475} \leq 0.15g$
Zona 3	$0.15 < a_{g475} \leq 0.05g$
Zona 4	$a_{g475} < 0.05g$



L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di  $a_{g475}$  con una tolleranza 0.025g. Come si evince dalla tabella a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido ( $a_g$ ).

Con la D.g.r. n.X/2129 dell'11 Luglio 2014, entrata in vigore il 10 aprile 2016, la Regione Lombardia ha approvato la nuova classificazione sismica dei comuni lombardi. Nel caso specifico al comune di Zinasco è stata attribuita la zona sismica 3 (cfr. Fig.32) con un'accelerazione orizzontale massima al suolo  $a_{g475}$  pari a 0.081162g.

Fig.32-Classificazione in zone sismiche dei comuni lombardi



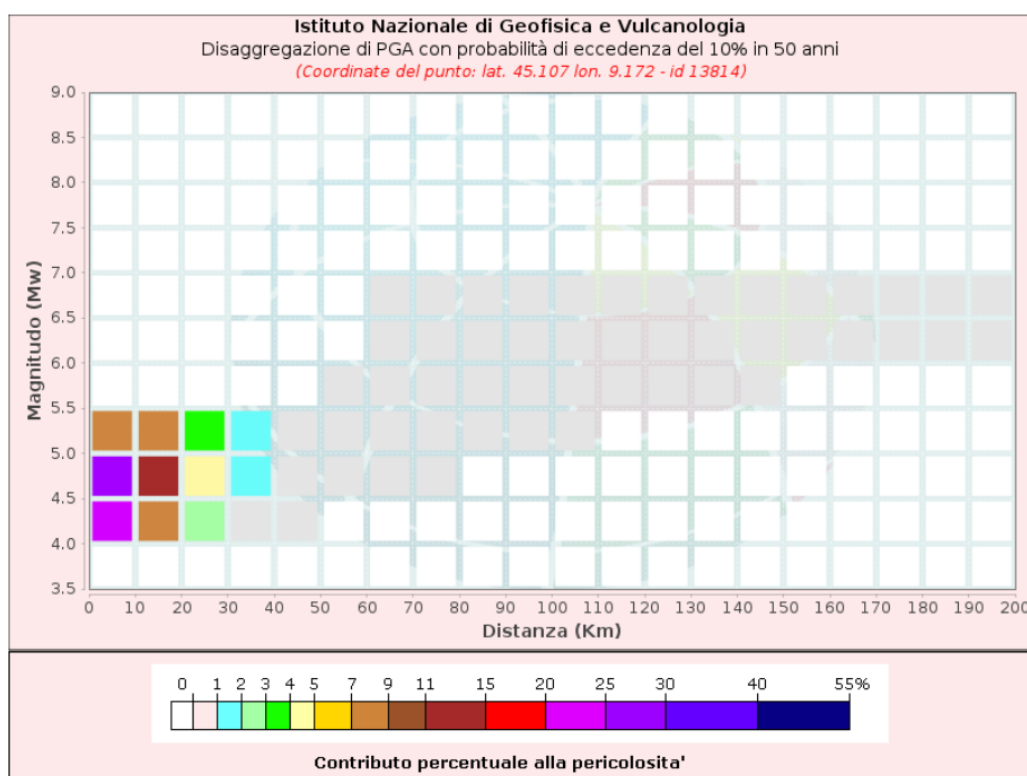
Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione. Infatti le Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008 in vigore dal 1° luglio 2009 e il successivo aggiornamento del 17.01.2018 hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona, e quindi territorio comunale, precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle N.T.C./2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera.





Dal grafico di disaggregazione dei valori di  $a(g)$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (cfr. Fig.33) estrapolato dalla mappa interattiva di pericolosità sismica, è possibile ricavare il contributo percentuale delle diverse coppie di dati magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità sismica di base. Per il comune di Rea la magnitudo media prevista con probabilità di superamento del 10% in 50 anni è di 4.75 con distanza dall'epicentro di 13.4 km.

Fig.33-Grafico di disaggregazione del valore di  $a_g$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni



Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.75	13.4	0.453

## 10.6 Pericolosità sismica locale

Secondo le direttive regionali, l'analisi della sismicità del territorio in termini di valutazione dell'amplificazione sismica locale deve seguire la metodologia dell'Allegato 5 (*"Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei piani di governo del territorio"*) alla D.G.R. n.IX/2616/2011 e s.m.i. Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento in funzione della zona sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale PSL.



Secondo la D.g.r. IX/2616/2011 (cfr. Tabella sottostante) i comuni in zona sismica 3 come il comune di Rea devono procedere, in fase di pianificazione urbanistica alla redazione del 1° livello di approfondimento sismico esteso a tutto il territorio comunale ed al 2° livello di approfondimento nelle zone PSL Z3 e Z4, individuate nel 1° livello, interferenti con l'urbanizzato e/o con urbanizzabile ad esclusione delle aree inedificabili. Per gli scenari PSL Z2 in fase pianificatoria non è previsto nessun approfondimento, mentre in fase progettuale deve essere eseguito un approfondimento di 3° livello.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando <math>F_a</math> calcolato &gt; valore soglia comunale;</li><li>- Nelle zone PSL Z1 e Z2.</li></ul>
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando <math>F_a</math> calcolato &gt; valore soglia comunale;</li><li>- Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.</li></ul>

#### 10.6.1 Approfondimento sismico di primo livello

L'analisi di I° Livello è un approccio di tipo qualitativo e consiste nel riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia d'inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i comuni prevede la redazione della *Carta della pericolosità sismica locale* nella quale vengono riportati gli scenari di pericolosità sismica locale individuati utilizzando la Tabella 1 di cui all'Allegato 5 alla D.g.r. 30.11.2011 n. IX/2616 di seguito riportata. Sul territorio comunale sono stati individuati **due scenari di pericolosità sismica locale PSL** (cfr. **Tav.6-Carta della pericolosità sismica locale-PSL**) di seguito descritti.

**Z4a zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.** La totalità del territorio comunale di Rea è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali granulari e/o coesivi di notevole spessore che in occasione di un evento sismico possono essere soggetti ad amplificazioni litologiche e geometriche.

**Z2b zona con depositi granulari fini saturi** in cui gli effetti da sisma possono originare fenomeni liquefazione. Viste le caratteristiche litostratigrafiche e idrogeologiche è stato attribuito lo scenario Z2b, che si sovrappone allo scenario Z4a, a tutto il territorio comunale.



Fig.34-Tabella 1 Allegato V D.g.r. 2616/2011

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

### 10.6.2 Approfondimento sismico di secondo livello

Nello scenario PSL Z4 è stata effettuata una verifica di 2° livello utilizzando la procedura descritta al paragrafo 2.2 dell'Allegato 5 alla DGR/IX/2616. Tale procedura in relazione alle caratteristiche litologiche, morfologiche, geotecniche e sismiche permette una **valutazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi attraverso la definizione del fattore di amplificazione Fa**, valutando il grado di protezione raggiunto dalla normativa vigente nel tenere in considerazione gli effetti sismici. Gli effetti di amplificazione sismica locale sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico può subire durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti la formazione rocciosa di base (*bedrock*) a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Gli effetti di amplificazione sono di due tipi e possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

1. **effetti di amplificazione topografica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto.



Se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (*bedrock*) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico;

2. **effetti di amplificazione litologica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglie ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche.

Per gli ambiti Z4a l'analisi sismica di 2° livello prevista dall'All.5 alla D.G.R. 30.11.2011 n.IX/2616 consiste in una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi e si concretizza con una stima della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di Amplificazione (Fa). La valutazione del fattore Fa permette di "quantificare" l'effetto prodotto dalle condizioni litostratigrafiche locali in grado di modificare l'intensità delle onde sismiche generate da un terremoto (pericolosità di base). La procedura prevede il confronto del valore di Fa caratteristico dell'area (Fa\_sito) rispetto al valore caratteristico del territorio comunale in cui l'area è inserita (Fa\_soglia), definito da Regione Lombardia in funzione della categoria sismica di sottosuolo. Tale confronto consente l'individuazione di aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fattore di amplificazione calcolato Fac superiore a Fa di soglia comunale). Per tali aree, in fase di progettazione, si dovrà procedere ad indagini ed approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore. Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5s (strutture basse, regolari e piuttosto rigide) e 0.5-1.5s (strutture più alte e flessibili) in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale.

In particolare per l'applicazione della suddetta metodologia al territorio comunale di Rea si è proceduto come segue:

- Raccolta ed analisi delle indagini sismiche disponibili sul territorio comunale
- Esecuzione di indagini sismiche integrative, consistenti in prove sismiche tipo Masw e in misure di microtreasure ambientale HVSR finalizzate alla misura sperimentale diretta del periodo proprio di sito T
- Determinazione dei valori di  $V_{seq}$  in corrispondenza dei siti di indagine e della categoria sismica di sottosuolo ai sensi del D.M. 17/01/18



- Individuazione della scheda di analisi semplificata rappresentativa per il caso analizzato, scelta tra quelle messe a disposizione da Regione Lombardia sulla base delle caratteristiche litologiche e sismo-stratigrafiche del sito
- Determinazione del periodo proprio di sito in corrispondenza dei siti di indagine
- Calcolo del fattore di amplificazione locale  $F_{ac}$  e confronto con i valori di soglia comunale  $F_{as}$  definiti da Regione Lombardia in funzione della categoria sismica di sottosuolo.

### **Indagini sismiche di riferimento**

Per la verifica di II° livello sono state utilizzate le seguenti indagini sismiche:

- n.1 prova sismica MASW pregressa relativa a pratica edilizia messa a disposizione dall'Amministrazione comunale dalla quale è stata ricavata la categoria sismica del sottosuolo e il profilo di velocità delle onde sismiche di taglio  $V_s$  (codice identificativo MASW 2022)
- n.1 prova sismica integrativa MASW eseguita nell'ambito del presente studio con codice identificativo MASW 2024 dalla quale è stata ricavata la categoria sismica del sottosuolo e il profilo di velocità delle onde sismiche di taglio  $V_s$
- n.6 prove sismiche integrative HVSR eseguite nell'ambito del presente studio con codice identificativo HVSR1÷HVSR6 attraverso le quali è stata determinata sperimentalmente la frequenza fondamentale del sito dalla quale è stato poi ricavato il periodo proprio di oscillazione  $T$ .

L'ubicazione delle suddette indagini sismiche, riassunte nella seguente tabella, è riportata nella *Tav.6-Carta della pericolosità sismica locale con ubicazione delle indagini sismiche-I° livello*, mentre i report interpretativi sia delle prove Masw che HVSR nell'Allegato 2.

<b>Indagini sismiche MASW</b>	
<u>Tipologia indagine</u>	<u>Ubicazione</u>
Masw 2022	Via Oreste Colombi, 2
Masw 2024	Piazza Busoni, 4-Municipio e scuola materna
<b>Indagini sismiche HVSR</b>	
<u>Tipologia indagine</u>	<u>Ubicazione</u>
HVSR1	Zona a nord est di Rea-Strada per Imbarcadero
HVSR2	Via S. Lorenzo
HVSR3	Zona a nord di Case Sparse in prossimità del Fosso Nuovo
HVSR4	Zona ad est di Rea in prossimità della S.P.187
HVSR5	Via Marconi 61-47
HVSR6	Via Case Sparse, 2





### Valutazione del valore di $V_{seq}$ e della categoria sismica del sottosuolo

La determinazione della categoria sismica del suolo di fondazione in accordo con quanto indicato nelle NTC/2018 è stata eseguita con il valore  $V_{seq}$  calcolato con la seguente relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo,  $N$  il numero di strati ed  $H$  la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da  $v_s$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m la velocità equivalente delle onde di taglio  $v_{s,eq}$  è definita dal parametro  $v_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nel caso in esame in tutte le prove simiche Masw il bedrock sismico non è mai stato individuato a profondità inferiori a 30 m. I valori di  $V_{s,eq}$  e la corrispondente categoria sismica di sottosuolo sono di seguito indicati.

Stendimento sismico	$V_{seq}=V_{s,30}$	Categoria suolo
Masw 2022	238.72 m/s	<b>C</b>
Masw 2024	249.20 m/s	<b>C</b>

Dai risultati si evince che il territorio comunale di Rea è caratterizzato da una categoria di suolo sismico di tipo **C** ovvero “depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{seq}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.

### Individuazione della scheda di analisi semplificata

Sulla base delle caratteristiche litologiche del sottosuolo e confrontando l'andamento con la profondità della velocità delle onde di taglio  $v_s$  (determinate con le prove Masw) con quello riportato nelle schede litologiche fornite da Regione Lombardia, è stata individuata come scheda di riferimento quella a litologia sabbiosa (cfr. Fig.37 e 38).



### Determinazione del periodo proprio del sito

Nelle aree dove sono stati eseguiti i Masw, il periodo proprio di vibrazione del sito T è stato determinato utilizzando il profilo sismo-stratigrafico delle Vs calcolato fino alla profondità in cui il valore della velocità  $v_s$  è uguale o superiore a 800 m/s utilizzando la relazione sotto riportata:

$$T = \frac{4 \cdot \sum_{i=1, N} h_i}{\frac{\sum_{i=1, N} v_{si} \cdot h_i}{\sum_{i=1, N} h_i}}$$

$h_i$ =spessore strato  $i$ -esimo

$v_{si}$ =velocità strato  $i$ -esimo

Fig.37-Profilo  $v_s$  MASW 2022 e MASW 2024 e curve di riferimento regionali

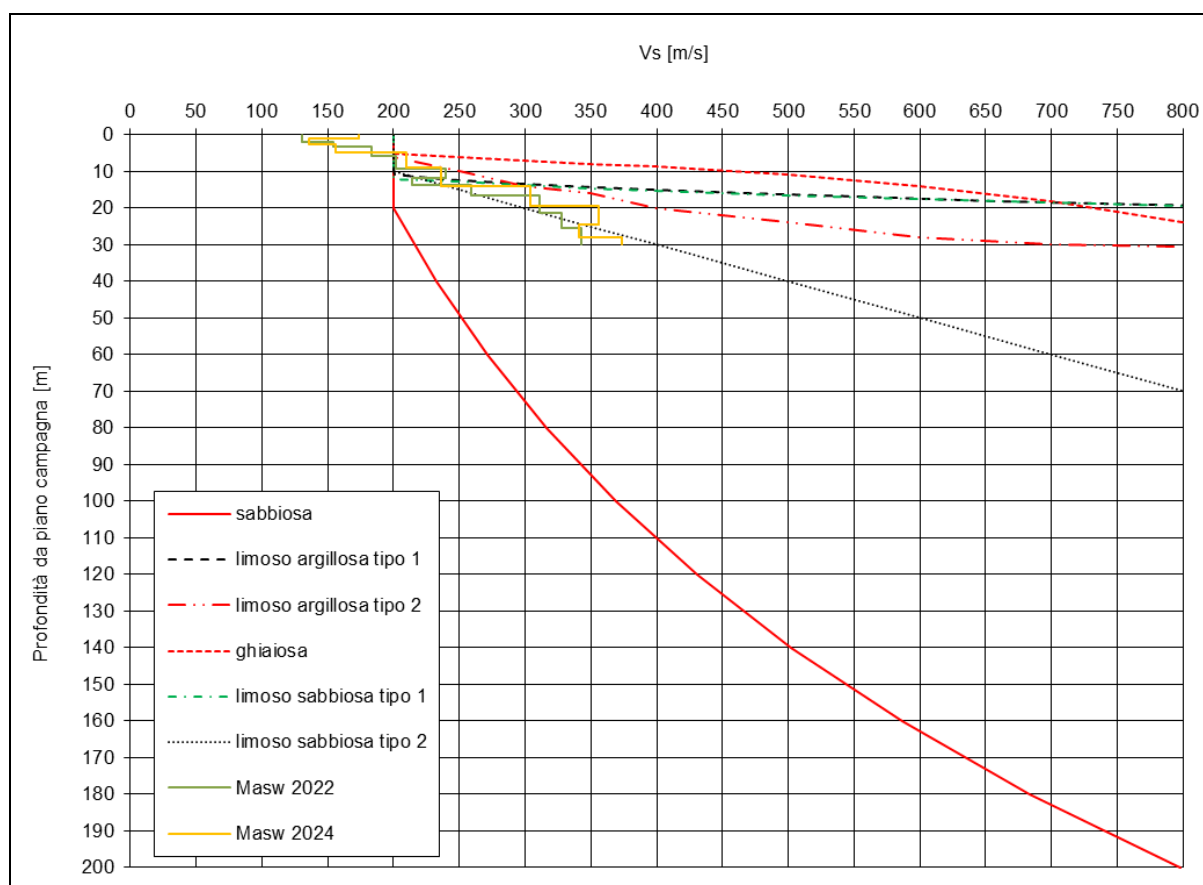
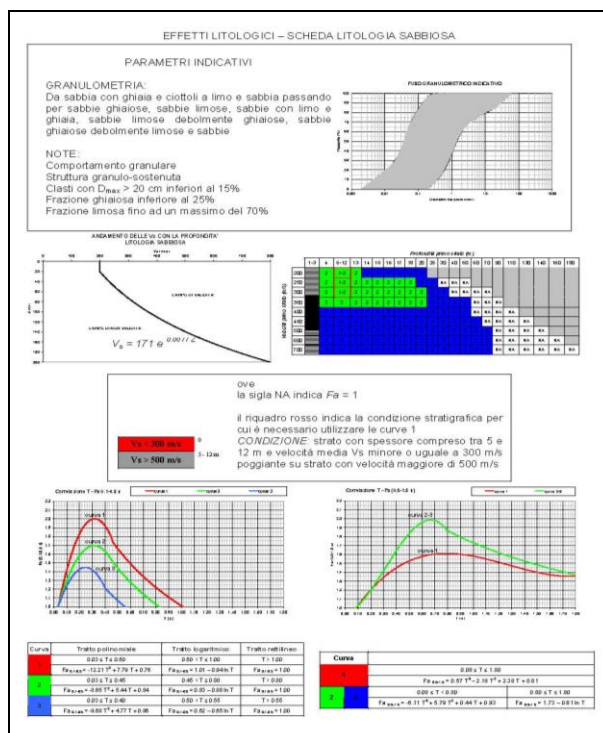




Fig.38-Scheda litologia sabbiosa-All. 5 alla D.g.r. n.IX/2616 del 30 novembre 2011



Per una più precisa definizione del periodo proprio di sito si è fatto riferimento ai risultati delle prospezioni simiche HVSR che ne hanno reso possibile la misura sperimentale diretta. In questo caso il periodo proprio di vibrazione del sito  $T$  è stato calcolato con la formula che lega il periodo alla frequenza secondo la seguente formula:

$$T=1/f$$

ossia il periodo è pari all'inverso alla frequenza fondamentale del sito determinata con le prove HVSR. I valori del periodo  $T$  calcolati in corrispondenza dei punti di indagine sismica (MASW e HVSR) sono riassunti nella seguente tabella.

Periodo proprio del sito	
Tipologia indagine	T [s]
MASW 2022	0.59
MASW 2024	0.67
HVSR1	0.25
HVSR2	1.43
HVSR3	1.11
HVSR4	1.13
HVSR5	1.36
HVSR6	1.25

### Calcolo del fattore di amplificazione sismica locale FAC

Dopo aver calcolato il periodo proprio di oscillazione del sito, la procedura per il calcolo del fattore di amplificazione prevede la definizione dello spessore e della velocità di propagazione dello strato superficiale, definito come lo strato avente uno spessore minimo di 4m a partire dal piano campagna. Se lo strato superficiale ha uno spessore inferiore a 4 m occorre individuare lo strato superficiale equivalente al quale viene assegnata una velocità  $v_s$  calcolata come media pesata dei valori di  $v_s$  degli strati la cui somma supera i 4 m. Successivamente, in funzione dello spessore e della velocità di propagazione delle onde di taglio  $v_s$  dello strato superficiale così individuato, viene scelta la curva più appropriata, utilizzando la matrice sotto riportata, per il calcolo del fattore di amplificazione negli intervalli  $0.1 \div 0.5s$  e  $0.5 \div 1.5s$  mediante gli abachi e le relazioni sottostanti.

Fig.39-Matrice per individuazione strato superficiale

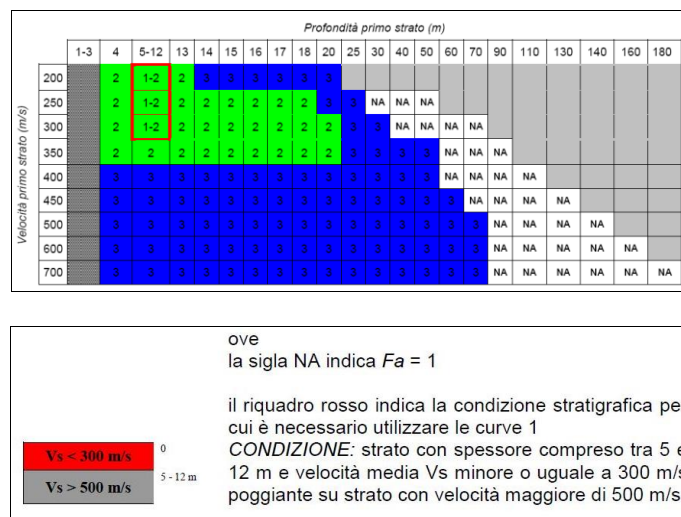


Fig.40-Abaco calcolo fattore di amplificazione per strutture con  $T=0.1 \div 0.5s$

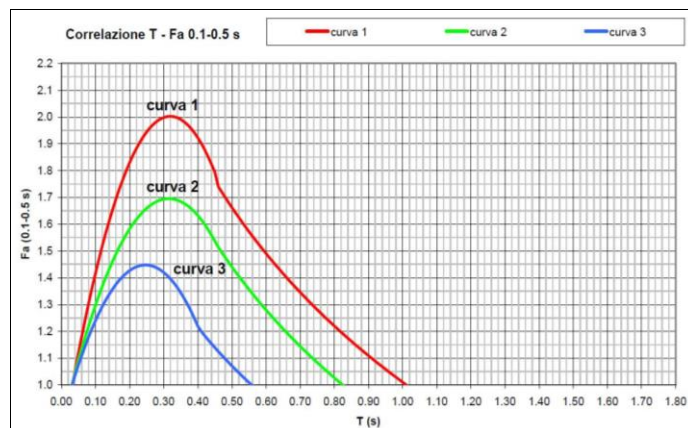
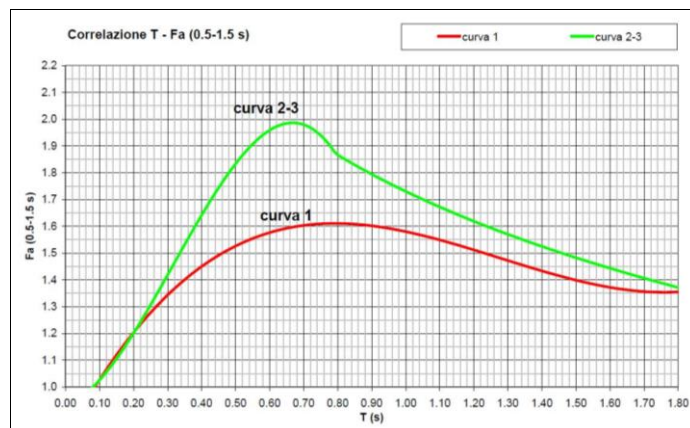


Fig.41-Abaco calcolo fattore di amplificazione per strutture con  $T=0.5\div 1.5s$ Fig.42-Equazioni per il calcolo del fattore di amplificazione per strutture con  $T=0.1\div 0.5s$ 

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Fig.43-Equazioni per il calcolo del fattore di amplificazione per strutture con  $T=0.5\div 1.5s$ 

Curva		
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$	
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$
3		

I valori del fattore di amplificazione FAC calcolati con la metodologia sopra illustrata sono stati poi confrontati con i valori di soglia FAS, definiti da Regione Lombardia per il comune di Rea, suddivisi per categoria di sottosuolo di fondazione e per periodo T (vedi tabelle seguenti).

COMUNE DI REA - ZONA SISMICA 3			
Valori di Soglia di Fa nell'intervallo $0.1s < T < 0.5s$			
Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
1.4	1.8	2.2	2.0
Valori di Soglia di Fa nell'intervallo $0.5s < T < 1.5s$			
Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
1.7	2.4	4.2	3.1





Fattore di amplificazione calcolato Fac periodo di oscillazione T=0.1÷0.5s			
Tipologia indagine	Categoria sottosuolo	Fac	Fas
MASW 2022	C	1.29	1.8
MASW 2024		1.18	
HVSR1		1.66	
HVSR2		1.00	
HVSR3		1.00	
HVSR4		1.00	
HVSR5		1.00	
HVSR6		1.00	

Fattore di amplificazione calcolato Fac periodo di oscillazione T=0.5÷1.5s			
Tipologia indagine	Categoria sottosuolo	Fac	Fas
MASW 2022	C	1.95	2.4
MASW 2024		1.99	
HVSR1		1.31	
HVSR2		1.51	
HVSR3		1.67	
HVSR4		1.66	
HVSR5		1.54	
HVSR6		1.59	

Con riferimento alle tabelle sopra visualizzate, in tutti i spunti di indagine i fattori di amplificazione calcolati FAC risultano inferiori al valore soglia indicato da Regione Lombardia per entrambi i periodi di oscillazione T, tenendo anche conto della variabilità statistica  $\pm 0.1$ .

Nella Tav.7 e nella Tav.8 è riportata la distribuzione dei fattori di amplificazione FAC relativa ai periodi T=0.1÷0.5s e T=0.5÷1.5s all'interno del territorio comunale di Rea. Per la redazione di tali elaborati, al fine di coprire l'intero territorio comunale sono state utilizzate le indagini sismiche eseguite nei comuni limitrofi sia dagli scriventi che da altri colleghi, tratte quest'ultime dalla componente geologica dei PGT consultabile dal portale regionale PGTEWEB.

### 10.6.3 Approfondimento sismico di terzo livello

Viste le caratteristiche litostratigrafiche e idrogeologiche del sottosuolo, con la procedura del 1° livello, **a tutto il territorio comunale è stato attribuito anche lo scenario di Pericolosità sismica locale PSL Z2b "Zone con depositi granulari fini saturi-Liquefazione"** La verifica delle condizioni che possono originare il fenomeno della liquefazione, utilizzando l'approfondimento di 1° grado indicato nella DGR X/5001/2016, ha accertato che il fenomeno stesso non può essere escluso secondo quanto prescritto dalle NTC/2018.



Pertanto si dovrà procedere in sede progettuale in aggiunta all'Approfondimento del 2° livello *"Effetti litologici"* anche **all'approfondimento del 3° livello *"Effetti di cedimenti e/o liquefazioni"* (Punto 2.3.2 dell'All.5) che consiste nella valutazione quantitativa della liquefazione** attraverso i gradi di approfondimento di indagine e di analisi secondo le modalità operative indicate nella scheda di approfondimento della DGR 5001/2016, ovvero prima la procedura di 2° grado e poi se necessario quella di 3° grado. In merito alle procedure si dovrà fare riferimento anche al punto 7.11.3.4 delle NTC e al punto C7.11.3.4 della Circolare del C.S.LL.PP. 21 gennaio 2019, n. 7. Per gli edifici e le opere infrastrutturali di interesse strategico e per quelli che possano assumere rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso riportati nell'elenco tipologico di cui al *d.d.u.o 22 maggio 2019 n°7237* le azioni simiche di progetto da impiegare per la verifica della stabilità del sito nei confronti della liquefazione saranno quelle derivanti dal 3° livello di approfondimento-Risposta Sismica Locale. Per gli **edifici esistenti** si fa riferimento al Capitolo 8.3 delle NTC *"Valutazione della sicurezza"* che prevede che qualora sia necessario effettuare la valutazione della sicurezza della costruzione, la verifica del sistema di fondazione è obbligatoria solo se sussistono condizioni che possano dare luogo a fenomeni di instabilità globale o se si verificano specifiche condizioni tra cui *"possibili fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione dovuti alle azioni sismiche di progetto"*. Pertanto **la verifica a liquefazione dovrà essere eseguita nel caso venga fatta la valutazione della sicurezza di una struttura esistente**, verifica che deve effettuarsi quando ricorra anche sola una delle condizioni riportate al punto 8.3 delle "NTC", a cui si rimanda.

## **11. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI "PGRA" - CARTA PAI-PGRA**

Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, nella seduta del 17 dicembre 2015 con deliberazione n. 4 e relativo allegato, ha adottato il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) nel bacino del Fiume Po. Il Piano è stato approvato con deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016.

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni, predisposto per il territorio interessato dalle alluvioni di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, è lo strumento operativo previsto dal D.lgs. 49/2010, in attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali. Il "PGRA" rappresenta un aggiornamento e una integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli elaborati del *"Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po"* comunemente definito "PAI" in quanto:






- contengono la delimitazione delle aree allagabili su corsi d'acqua del reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP) non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali nel PAI
- aggiornano la delimitazione delle aree allagabili dei corsi d'acqua già interessati dalle delimitazioni delle fasce fluviali nel PAI
- contengono la delimitazione delle aree allagabili in ambiti RSP (reticolo secondario di pianura) e ACL (aree) non considerati nel PAI
- classificano gli elementi esposti, ricadenti entro le aree allagabili, in quattro gradi di rischio crescente (da R1, rischio moderato a R4, rischio molto elevato).

La delimitazione e la classificazione delle aree allagabili sono contenute nelle **“mappe di pericolosità”**, la classificazione del grado di rischio al quale sono soggetti gli elementi esposti è rappresentata nelle **“mappe di rischio”**. Entrambe le mappe sono pubblicate sul **“Geoportale”** della Regione Lombardia (*Direttiva Alluvioni 2007/60/CE-revisione 2022*), nonché sul sito dell'Autorità di Bacino del Fiume Po. Le mappe identificano ambiti territoriali omogenei distinti in relazione alle caratteristiche e all'importanza del reticolo idrografico e alla tipologia e gravità dei processi di alluvioni prevalenti ad esso associati. Per quanto concerne la Regione Lombardia le aree allagabili riguardano quattro ambiti territoriali: Reticolo principale di pianura e di fondovalle **“RP”**, Reticolo secondario collinare e montano **“RSCM”**, Reticolo secondario di pianura naturale e artificiale **“RSP”** e Aree costiere lacuali **“ACL”**.

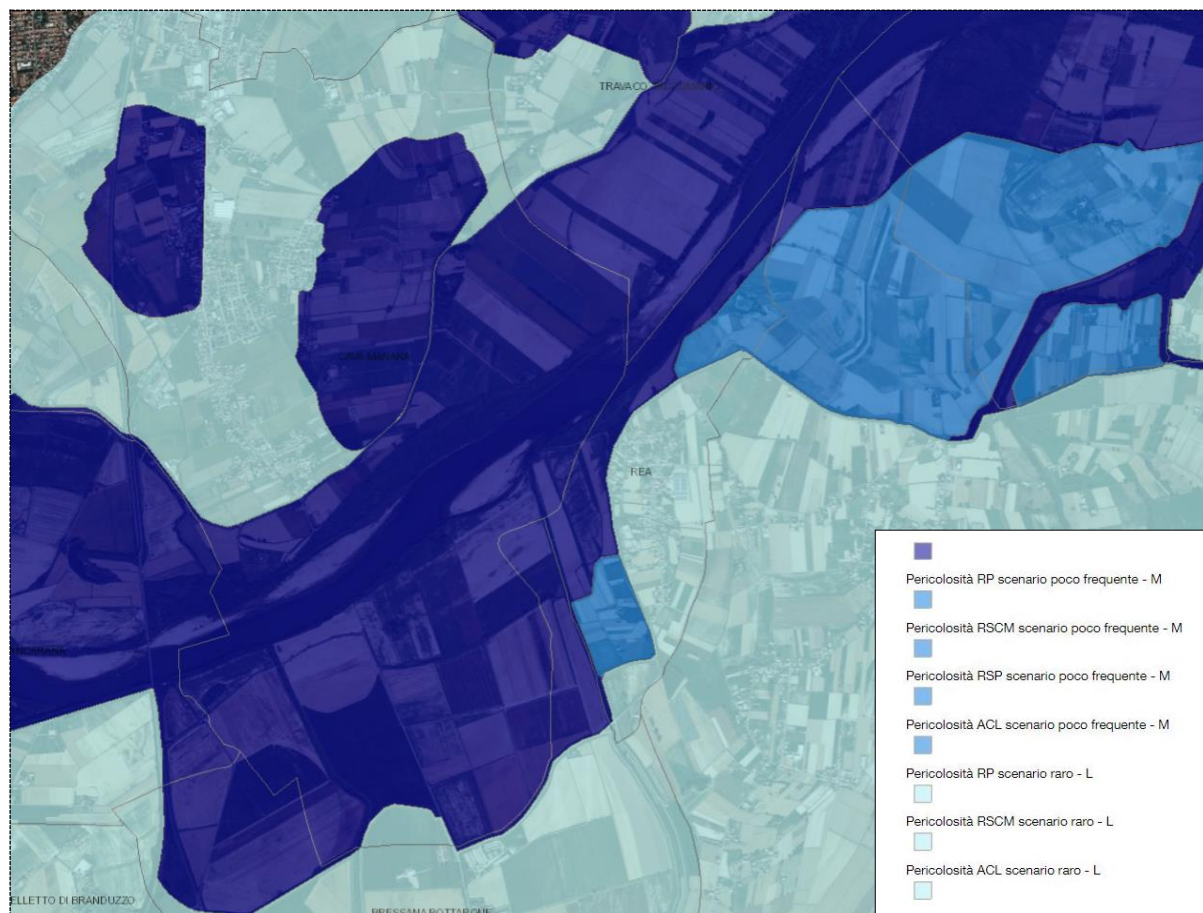
Come riportato nell'Allegato 2 della *DGR X/6738 del 19 luglio 2017*, nel comune di Rea sono presenti aree allagabili riferite al **“Reticolo principale di pianura e di fondovalle” “RP”**, afferenti al fiume Po. Le **“mappe di pericolosità”** (cfr. Fig.44) evidenziano le aree potenzialmente interessate da eventi alluvionali secondo gli scenari di bassa probabilità **“P1”** (L in cartografia alluvioni rare con  $T \geq 500$  anni), di media probabilità **“P2”** (M in cartografia alluvioni poco frequenti  $T=100\div 200$  anni) e alta probabilità **“P3”** (H in cartografia alluvioni frequenti  $T=20\div 50$  anni), distinte con tonalità di blu, la cui intensità diminuisce in rapporto alla diminuzione della frequenza di allagamento. Come si evince dallo stralcio acquisito dal portale regionale, all'interno del territorio comunale sono presenti i seguenti scenari di pericolosità di alluvione:

➤ **Ambito RP-Fiume Po**

-  aree P1 o aree interessate da alluvione rara ( $TR \geq 500$  anni) (scenario L)
-  aree P2 o aree interessate da alluvione poco frequente ( $TR=100-200$  anni) (scenario M)
-  aree P3 o aree interessate da alluvione frequente ( $TR=20-50$  anni) (scenario H)



*Fig.44-Stralcio Mappa di pericolosità del comune di Rea*



Le “**mappe del rischio**” (cfr. Fig.45) segnalano la presenza nelle aree allagabili di elementi potenzialmente esposti (popolazione, servizi, infrastrutture, attività economiche, etc.) e il corrispondente livello di rischio, distinto in 4 classi, rappresentate mediante colori: giallo “R1” (Rischio moderato o nullo), arancione “R2” (Rischio medio), rosso “R3” (Rischio elevato), viola “R4”- (Rischio molto elevato).

Come richiesto al punto 5 dell'Allegato B alla D.g.r. 19 giugno 2017 n.X/6738 sono state elaborate la Tav.9-Carta PAI-PGRA Pericolosità e la Tav.10-Carta PAI-PGRA Rischio in scala 1: 5.000, con legenda secondo lo schema indicato in Allegato 5 alla medesima delibera.

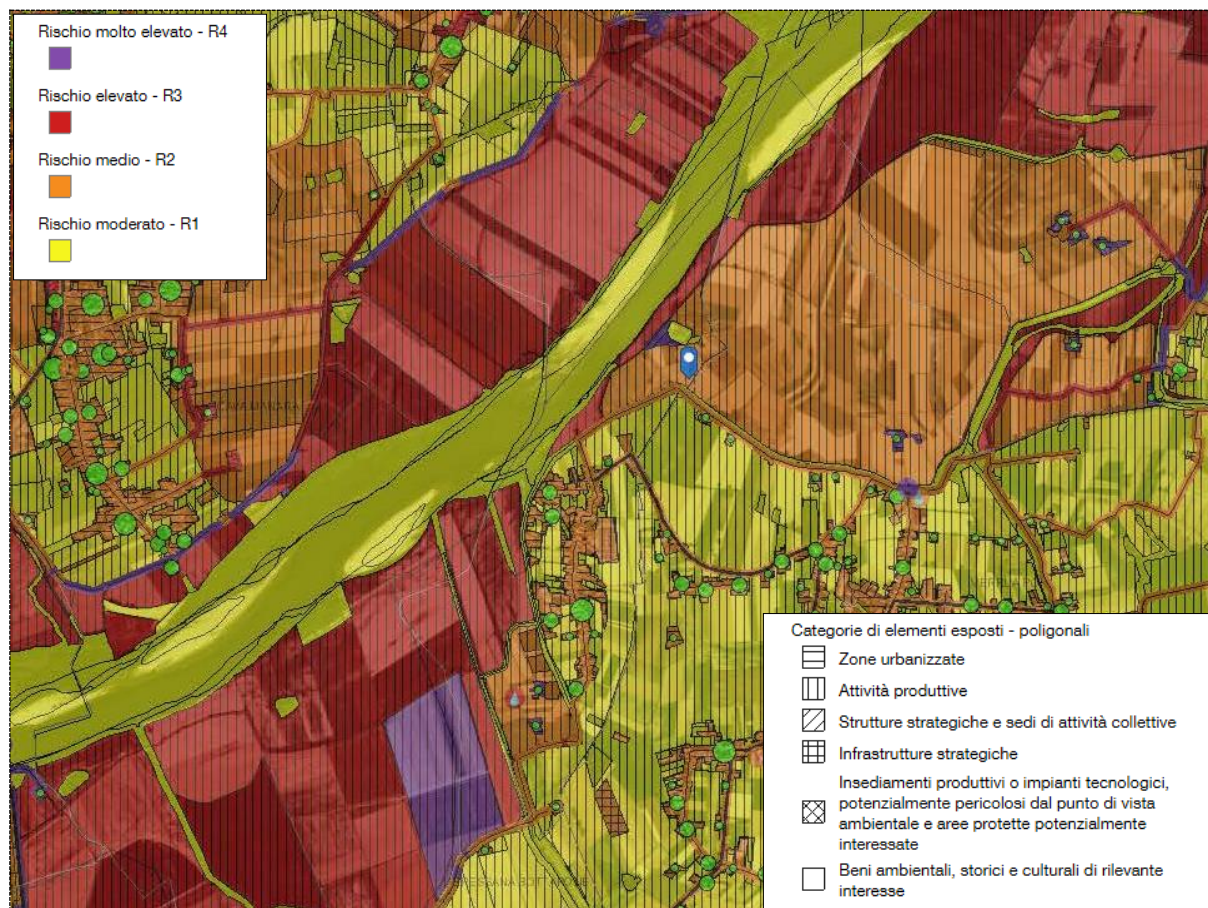
In esse sono state riportate:

- le fasce fluviali del PAI per il Fiume Po
- le aree allagabili e le classi di pericolosità individuate dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni
- le classi di rischio idraulico individuate dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni





*Fig.45-Stralcio Mappa del rischio idraulico del comune di Rea*



Come visualizzato nella Tav.9-Carta PAI-PGRA pericolosità le perimetrazioni delle aree allagabili definite dal PGRA vengono a sovrapporsi alle fasce fluviali del PAI, ma non le sostituiscono, in quanto ne rappresentano un aggiornamento e una integrazione. Fino all'adozione delle specifiche varianti PAI a scala di asta fluviale (con le relative norme di salvaguardia) che porteranno alla revisione delle fasce fluviali vigenti, entrambe le perimetrazioni restano in vigore. In caso di sovrapposizione deve essere applicata la classificazione e di conseguenza la norma più restrittiva.

## **12. QUADRO DEI VINCOLI GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI E IDRAULICI**

Nel presente capitolo vengono illustrati i vincoli di carattere geologico, idrogeologico e idraulico vigenti sul territorio comunale e riportati cartograficamente nelle Tav.11.

### **12.1 Vincoli di difesa idraulica**

Nel territorio comunale di Rea sono presenti i seguenti vincoli di difesa idraulica già illustrati nei precedenti capitoli e qui brevemente ripresi:





### **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del F. Po-PAI**

Il piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del F. Po-PAI, approvato con DPCM 24.05.2001, che comprende anche il precedente Piano Stralcio delle Fasce Fluviali-PSFF (DPCM LUGLIO 1998) è uno strumento dall'Autorità di Bacino del fiume Po ai sensi della Legge 183/89 ai fini di garantire al territorio del Fiume Po un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico. Nel territorio comunale di Rea il PAI individua le seguenti fasce fluviali già illustrate al capitolo 7 a cui si rimanda:

**Fascia A**-Fascia di deflusso della piena ordinaria

**Fascia B**-Fascia di esondazione

**Fascia C**-Fascia di inondazione per piena catastrofica

Per quanto riguarda gli aspetti normativi che regolano le attività all'interno di tali fasce si rimanda alle Norme di Attuazione del PAI riportate nell'elaborato specifico Norme Geologiche di Piano.

### **Piano di Gestione del Rischio Alluvioni-PGRA**

In attuazione della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE l'Autorità di Bacino del F.Po ha definito nell'ambito del PGRA le aree allagabili di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, per la cui descrizione si rimanda al capitolo precedente, mentre per gli aspetti normativi alle Norme Geologiche di Piano.

#### **12.2 Vincoli di polizia idraulica**

La **polizia idraulica** è la materia che regola le attività e le opere che è possibile realizzare all'interno delle **aree del demanio idrico fluviale** e/o nelle fasce di rispetto dei corsi d'acqua (10 metri o altre distanze stabilite negli studi dei reticoli idrici minori comunali). **Qualunque opera** o attività si voglia realizzare nelle aree comprese nel demanio idrico fluviale o nelle fasce di rispetto dei corsi d'acqua dovrà essere **preventivamente autorizzata dall'ente competente**. Ad oggi la normativa regionale di riferimento è la **DGR 5714 del 15 dicembre 2021 "Riordino dei reticoli idrici di Regione Lombardia e revisione dei canoni di polizia idraulica"**. La competenza sui corsi d'acqua del reticolo idrografico lombardo è esercitata da una pluralità di soggetti (Regione Lombardia, AIPO, Comuni, Consorzi di Bonifica), in relazione alle caratteristiche del corso d'acqua stesso. La complessità della rete idrografica superficiale della Lombardia comporta la possibilità che, anche su uno stesso corso d'acqua, si verifichi una suddivisione di competenze tra i vari enti. **Il reticolo idrografico del territorio regionale è classificato nel seguente modo:**



1. Reticolo idrico principale “RIP” di competenza di Regione Lombardia o AIPO
2. Reticolo idrico minore “RIM” di competenza comunale
3. Reticolo idrico consortile di competenza dei Consorzi di bonifica e irrigazione “RIB”
4. Reticolo privato “RP”

Nel territorio comunale di Rea sono presenti corsi d’acqua appartenenti al **Reticolo Idrico Principale** “RIP” rappresentati dal fiume Po e dal Fosso Nuovo o Riale San Zeno, sui quali compete all’Agenzia Interregionale del fiume PO AIPO l’esercizio delle attività di Polizia Idraulica (allegato B DGR 5714/2021) per le attività che riguardano l’accertamento delle violazioni previste in materia, il rilascio di nulla-osta idraulici relativi ad opere nella fascia di rispetto e pareri di compatibilità idraulica per interventi in aree demaniali. Regione Lombardia esercita il ruolo di Autorità idraulica per le attività di Polizia Idraulica relative al rilascio di concessioni riferite all’utilizzo e all’occupazione dei beni demaniali. Sono altresì presenti canali irrigui e/o di scolo appartenenti al “RIM” di competenza comunale (*Colo Maestro* o *Colo delle Alluvioni* e *Colatore il Fossone*) e canali di scolo appartenenti al **“Reticolo Idrico Privato”** (*Colatore della Piarda Vecchia*).

Le norme fondamentali che regolano le attività di Polizia Idraulica sono per i corsi d’acqua e i canali di proprietà demaniale, le disposizioni del **R.D. 25 luglio 1904, n. 523** “*Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie*”, che indica all’interno di ben definite fasce di rispetto le attività vietate in assoluto e quelle consentite previa concessione o “nulla osta” idraulico.

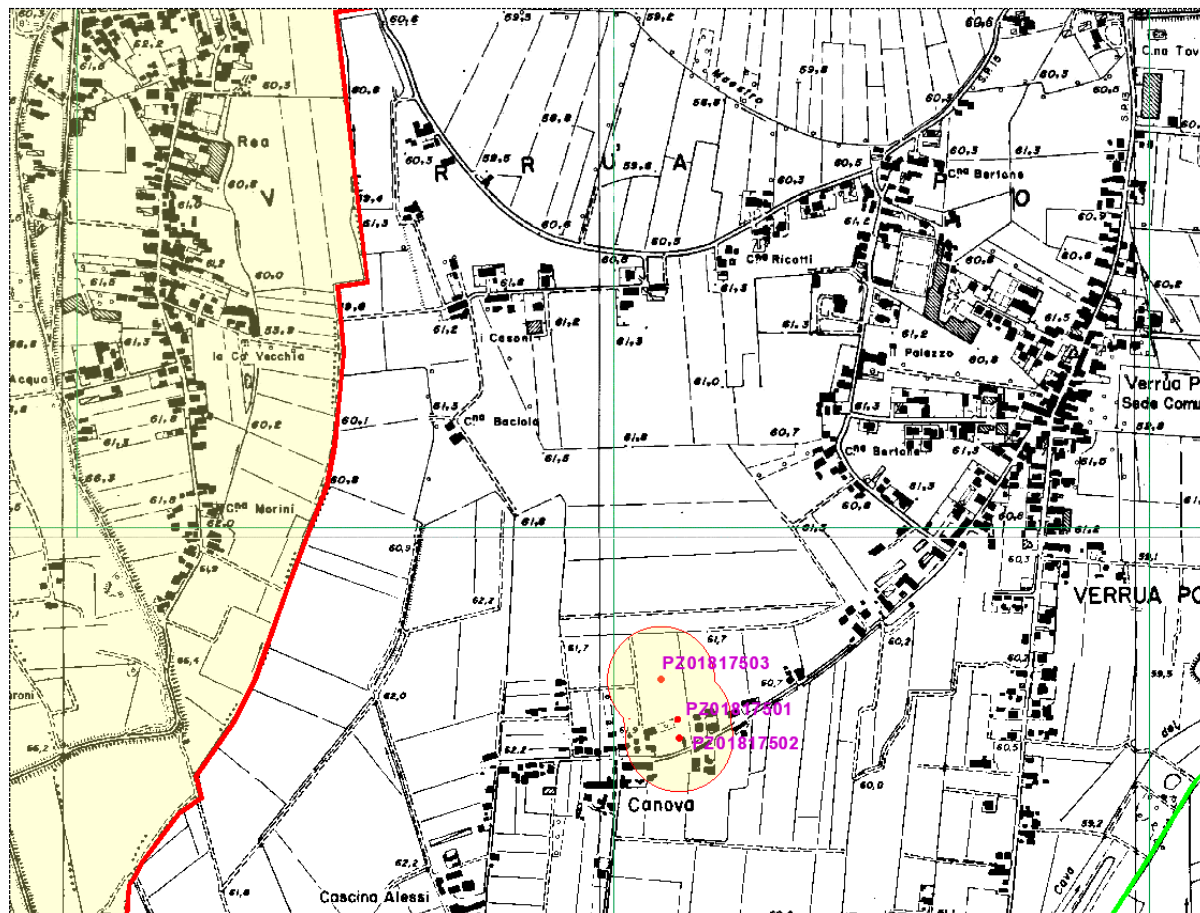
Per i canali e le altre opere di bonifica, sono le disposizioni del **R.D. 8 maggio 1904, n. 368** “*Regolamento per l’esecuzione del testo unico della legge 22 marzo 1900, n. 195 e della legge 7 luglio 1902, n. 333 sulle bonificazioni delle paludi e dei terreni paludosi*”. Il Titolo VI del R.D. 368/1904 è sostituito dal **Regolamento Regionale 8 febbraio 2010, n. 3** “*Regolamento di Polizia Idraulica ai sensi dell’articolo 85, comma 5, della legge regionale 5 dicembre 2008, n. 31 - Testo Unico delle leggi regionali in materia di agricoltura, foreste, pesca e sviluppo rurale*”. L’elenco dei suddetti corsi d’acqua e la relativa fascia di rispetto sono visualizzati al capitolo 6, la normativa è illustrata all’art.10 delle Norme Geologiche di Piano.

### **12.3 Salvaguardia delle acque destinate al consumo umano**

Nel territorio comunale di Rea non sono presenti pozzi pubblici ad uso idropotabile. Per il fabbisogno idrico delle acque destinate al consumo umano si attinge dai pozzi di Verrua Po situati in località Canova (cfr. Fig.46)



Fig.46-Pozzi ad uso idropotabile acquedotto di Verrua Po



#### 12.4 Ambiti estrattivi individuati nel Piano Cave vigente della Provincia di Pavia

Con riferimento al Piano Cave vigente della Provincia di Pavia nel territorio comunale non sono presenti attività estrattive attive.

#### 12.5 Sinkhole

Nell'ultimo ventennio sono stati registrati, in aree di pianura italiane, fenomeni di sprofondamento naturale ed improvviso che hanno dato origine a voragini generalmente di forma sub-circolare di diametro variabile da alcuni metri a poche centinaia di metri. Questi fenomeni sono noti in letteratura con il termine "sinkhole".

Con riferimento al Database Nazionale Sinkhole-Ispira nel comune di Rea non è segnalata la presenza di sinkhole. Il più vicino a Rea è il sinkhole localizzato ad Arena Po.



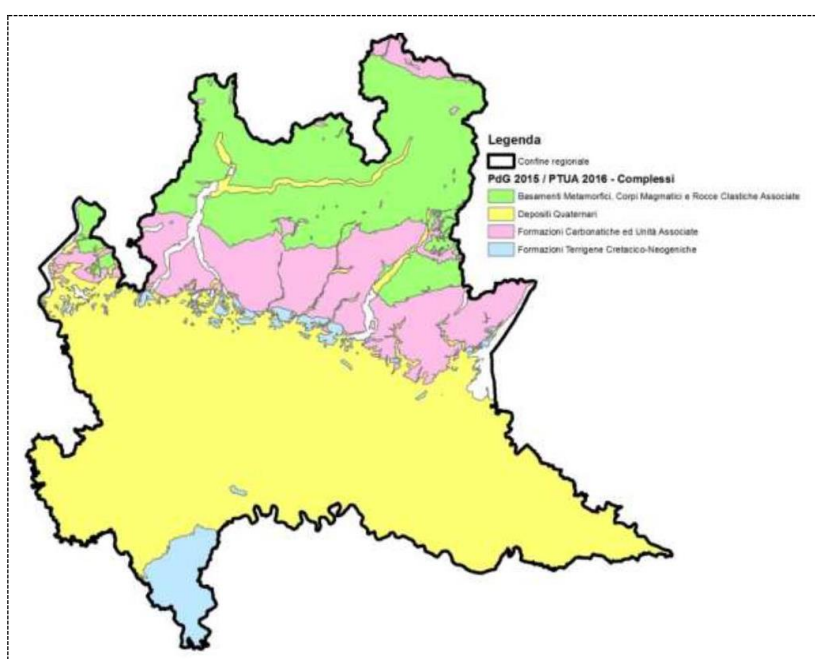
## 12.6 Programma di Tutela ed Uso delle Acque-PTUA 2016

Il Piano di Tutela e Uso delle Acque è uno strumento della Regione Lombardia che individua le misure e gli interventi necessari ad assicurare la tutela e la salvaguardia qualitativa e quantitativa dei corpi idrici regionali lombardi, tanto superficiali che sotterranei. Con DGR 31 luglio 2017-n.X/6990 è stato approvato il Piano Regionale di Tutela delle Acque “PTUA 2016”, che costituisce la revisione del precedente “PTUA 2006”. Come riportato nell’Elaborato 2 del PTUA “*Caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici sotterranei*”, il territorio regionale è stato diviso in 4 complessi idrogeologici (cfr. Fig.47) e in 12 subcomplessi (vedi tabella sottostante). **Il territorio comunale di Rea ricade nel complesso idrogeologico appartenente ai depositi quaternari.**

Tabella 7 - Nuovi complessi idrogeologici definiti

Complessi idrogeologici	Subcomplessi idrogeologici	Descrizione
Depositi Quaternari	ISS	Idrostruttura Sotterranea Superficiale Cfr Paragrafo 4.1.1
	ISI	Idrostruttura Sotterranea Intermedia Cfr Paragrafo 4.1.2
	ISP	Idrostruttura Sotterranea Profonda Cfr Paragrafo 4.1.3
	ISF	Idrostruttura Sotterranea di Fondovalle Cfr Paragrafo 4.1.4
Formazioni Carbonatiche ed Unità Associate	DQ	Depositi Quaternari dei Bordi Pedemontani Alpino e Appenninico Cfr Paragrafo 4.1.5
	FC	Formazioni Carsiche Cfr Paragrafo 4.2.1
	FCL	Formazioni Carsiche Localizzate Cfr Paragrafo 4.2.2
Formazioni Terrigene Cretacico-Neogeniche	FCS	Formazioni Carbonatiche e Unità Associate, Sterili Cfr Paragrafo 4.2.3
	FTA	Formazioni Terrigene Appenniniche Cfr Paragrafo 4.3.1
Basamenti Metamorfici, Corpi Magmatici e Rocce Clastiche Associate	FTP	Formazioni Terrigene Prealpine Cfr Paragrafo 4.3.2
	BM	Basamenti Metamorfici e Corpi Magmatici Cfr Paragrafo 4.4.1
	CAV	Conglomerati, Arenarie e Vulcaniti Sudalpine Cfr Paragrafo 4.4.2

Fig.47-PTUA 2016: complessi idrogeologici sotterranei





Il "PTUA 2016" individua nella zona di pianura denominata "*Complesso Idrogeologico dei Depositi Quaternari*", tre "Idrostrutture": *Idrostruttura sotterranea superficiale "ISS"*, caratterizzata da acquiferi liberi, *Idrostruttura sotterranea intermedia "ISI"*, caratterizzata da acquiferi semiconfinati e confinati, *Idrostruttura sotterranea profonda "ISP"*, caratterizzata da acquiferi confinati. Per ognuna delle suddette Idrostrutture sotterranee sono stati ulteriormente individuati specifici "*Corpi Idrici Sotterranei*". All'interno **dell'Idrostruttura sotterranea superficiale ISS** il "PTUA 2016" individua ed identifica i 13 Corpi idrici riportati nella sottostante tabella.

<b>Tabella 8 Elaborato 2 PTUA 2016-Corpi idrici sotterranei relativi all'Idrostruttura Sotterranea Superficiale ISS</b>	
<b>Codice</b>	<b>Nome corpo idrico</b>
GWBISSAPTA	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta Pianura (Bacino Ticino-Adda)
GWBISSAPAO	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta Pianura (Bacino Adda-Oglio)
GWBISSAPOM	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta Pianura (Bacino Oglio-Mella)
GWBISSMPP	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura (Bacino Pavese)
GWBISSMPTLN	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura (Bacino Nord Ticino-Lambro)
GWBISSMPTLS	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura (Bacino Sud Ticino-Lambro)
GWBISSMPLAN	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura (Bacino Nord Lambro-Adda)
GWBISSMPLAS	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura (Bacino Sud Lambro-Adda)
GWBISSMPAO	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura (Bacino Adda-Oglio)
GWBISSMPOM	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura (Bacino Oglio-Mincio)
GWBISSMPBM	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media Pianura (Bacino Basso Mincio)
GWBISSMPOP	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa Pianura (Bacino Oltrepò Pavese)
GWBISSBPPO	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa Pianura (Bacino Po)

Per il territorio comunale di Rea il PTUA 2016 individua il "***Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa Pianura-Bacino Po***".

Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa Pianura-Bacino PO" (cfr. Fig.48)

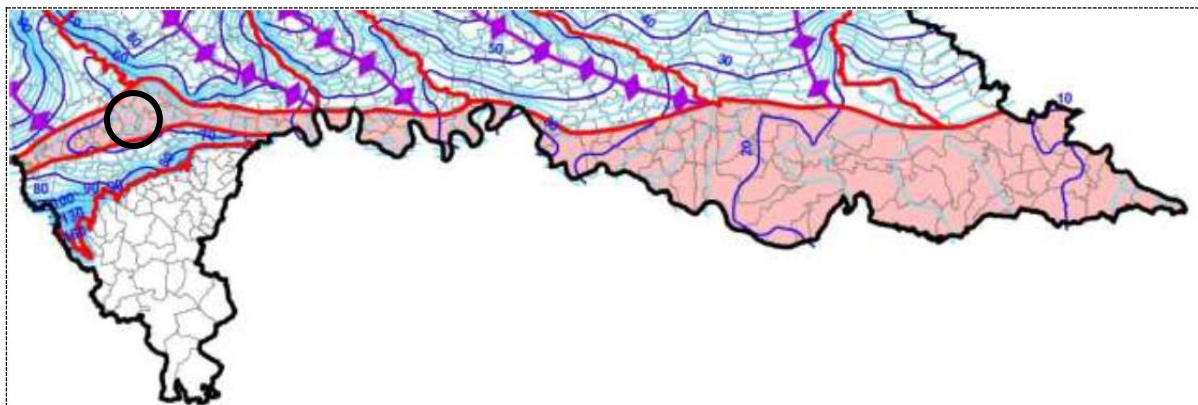
Il corpo idrico si trova nel contesto morfologico della bassa pianura lombarda, in corrispondenza della piana alluvionale recente e attuale del Fiume Po, sviluppandosi in senso E-W, sia in destra sia in sinistra idrografica del Fiume Po nel settore occidentale, e solo in sinistra idrografica nel settore centrale e orientale, nel quale assume la maggiore estensione areale. Confina a nord con le idrostrutture della media Pianura, a sud con l'ISS Oltrepò Pavese nella parte occidentale e con l'alveo del Fiume Po nei settori centrali e orientali corrispondente al confine con l'Emilia Romagna. L'idrostruttura è contenuta nel sottogruppo A1, costituito da depositi ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi nel settore occidentale e da depositi a granulometria più fine nel settore orientale, ovvero sabbie localmente limose con intercalazioni argillose. Il corpo idrico assume caratteri di acquifero da libero a semiconfinato. Il limite inferiore dell'idrostruttura, collocato a quote comprese tra 0 m s.l.m. e -50 m s.l.m tende ad approfondirsi verso i settori sud-orientali e orientali e il passaggio all'unità intermedia è identificato quasi ovunque dalla presenza dei livelli argillosi contenuti al tetto ed entro l'unità A2.





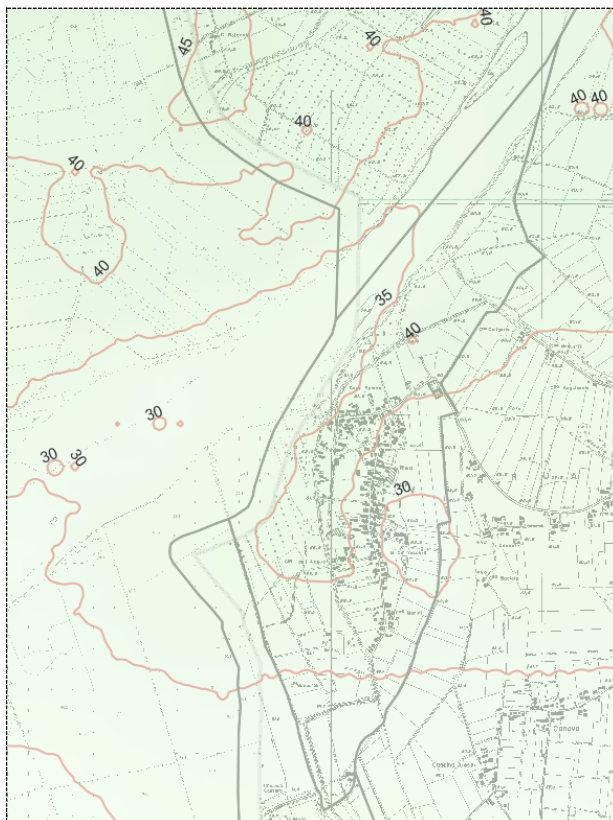
Lo spessore raggiunge massimi di 70 m nell'area di Suzzarra-Gonzaga (settore sudorientale) e nell'estremo lembo orientale (area Felonica) e minimi di 20-25 m nel settore occidentale (Pancarana, Pinerolo Po) e nella porzione occidentale del settore orientale (Solarolo Rainero). L'acquifero è in equilibrio idraulico con il Fiume Po, svolgendo un'azione di alimentazione nei periodi di magra del fiume o di drenaggio in occasione delle piene.

*Fig.48-Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa Pianura-Bacino Po*



Con riferimento alla Fig.49 nel territorio comunale di Rea la base dell'ISS è compresa tra i 30 e 35 m.

*Fig.49-Base della Idrostruttura Sotterranea Superficiale "ISS" (m s.l.m.)*





**L'Iidrostruttura Sotterranea Intermedia** (ISI) è costituita da un sistema di acquiferi multistrato caratterizzati da permeabilità media, sede di acquiferi generalmente confinati e localmente semiconfinati. L'ISI comprende corpi idrici di significativo interesse idrogeologico sia da un punto di vista quantitativo sia qualitativo, perché rappresenta un serbatoio idrico per la media e bassa pianura che ha evidenziato condizioni di sostanziale equilibrio nel periodo di indagine (1980-2014) e che, in genere è meno vulnerabile alle contaminazioni idro-veicolate. Può tuttavia essere localmente interessato da scarsa qualità di base delle acque in esso circolanti di origine naturale (presenza di Ferro, Manganese, Arsenico, Azoto Ammoniacale). La presente idrostruttura comunica per drenanza con il soprastante subcomplesso dell'ISS in corrispondenza di paleoalvei e/o eteropie presenti all'interno dell'acquitrando posto a separazione delle due idrostrutture. Per l'Iidrostruttura sotterranea intermedia ISI il "PTUA 2016" individua ed identifica i 6 Corpi idrici riportati nella sottostante tabella.

<b>Tabella 9 Elaborato 2 PTUA 2016-Corpi idrici sotterranei relativi all'Iidrostruttura Sotterranea Intermedia ISI</b>	
<b>Codice</b>	<b>Nome corpo idrico</b>
GWBISIMPTM	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura (Bacino Ticino-Mella)
GWBISIMPP	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura (Bacino Pavese)
GWBISIMPTA	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura (Bacino Ticino-Adda)
GWBISIMPAMO	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura (Bacino Adda-Mella-Oglio)
GWBISIMPMOM	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura (Bacino Mella-Oglio-Mincio)
<b>GWBISIBPPO</b>	<b>Corpo idrico sotterraneo intermedio di Bassa Pianura (Bacino Po)</b>

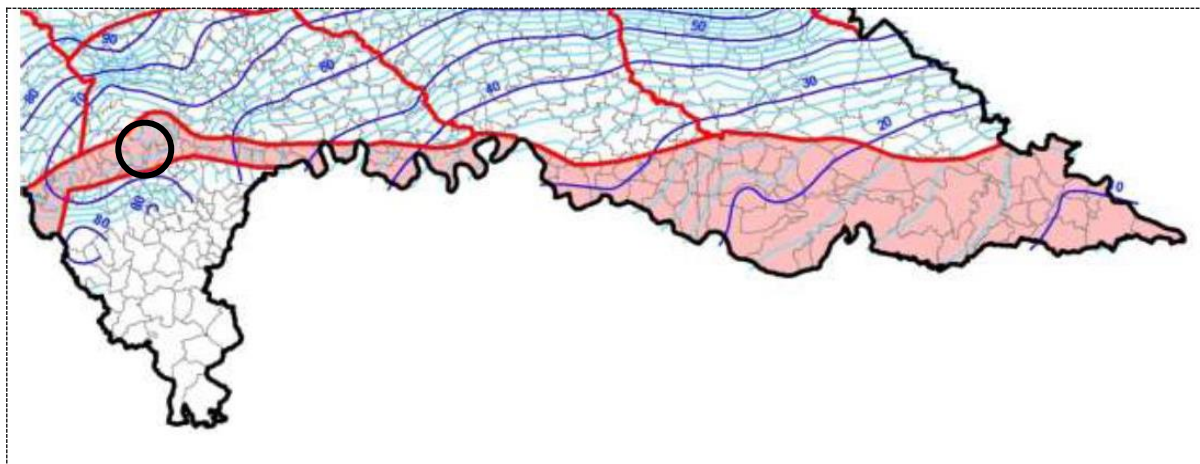
Per il territorio comunale di Rea il PTUA 2016 individua il **"Corpo idrico sotterraneo intermedio di Bassa Pianura-Bacino Po"** (codice GWBISIBPPO).

Corpo idrico sotterraneo intermedio di Bassa Pianura-Bacino Po" (cfr. Fig.50)

Il corpo idrico si trova nel contesto morfologico della Bassa Pianura lombarda, in corrispondenza della piana alluvionale recente ed attuale del F. Po, sviluppandosi in senso longitudinale, sia in destra sia in sinistra idrografica nel settore occidentale del Fiume Po, e solo in sinistra idrografica nel settore centrale e orientale nel quale assume la maggiore estensione areale. Comprende comuni delle provincie di Pavia, Lodi, Cremona e Mantova. Si differenzia dai corpi idrici di Media Pianura per la presenza dei canali di divagazione del paleo Po che interrompono la continuità degli depositi fini di piana di esondazione e consentono una comunicazione verticale degli acquiferi. L'idrostruttura è contenuta all'interno dei sedimenti della porzione profonda del Gruppo Acquifero A (sottogruppo A2) e del Gruppo Acquifero B. Contiene un acquifero multistrato, localmente monostrato, generalmente in equilibrio idraulico o in lieve sovrappressione rispetto all'acquifero superficiale, con aree di significativa sovrappressione solo in corrispondenza della porzione più orientale del corpo idrico.



Fig.50-Corpo idrico sotterraneo intermedio di Bassa Pianura-Bacino Po



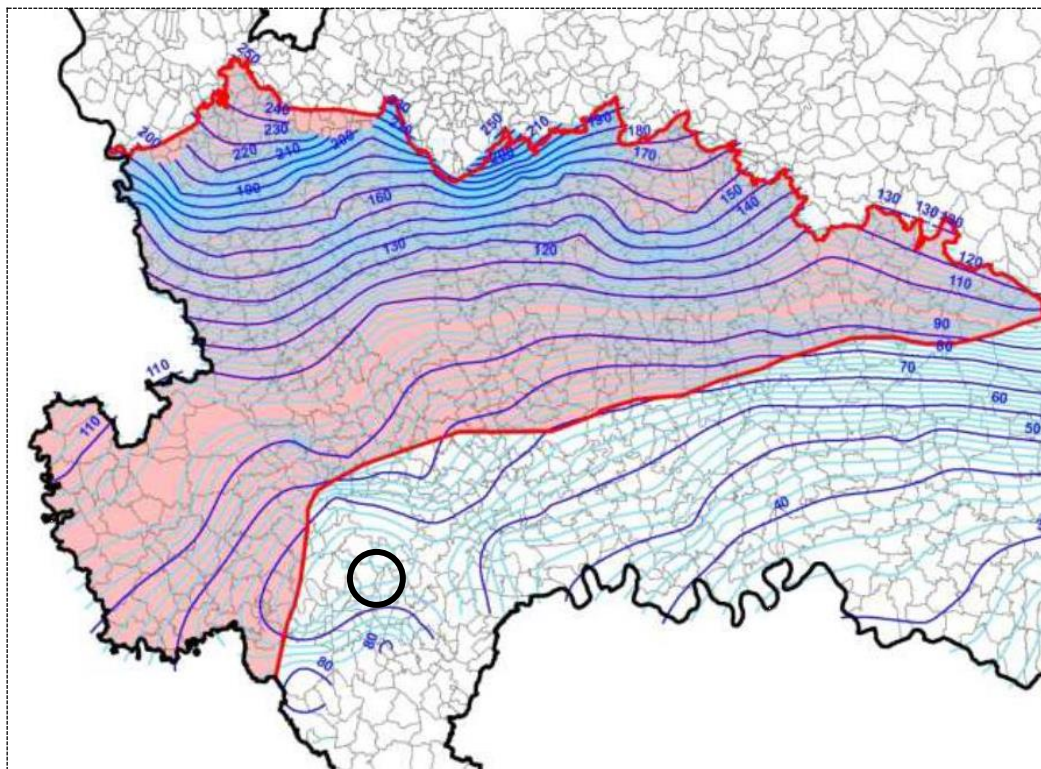
Litologicamente i depositi appartenenti all'area A2 nella zona occidentale e quindi nel territorio di Rea sono costituiti da sabbie e sabbie ghiaiose con locali intercalazioni limoso argillose spesso discontinue. L'acquitrando di separazione tra ISS e ISI presenta spessori massimi dell'ordine di 10÷15 m nel settore centrale del corpo idrico mentre sul lato est ed ovest è discontinuo e spesso interrotto da depositi medio-grossolani di piana alluvionale. La base del corpo idrico è collocata a quote comprese tra -50 m s.l.m. a nord e -580 m s.l.m. a sud-est, mentre lo spessore presenta valori crescenti da 30 a 540 m all'approfondirsi dell'idrostruttura verso la bassa pianura del Po.

**L'Idrostruttura Sotterranea Profonda (ISP)** è costituita da un sistema di acquiferi multistrato caratterizzati da permeabilità media, sede di acquiferi confinati. L'ISP, al pari dell'ISI, costituisce corpo idrico di significativo interesse idrogeologico da un punto di vista sia quantitativo sia qualitativo, perché rappresenta il serbatoio idrico dell'alta pianura che ha evidenziato condizioni di equilibrio nel periodo di indagine (1980-2014) e che, in genere è meno vulnerabile alle contaminazioni idroveicolate. Può tuttavia essere localmente interessato da scarsa qualità di base delle acque in esso circolanti a causa di fenomeni naturali (presenza di Ferro Manganese Arsenico, Azoto Ammoniacale). La suddetta idrostruttura comunica per drenanza con l'ISS in corrispondenza di paleovalvei e/o nei settori in cui l'unità tende a risalire per motivi neotettonici e si pone in discordanza angolare con i soprastanti depositi appartenenti all'ISS.

Per l'Idrostruttura sotterranea profonda ISP il "PTUA 2016" individua ed identifica un solo Corpo idrico: **Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media Pianura Lombarda** (codice GWBISPAMPLO-cfr. Fig.51).



Fig.51-Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e media Pianura Lombarda



Il corpo idrico, di notevole ampiezza, si estende, da W a E, dagli ambiti geomorfologici della bassa pianura pavese all'alta e media pianura delle Province di Varese (settore sud), Milano, Monza Brianza, Lodi (settore sud), Cremona (settore sud) e Brescia (settore sud). Le litologie prevalenti sono nel complesso più fini rispetto all'ISI; nell'ambito pavese si riscontrano successioni di argille localmente torbose e sabbie o sabbie ghiaiose, mentre negli ambiti Ticino-Adda, Adda-Oglio sono presenti alternanze tra argille, localmente torbose e fossilifere, e ghiaie frequentemente cementate e in minor misura sabbie.

In riferimento allo studio di Regione Lombardia e di Eni Divisione Agip (*Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia* - 2002), l'acquifero è contenuto nel gruppo acquifero C ed è di tipo multistrato confinato, alimentato dalle idrostrutture superficiali e intermedie in corrispondenza delle aree prossime ai rilievi pedemontani (deflusso da monte) e alimentante l'acquifero superiore in corrispondenza delle zone di paleoalveo del Fiume Po. **Il suddetto corpo acquifero non è presente nel territorio comunale di Rea.** Nelle figure sottostanti sono visualizzate le aree designate per l'estrazione di acqua per il consumo umano e le relative zone di protezione distinte in zone di riserva e aree di ricarica della falda, per l'Idrostruttura Sotterranea Superficiale ISS, l'Idrostruttura Sotterranea Intermedia ISI e l'Idrostruttura Sotterranea Profonda ISP.





All'interno dell'ISS per il territorio comunale di Rea non sono presenti aree designate per l'estrazione di acqua destinata al consumo umano, presenti invece all'interno dell'ISI. Per quanto riguarda le zone di protezione delle aree designate all'estrazione di acqua potabile il comune di Rea ricade nelle aree di ricarica dell'ISS e nelle macroaree di riserva dell'ISI.

Fig.52-PTUA 2016-ISS: Aree designate per estrazione di acqua potabile e zone di protezione

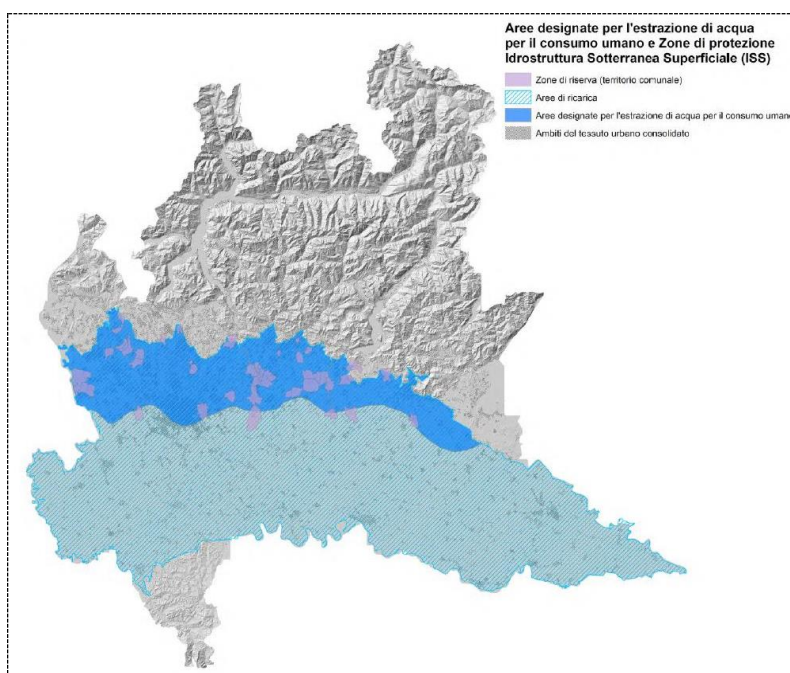


Fig.53-PTUA 2016-ISI: Aree designate per estrazione di acqua potabile e zone di protezione

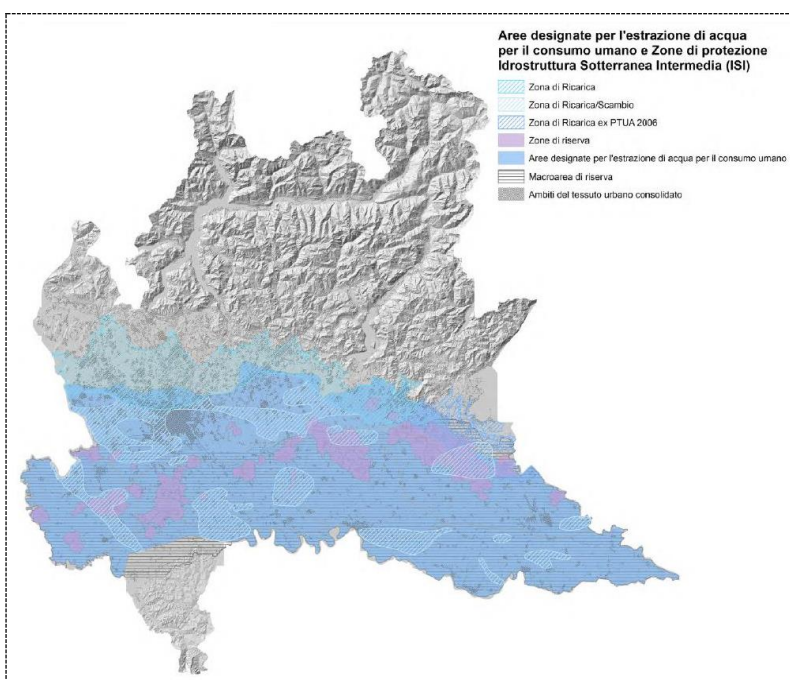
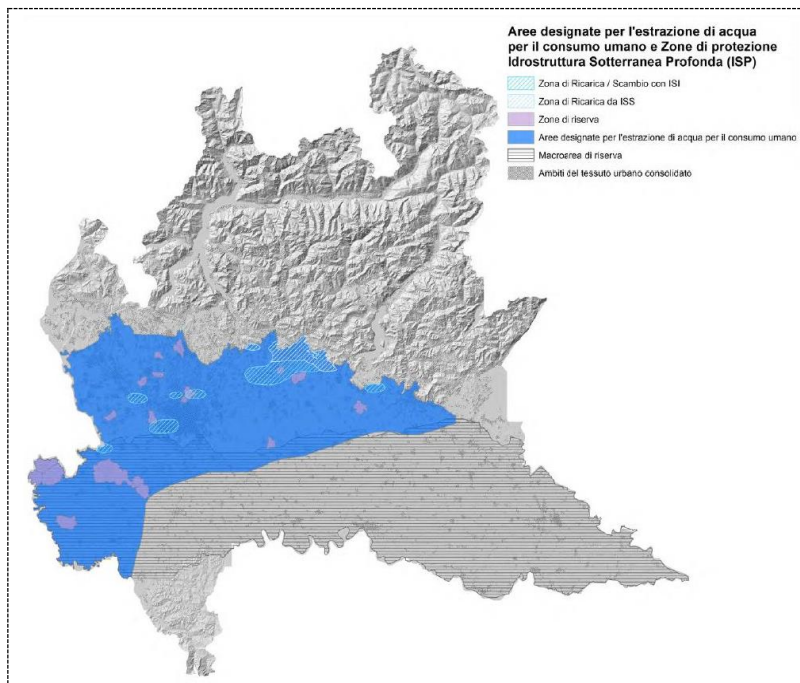






Fig.54-PTUA 2016-ISP: Aree designate per estrazione di acqua potabile e zone di protezione



### 13. SINTESI DEGLI ELEMENTI CONOSCITIVI

La sintesi degli elementi conoscitivi ha portato alla redazione della Carta di sintesi (cfr. Tav.12) nella quale viene proposta una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-tecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica. Sono state distinte le aree di seguito descritte.

#### Aree vulnerabili dal punto vista idraulico

- Aree appartenenti alle Fasce fluviali del F. Po definite dal PAI
- Aree allagabili definite dal PGRA
- Fasce di pertinenza idraulica del reticolo idrico principale, minore e privato

#### Aree vulnerabili dal punto vista idrogeologico

- **Area a vulnerabilità idrogeologica molto elevata:** riguarda la zona del territorio comunale posta nell'area golenale più prossima al Po con falda acquifera superficiale direttamente connessa con le acque di alveo e subalveo del corso d'acqua.
- **Area a vulnerabilità idrogeologica elevata:** è propria della zona esterna alla precedente, sulla quale è impostato l'abitato di Rea dove la soggiacenza della falda è compresa tra 2 e 4 m.



- **Aree con emergenze idriche e/o aree precedentemente scavate:** laghetto ad uso turistico-ricreativo-naturalistico, lanche
- **Effluente/scarico** rete acque meteoriche
- **Zone e attività a rischio di contaminazione della falda** (laghetti ad uso turistico-ricreativo-naturalistico, lanche).

#### 14. FATTIBILITA' GEOLOGICA

La **Carta della Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano** (Tav.13) facente parte sia del documento di piano che del piano delle regole, riporta una zonizzazione del territorio secondo aree omogenee per pericolosità geologica, idrogeologica e idraulica e **rappresenta insieme alle Norme Geologiche di Piano il quadro di riferimento per le scelte di natura urbanistica a scala comunale e sovracomunale.**

La carta della fattibilità geologica delle azioni di piano è stata redatta alla stessa scala dello strumento urbanistico ovvero a scala 1:5.000 per l'intero territorio comunale. Al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico per la realizzazione della cartografia di fattibilità sono previste modalità standardizzate di assegnazione della classe agli ambiti omogenei per pericolosità. La carta di fattibilità viene desunta dalla carta di sintesi e dalla carta dei vincoli attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono. Per l'attribuzione della classe di fattibilità geologica sono stati seguiti i criteri indicati al paragrafo 3.2 della DGR 2616/2011 (Tabella 1 e Tabella 1 bis).

Le classi di seguito descritte, definite in relazione alle considerazioni sopra esposte, consentono di classificare il territorio in funzione del diverso grado di rischio idrogeologico e idraulico e di conseguenza di fornire i criteri per l'edificazione. Sono state distinte due classi di fattibilità: la Classe 3 (*Fattibilità con consistenti limitazioni*) e la Classe 4 (*Fattibilità con gravi limitazioni*). La classe 4 rappresenta le condizioni di rischio idrogeologico e idraulico più elevato mentre la classe 3 esprime situazioni di rischio controllabile con prescrizioni ed adeguati criteri tecnico-costruttivi.

**CLASSE 3 - FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI:** aree dove la realizzazione di un qualsiasi intervento edilizio/infrastrutturale è limitata e vincolata dall'assetto idraulico del sito stesso e dalle caratteristiche litostratigrafiche e idrogeologiche del sottosuolo. Nelle aree incluse in questa classe, distinta in due sottoclassi 3A e 3B, sono pertanto necessarie indagini geognostiche/geotecniche in sito e studi approfonditi, nonché l'applicazione di specifiche tecniche costruttive e/o l'attuazione di interventi di mitigazione del rischio.



**SOTTOCLASSE 3A:** riguarda la **Fascia Fluviale C del "PAI"**, cioè l'area potenzialmente interessata da *"Alluvioni rare"* **P1/L del "PGRA-Po"**, posta a monte dell'Argine Maestro. Gli interventi edificatori e infrastrutturali richiedono una verifica puntuale delle caratteristiche litostratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche del sottosuolo mediante specifiche indagini in sito ed eventualmente anche di laboratorio, rapportate all'importanza ed alle caratteristiche tecniche dell'intervento stesso. L'indagine per la definizione del modello geologico/idrogeologico/geotecnico è in linea di massima limitata all'area interessata dal singolo intervento edilizio. E' caratterizzata da una elevata vulnerabilità idrogeologica per la ridotta soggiacenza della falda acquifera. Trattandosi di un'area modellata nelle *"Alluvioni Recenti"* formatasi per successive fasi alluvionali del fiume Po il sottosuolo è caratterizzato da una significativa variabilità litostratigrafica, sia verticale che orizzontale, con conseguente variabilità della granulometria e delle proprietà fisiche meccaniche dei terreni.

**SOTTOCLASSE 3B:** riguarda la **Fascia Fluviale B del "PAI"**, cioè un'area potenzialmente interessata da alluvioni **poco frequenti P2/M nel PGRA, posta a nord del cimitero**. Le attività di trasformazione dei luoghi dovranno rispettare le prescrizioni degli articoli 30, 38, 38 bis, 38 ter, 39 e 41 delle N.d.A. PAI. **In particolare per quanto riguarda espressamente gli interventi urbanistici/edilizia di nuova realizzazione si fa riferimento all'art.39 comma 4 delle N.d.A. del PAI, di seguito riportato, che consente esclusivamente edifici per attività agricole e residenze rurali.**

L'area è anche caratterizzata da elevata vulnerabilità idrogeologica per la ridotta soggiacenza della falda acquifera.

**CLASSE 4 - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI:** Aree con elevata pericolosità idraulica o con un **livello di rischio "R4" incompatibile con qualunque tipo di urbanizzazione** e che richiedono viceversa la programmazione di interventi di mitigazione del rischio. Corrispondono alla **Fascia Fluviale A "Fascia di deflusso della piena" del PAI** ovvero all'area potenzialmente interessata da alluvioni frequenti **P3/H del "PGRA-Po"**, alla **Fascia Fluviale B del PAI con rischio idraulico "R4"** (C.na Gasparoni/via Case Sparse), **tracciato del Rio Nuovo** sul confine con il comune di Bressana Bottarone.

Le attività di trasformazione dei luoghi dovranno rispettare le prescrizioni degli articoli 29, 38, 38 bis, 38 ter, 39 e 41 delle N.d.A. PAI. **In particolare per quanto riguarda espressamente gli interventi urbanistici/edilizia di nuova realizzazione si fa riferimento all'art.39 comma 43 delle N.d.A. del PAI, di seguito riportato, che esclude qualsiasi attività edilizia.**



Considerato che l'attribuzione delle classi di fattibilità deriva esclusivamente dalle caratteristiche geologiche del territorio comunale, i perimetri delle fasce di rispetto del reticolo idrico principale, minore e privato non sono stati riportati nella carta di fattibilità in quanto soggette a specifica normativa ripresa nelle Norme Geologiche di Piano, a cui si rimanda.

Le prescrizioni per ogni singola classe di fattibilità e la documentazione da presentare per la richiesta del titolo edilizio abilitativo comunale sono riportate nelle "Norme Geologiche di Piano" a cui si rimanda.

La carta PAI-PGRA (Tav.9), la carta di fattibilità geologica per le azioni di piano (Tav.13) e le Norme Geologiche di Piano sono elementi sostanziali del **PGT 2024-2025** in quanto costituiscono i documenti di base e di riferimento delle scelte progettuali dello stesso PGT; **per la loro modifica sarà sempre necessario adottare la procedura tecnico-amministrativa prevista per le varianti urbanistiche.** Pertanto nel caso intervengano modifiche dell'assetto geomorfologico, idrogeologico, idraulico ecc. a causa di eventi o interventi successivi alla redazione dello studio geologico di cui alle presenti norme, oppure si rendessero necessari approfondimenti di indagini (ad esempio per dettagliare maggiormente la zonazione della pericolosità in un'area in classe 4 o per accertare la possibilità di declassare porzioni di territorio graduando maggiormente la pericolosità o per individuare le prescrizioni per procedere all'edificazione), il nuovo azzonamento geologico deve essere recepito dall'amministrazione comunale attraverso una specifica variante che sarà attuata nel modo previsto dalle normative regionali vigenti che attualmente risulta essere la Legge Regionale 12/2005 s.m.i.

**La ripermetrazione del rischio idraulico delle aree PGRA-PAI classificate come Fascia A/P3 e Fascia B/P2 ricadenti all'interno dei centri edificati e la conseguente riclassificazione della fattibilità geologica delle stesse dovrà essere eseguita utilizzando le procedure dell'Al.4 "Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione" della DGR IX/2616/2011 "Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n°12, approvati con DGR 22 dicembre 2005, n°8/1566 e successivamente modificati con DGR 28 maggio 2008, n°8/7374", ovvero utilizzando nuove procedure stabilite dalla Regione Lombardia.**

In assenza di variazioni sarà comunque necessaria una revisione/aggiornamento generale della componente geologica per il rinnovo o rifacimento quinquennale del "Documento di Piano".



Senza apposita variante urbanistica, l'amministrazione comunale, dopo aver eseguito adeguate verifiche geologiche, geotecniche e idrauliche puntuali su basi cartografiche di maggior dettaglio, potrà effettuare, con delibera di giunta o di consiglio o con altro atto pubblico che la stessa stabilirà, solo eventuali piccole rettifiche del limite che definisce il perimetro delle classi di fattibilità geologica 3 e 4 indicato nella Tav.13.

Voghera, Novembre 2024

Dott. Geologo Giorgio NEGRINI

Iscrizione Ordine Geologi della Lombardia n°585\_AP

Dott. Geologo Stefania BRANCHI

Iscrizione Ordine Geologi della Lombardia n°1007\_AP





**COMUNE DI REA**

PROVINCIA DI PAVIA

---

## **PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO P.G.T.**

**REVISIONE GENERALE 2024-2025**

### **PIANO DELLE REGOLE**

PROGETTAZIONE

**STUDIO MOSSOLANI**

Via Della Pace, 14 – 27045 Casteggio (PV)

**Dott. Arch. Mario MOSSOLANI – Dott. Ing. Marcello MOSSOLANI**

#### **COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

*L.R. 12/2015 – DGR IX/2616/2011*

#### **AGGIORNAMENTO ED ADEGUAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA AL PIANO DI GESTIONE DEI RISCHI ALLUVIONALI “PGRA” E ALLA RICLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE**

*DGR X/6738/2017 – DGR X/2129/2014*

---

#### **ALLEGATO 1**

**SCHEDE, STRATIGRAFIE POZZI IDRICI E SONDAGGI, TABELLE, GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE**

---

**Dott. Geologo Giorgio NEGRINI**

Iscrizione Ordine Geologi della Lombardia n°585\_AP

e-mail [giorgio@negriniconsulting.it](mailto:giorgio@negriniconsulting.it) – PEC [giorgio.negrini@pec.epap.it](mailto:giorgio.negrini@pec.epap.it)

**Dott. Geologo Stefania BRANCHI**

Iscrizione Ordine Geologi della Lombardia n°1007\_AP

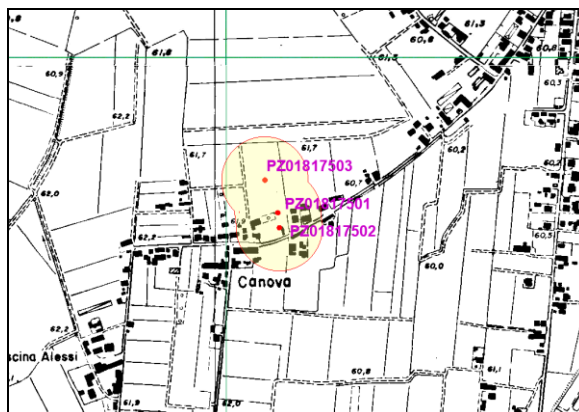
e-mail [branchi.stefania@gmail.com](mailto:branchi.stefania@gmail.com) – PEC [stefaniabbranchigeol@pec.epap.it](mailto:stefaniabbranchigeol@pec.epap.it)

---

## 1-DATI IDENTIFICATIVI

n°di riferimento e denominazione	PZ01817501 – CANOVA NUOVO		
Località	VIA CANOVA		
Comune	VERRUA PO		
Provincia	PAVIA		
Sezione CTR	B8B1		
Coordinate chilometriche WGS84 UTM32 (da CTR)	Latitudine	4994640.555	
	Longitudine	513120.048	
Quota (m s.l.m.)	61.50		
Profondità (m da p.c.)	78		

### UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



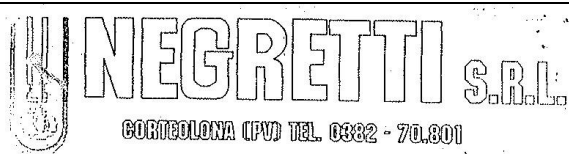
## 2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	PAVIA ACQUE
Ditta Esecutrice	NEGRETTI SRL CORTEOLONA
Anno	1998
Stato	
Attivo	X
Disuso (2)	
Cementato	
Altro	
Tipologia utilizzo (3)	POTABILE
Portata estratta (mc/a e lt/sec)	

### SCHEMA DI COMPLETAMENTO

Tubazioni (2)						
Tubazione n.	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
1	609	0	30	-	-	-
2	406	30	74.50	1	50.50	68.50
Setti impermeabili						
Tipo	da m		a m			
Cementazione con argilla	0		18			
Cementazione						
Cementazione						

### 3 - STRATIGRAFIA



Pozzo 2

sondaggio Verrua Po	Quota Triv. mm. 900-800
committente Impiantistica Lombarda	Perforatore Falchi Gian Mario
filletti	Localita' Verrua Po
antiere R 9	Data Maggio 98

scala	stratigrafia	descrizione	profondita' (m)	descrizione pozzo	Descrizione
		terreno vegetale	1.0		0.00 cementazione con argilla
		argilla sabbiosa	3.0		
		sabbia e ghiaia con tracce torba			
10					
		argilla azzurra compatta	10.5		
20		argilla sabbiosa	18.0		18.00 mt. 30 tubo chiuso mm 609x6
25		sabbia granosa grigia con rara ghiaia e torba	22.0		
30		sabbia medio fine grigia	30.0		30.00
35					
		argilla compatta	36.0		36.50 mt. 20.50 tubo chiuso mm. 406x6
45		sabbia medio granosa grigia			
50		sabbia media granosa tracce ghiaia	50.0		50.50 mt. 18.00 filtro tipo Johnson mm 406x6 dreno miscelato 106-107
55					
60		sabbia granosa ghiaccio e ghiaia	59.0		
65					
70		sabbia fine argillosa tracce torba	69.0		68.50 mt. 6.00 sacca
75					74.50 chiusura perforo
			78.0		

#### 4 – SCHEMA POZZO

VEDERE STRATIGRAFIA

#### 5 – SERIE STORICHE SOGGIACENZA E PARAMETRI IDROGEOLOGICI

NON RILEVATI

#### 6 – IDROCHIMICA

ANALISI NON FORNITE

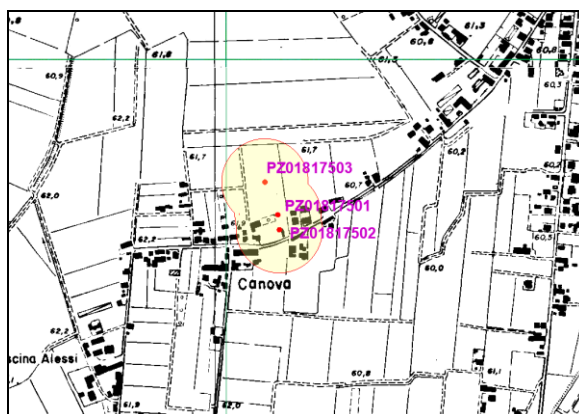
#### 7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
geometrico	x	temporale		idrogeologico	

## 1-DATI IDENTIFICATIVI

n°di riferimento e denominazione	PZ01817502 – CANOVA		
Località	VIA CANOVA		
Comune	VERRUA PO		
Provincia	PAVIA		
Sezione CTR	B8B1		
Coordinate chilometriche WGS84 UTM32 (da CTR)	Latitudine	4994605.983	
	Longitudine	513123.682	
Quota (m s.l.m.)	61.50		
Profondità (m da p.c.)	60		

### UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



## 2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

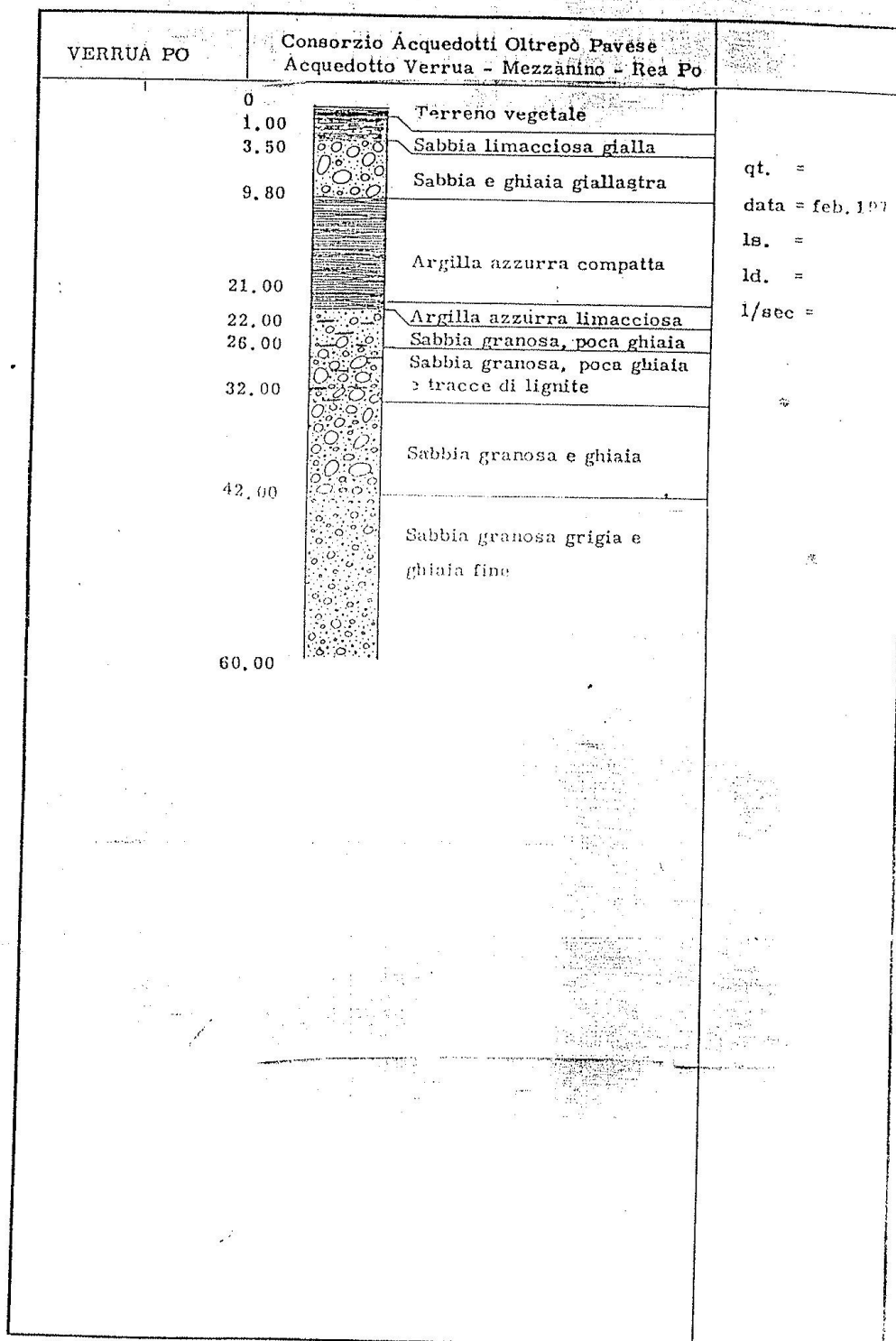
Proprietario	PAVIA ACQUE
Ditta Esecutrice	
Anno	1975
Stato	
Attivo	
Disuso (2)	x
Cementato	
Altro	
Tipologia utilizzo (3)	POTABILE
Portata estratta (mc/a e lt/sec)	

### SCHEMA DI COMPLETAMENTO

Tubazioni (2)						
Tubazione n.	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
				-		
	6			1		
Setti impermeabili						
Tipo	da m			a m		
Cementazione						
Cementazione						
Cementazione						



### 3 - STRATIGRAFIA



#### 4 – SCHEMA POZZO

NON DISPONIBILE

#### 5 – SERIE STORICHE SOGGIACENZA E PARAMETRI IDROGEOLOGICI

NON RILEVATI

#### 6 – IDROCHIMICA

ANALISI NON FORNITE

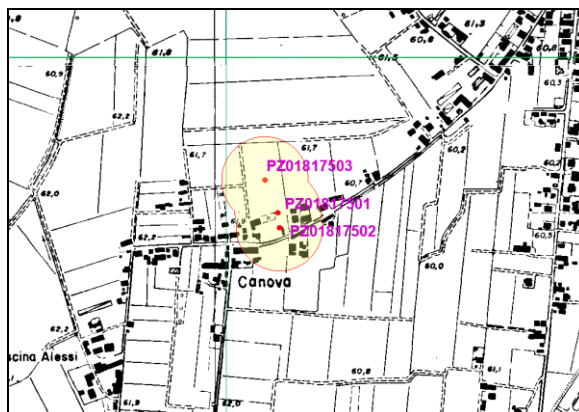
#### 7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
geometrico	x	temporale		idrogeologico	

## 1-DATI IDENTIFICATIVI

n°di riferimento e denominazione	PZ01817503 – POZZO CANOVA 2		
Località	VIA CANOVA		
Comune	VERRUA PO		
Provincia	PAVIA		
Sezione CTR	B8B1		
Coordinate chilometriche WGS84 UTM32 (da CTR)	Latitudine	4994716.08	
	Longitudine	513089.944	
Quota (m s.l.m.)	61.50		
Profondità (m da p.c.)	80		

UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



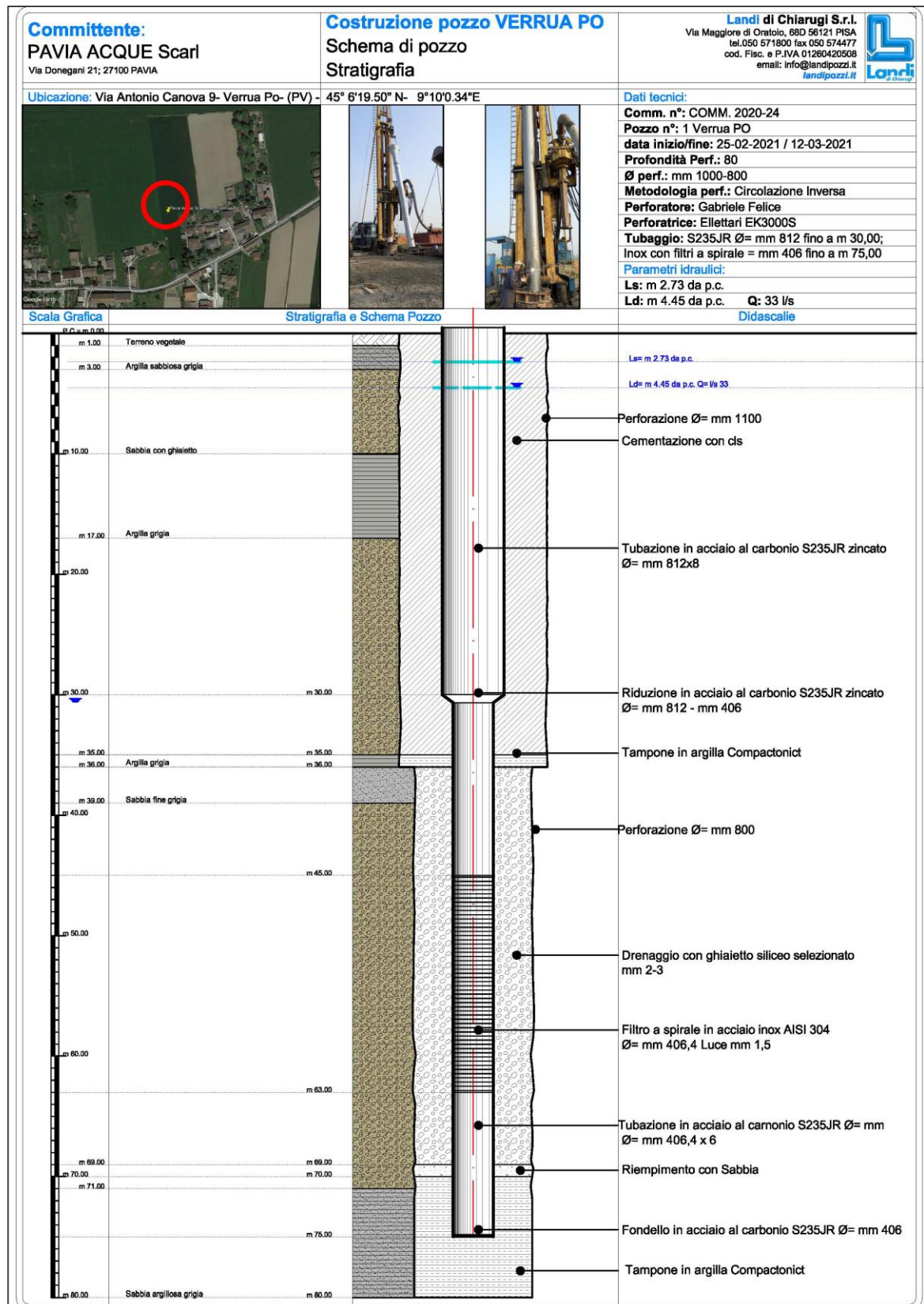
## 2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	PAVIA ACQUE
Ditta Esecutrice	LANDI di Chiarugi S.r.l.
Anno	2021
Stato	
Attivo	X
Disuso (2)	
Cementato	
Altro	
Tipologia utilizzo (3)	POTABILE
Portata estratta (mc/a e lt/sec)	33 l/s

SCHEMA DI COMPLETAMENTO

Tubazioni (2)						
Tubazione n.	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
1	812	0	30	-	-	-
2	406.4	30	75	1	45	63
Setti impermeabili						
Tipo	da m			a m		
Cementazione con cls	0			36		
Tampone di argilla	70			80		
Cementazione						

### 3 - STRATIGRAFIA



#### 4 – SCHEMA POZZO

VEDERE STRATIGRAFIA

#### 5 – SERIE STORICHE SOGGIACENZA E PARAMETRI IDROGEOLOGICI

NON RILEVATI

#### 6 – IDROCHIMICA

ANALISI NON FORNITE

#### 7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

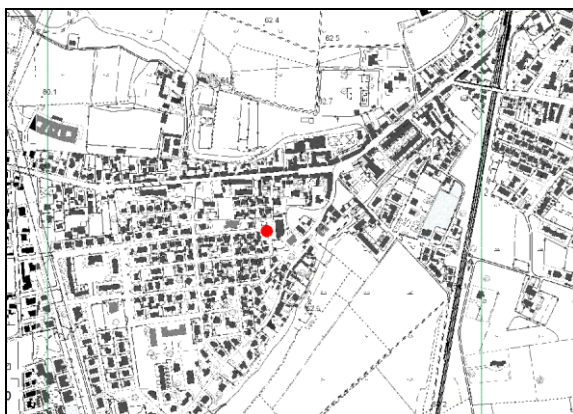
CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
geometrico	x	temporale		idrogeologico	



## 1-DATI IDENTIFICATIVI

n°di riferimento e denominazione	3827-CAVA MANARA		
Località	VIA CONTI		
Comune	CAVA MANARA		
Provincia	PAVIA		
Sezione CTR	B7B5		
Coordinate chilometriche WGS84 UTM32 (da CTR)	Latitudine	4998511.62	
	Longitudine	508508.09	
Quota (m s.l.m.)	80.19		
Profondità (m da p.c.)	73		

### UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)




## 2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	COMUNE DI CAVA MANARA
Ditta Esecutrice	-
Anno	
Stato	
Attivo	X
Disuso (2)	
Cementato	
Altro	
Tipologia utilizzo (3)	
Portata estratta (mc/a e lt/sec)	

### SCHEMA DI COMPLETAMENTO

Tubazioni (2)						
Tubazione n.	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
1						
2						
Setti impermeabili						
Tipo		da m		a m		
Cementazione						
Cementazione						
Cementazione						

### 3 – STRATIGRAFIA

		<b>BANCA DATI GEOLOGICA DI SOTTOSUOLO</b>			
INFORMAZIONI INDAGINE					
ID: 38027	IDE:		COMUNE: CAVA MANARA		
QUOTA (m s.l.m.): 80,19	PROFONDITA'(m): 73,0		NUMERO STRATI: 8		
PROFONDITA' FALDA(m): ND					
<b>Strato</b>	<b>Da</b>	<b>A</b>	<b>Spessore</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Sigla</b>
1	0	0,2	0,2	riporto	ZR
2	0,2	2,3	2,1	terriccio rossastro	MT
3	2,3	9,8	7,5	sabbia giallastra	S
4	9,8	16,5	6,7	sabbia chiara	S
5	16,5	23,5	7,0	sabbia media scura	S3
6	23,5	37,0	13,5	sabbia media chiara con elementi di ghiaietto	S3 GG
7	37,0	69,8	32,8	sabbia media grigia con elementi di ghiaietto	S3 GG
8	69,8	73,0	3,2	argilla torbosa	A PT

### 4 – SCHEMA POZZO

NON DISPONIBILE

### 5 – SERIE STORICHE SOGGIACENZA E PARAMETRI IDROGEOLOGICI

NON RILEVATI

### 6 – IDROCHIMICA

ANALISI NON FORNITE

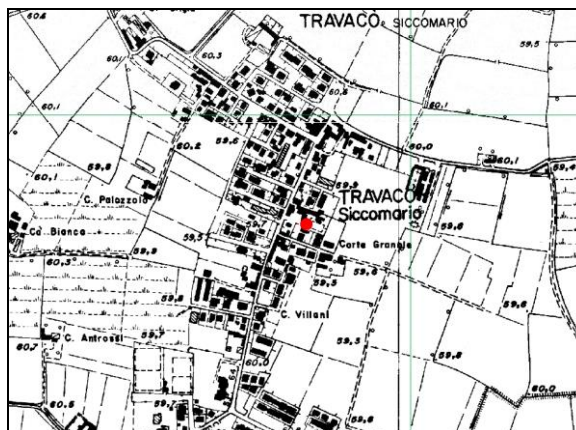
### 7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
geometrico	x	temporale		idrogeologico	

## 1-DATI IDENTIFICATIVI

n°di riferimento e denominazione	38169-TRAVACO' SICCOMARIO		
Località	PIAZZA FONTANA		
Comune	TRAVACO' SICCOMARIO		
Provincia	PAVIA		
Sezione CTR	B7B5		
Coordinate chilometriche WGS84 UTM32 (da CTR)	Latitudine	4999742.38	
	Longitudine	512758.19	
Quota (m s.l.m.)	60.68		
Profondità (m da p.c.)	113		

### UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



## 2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	PRIVATO
Ditta Esecutrice	-
Anno	
Stato	
Attivo	X
Disuso (2)	
Cementato	
Altro	
Tipologia utilizzo (3)	
Portata estratta (mc/a e lt/sec)	

### SCHEMA DI COMPLETAMENTO

Tubazioni (2)						
Tubazione n.	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
1						
2						
Setti impermeabili						
Tipo		da m		a m		
Cementazione						
Cementazione						
Cementazione						

### 3 – STRATIGRAFIA

		<b>BANCA DATI GEOLOGICA DI SOTTOSUOLO</b>			
<b>INFORMAZIONI INDAGINE</b>					
ID: 38169		IDE:			
QUOTA (m s.l.m.): 60,68		PROFONDITA'(m): 113,0			
PROFONDITA' FALDA(m): ND		COMUNE: TRAVACO' SICCOMARIO			
		NUMERO STRATI: 16			
<b>Strato</b>	<b>Da</b>	<b>A</b>	<b>Spessore</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Sigla</b>
1	0	4,5	4,5	sabbia limosa	S L
2	4,5	7,0	2,5	sabbia e ghiaietto	S GG
3	7,0	38,0	31,0	ghiaia e sabbia	G S
4	38,0	39,5	1,5	argilla sabbiosa	A S
5	39,5	44,0	4,5	sabbia limosa	S L
6	44,0	48,0	4,0	argilla sabbiosa	A S
7	48,0	55,0	7,0	ghiaia e sabbia	G S
8	55,0	57,0	2,0	argilla sabbiosa	A S
9	57,0	61,0	4,0	sabbia limosa	S L
10	61,0	68,0	7,0	argilla sabbiosa	A S
11	68,0	75,5	7,5	sabbia limosa	S L
12	75,5	79,0	3,5	argilla sabbiosa	A S
13	79,0	85,0	6,0	sabbia limosa	S L
14	85,0	94,0	9,0	sabbia e ghiaietto	S GG
15	94,0	108,0	14,0	ghiaia e sabbia	G S
16	108,0	113,0	5,0	argilla sabbiosa	A S

### 4 – SCHEMA POZZO

NON DISPONIBILE

### 5 – SERIE STORICHE SOGGIACENZA E PARAMETRI IDROGEOLOGICI

NON RILEVATI

### 6 – IDROCHIMICA

ANALISI NON FORNITE

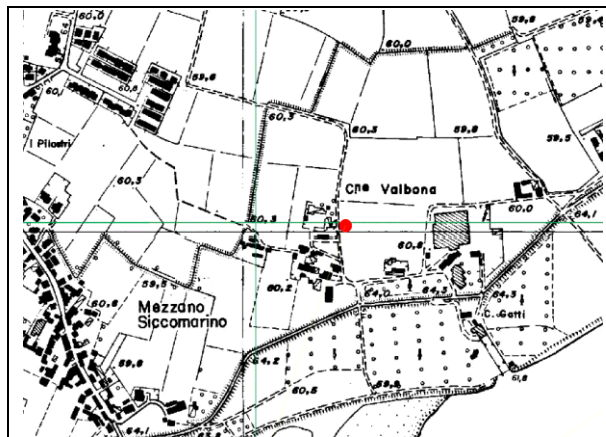
### 7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
geometrico		temporale		idrogeologico	

## 1-DATI IDENTIFICATIVI

n°di riferimento e denominazione	38168-TRAVACO' SICCOMARIO		
Località	C.NA VALBONA		
Comune	TRAVACO' SICCOMARIO		
Provincia	PAVIA		
Sezione CTR	B7B5		
Coordinate chilometriche WGS84 UTM32 (da CTR)	Latitudine	4998993.42	
	Longitudine	513178.989	
Quota (m s.l.m.)	60.68		
Profondità (m da p.c.)	113		

### UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



## 2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	PRIVATO
Ditta Esecutrice	-
Anno	
Stato	
Attivo	
Disuso (2)	
Cementato	
Altro	
Tipologia utilizzo (3)	
Portata estratta (mc/a e lt/sec)	

### SCHEMA DI COMPLETAMENTO

Tubazioni (2)						
Tubazione n.	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
1						
2						
Setti impermeabili						
Tipo		da m		a m		
Cementazione						
Cementazione						
Cementazione						



### 3 – STRATIGRAFIA

		<b>BANCA DATI GEOLOGICA DI SOTTOSUOLO</b>			
<b>INFORMAZIONI INDAGINE</b>					
ID: 38168	IDE:		COMUNE: TRAVACO' SICCOMARIO		
QUOTA (m s.l.m.): 60,83	PROFONDITA'(m): 16,0		NUMERO STRATI: 5		
PROFONDITA' FALDA(m): ND					
<b>Strato</b>	<b>Da</b>	<b>A</b>	<b>Spessore</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Sigla</b>
1	0	1,0	1,0	sabbia limosa	S L
2	1,0	3,0	2,0	argilla sabbiosa	A S
3	3,0	9,0	6,0	sabbia e ghiaietto	S GG
4	9,0	10,0	1,0	argilla sabbiosa	A S
5	10,0	16,0	6,0	ghiaia e sabbia	G S

### 4 – SCHEMA POZZO

NON DISPONIBILE

### 5 – SERIE STORICHE SOGGIACENZA E PARAMETRI IDROGEOLOGICI

NON RILEVATI

### 6 – IDROCHIMICA

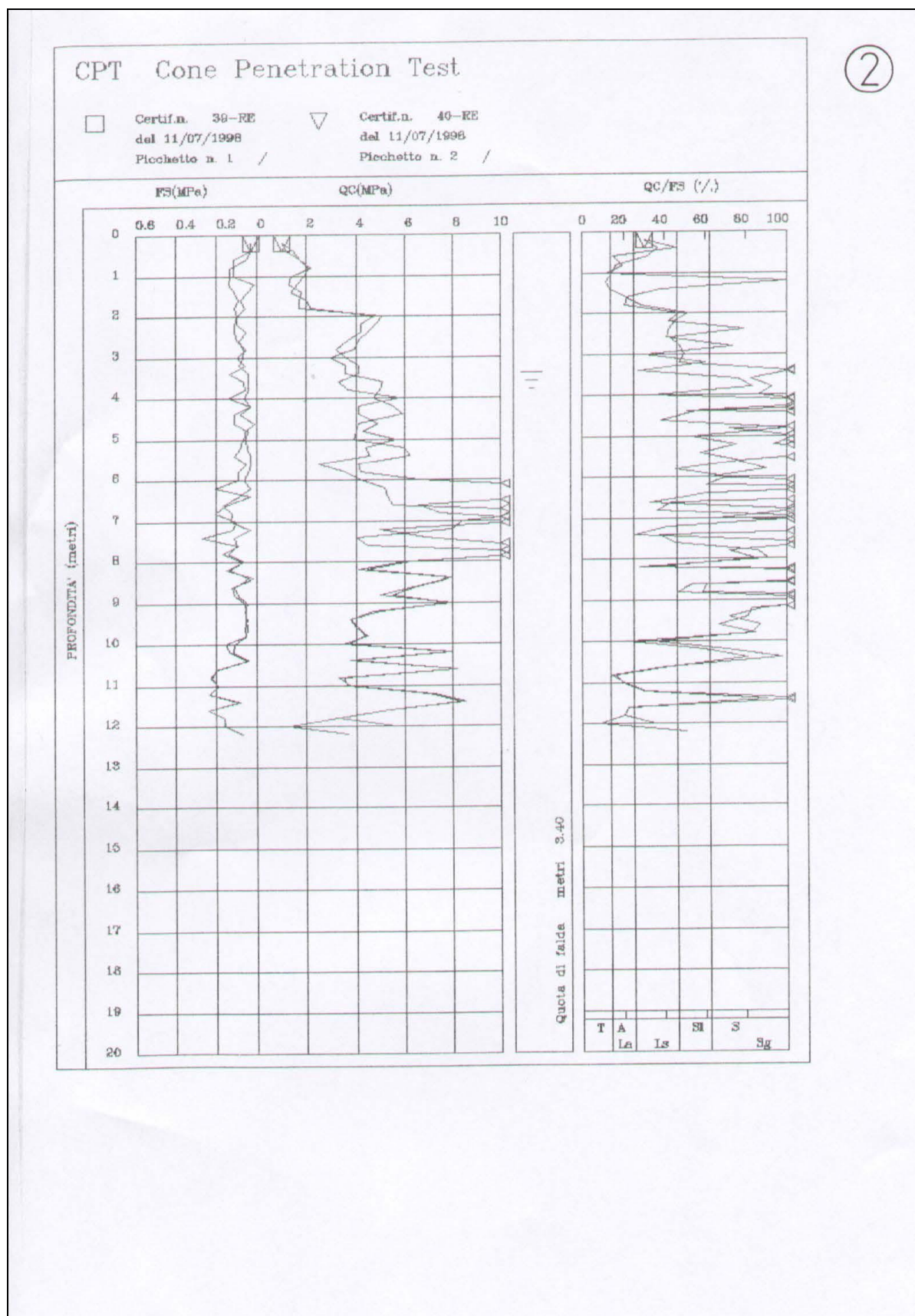
ANALISI NON FORNITE

### 7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
geometrico		temporale		idrogeologico	



# PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT A REA IN VIA VICOLO PORTA [2]



QUOTA n.	LITOLOGIA	PALDA n.	Qc daN/cmq	NC	ALFA	DENS. REL.†	ANGOLO ATTIRITO	GAMMA kN/mc	SIGMA daN/cmq	Cu daN/cmq	E daN/cmq	M daN/cmq	QOC daN/cmq	TAU SIGMA
0.20	LA	-----												
0.50	LA	-----	17	20	1.90			17.0	0.14	0.84	25 / 42	32	17	
0.80	LA	-----												
1.10	LA	-----												
1.40	LA	-----												
1.70	LA	-----												
1.80	LA	-----												
1.80	SL	-----												
2.10	SL	-----												
2.40	SL	-----	30		1.90	<20	33	16.0	0.43		45 / 75	57	30	0.04
2.70	SL	-----												
3.00	SL	-----												
3.30	SL	-----												
3.60	SL	-----	3.40											
3.80	SL	-----												
3.80	SL	-----												
4.10	SL	-----												
4.40	SL	-----	30		1.90	<20	33	16.0	0.75		45 / 75	57	26	0.03
4.70	SL	-----												
5.00	SL	-----												
5.30	SL	-----												
5.60	SL	-----												
5.80	SL	-----												
5.80	SL	-----	30		1.90	<20	33	16.0	0.93		45 / 75	57	23	0.03
6.00	SL	-----												
6.00	SG	0:0:0:0:0:0												
6.30	SG	0:0:0:0:0:0												
6.60	SG	0:0:0:0:0:0	80		1.90	48	37	18.0	1.12		120 / 200	152	55	
6.90	SG	0:0:0:0:0:0												
7.20	SG	0:0:0:0:0:0												
7.50	SG	0:0:0:0:0:0												
7.80	SG	0:0:0:0:0:0												
8.00	SG	0:0:0:0:0:0												
8.00	SG	0:0:0:0:0:0												
8.30	SG	0:0:0:0:0:0												
8.60	SG	0:0:0:0:0:0	80		1.90	48	37	18.0	1.48		120 / 200	152	46	
8.90	SG	0:0:0:0:0:0												
9.20	SG	0:0:0:0:0:0												
9.50	SG	0:0:0:0:0:0												
9.80	SG	0:0:0:0:0:0												
10.00	SG	0:0:0:0:0:0												
10.00	SL	-----												
10.30	SL	-----												
10.60	SL	-----	50		1.90	34	35	18.0	1.84		75 / 125	95	27	0.03
10.90	SL	-----												
11.20	SL	-----												
11.50	SL	-----												
11.80	SL	-----												
12.00	SL	-----												
12.00	SL	-----	50		1.90	34	35	18.0	2.04		75 / 125	95	26	0.03
12.20	SL	-----												

T=TORBE - A=ARGILLE - LA=LIMI ARGILLOSI - LS=LIMI SABBIOSI - SL=SABBIE LIMOSE - S=SABBIE - SG=SABBIE/GHIAIE - AC=COPERTURA SUPER.



# CPT Cone Penetration Test

Picchetto n. 1 /

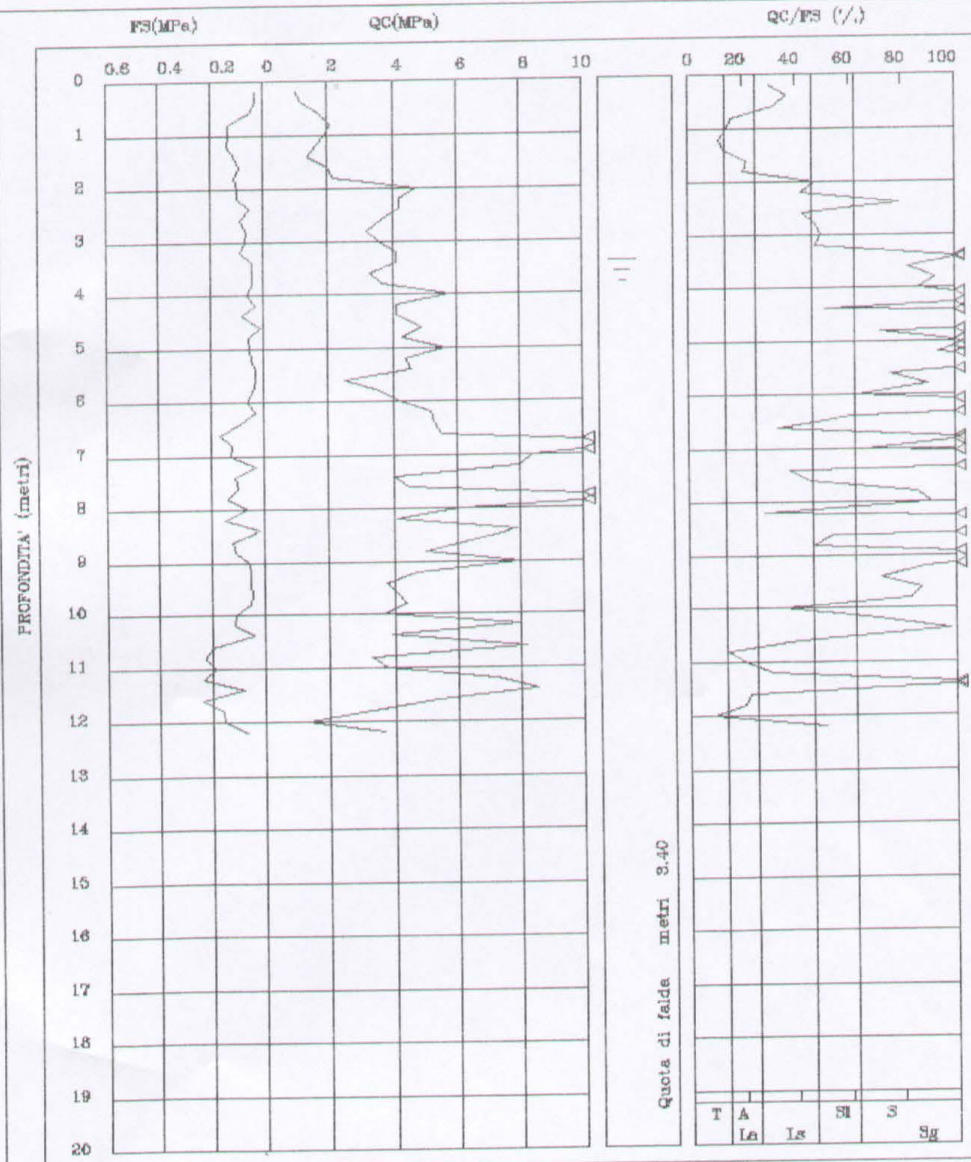
Centiere

REA PD

Committente FIORI PAOLO S.R.L.

Certif.n. 39-RE

del 11/07/1998





## PROVA PENETROMETRICA STATICA

CERTIFICATO N.RO : 39-RE

CANTIERE : REA PO

PROF.	QC	RL.	FS.	X	PROF.	QC	RL.	FS.	X	PROF.	QC	RL.	FS.	X
0.20	10	15	0.33	30.30	10.20	80	97	1.13	70.80					
0.40	12	17	0.33	36.36	10.40	39	45	0.40	97.50					
0.60	17	25	0.53	32.08	10.60	82	112	2.00	41.00					
0.80	21	41	1.33	15.79	10.80	33	67	2.27	14.54					
1.00	19	39	1.33	14.29	11.00	38	66	1.87	20.32					
1.20	16	37	1.40	11.43	11.20	72	107	2.33	30.90					
1.40	14	30	1.07	13.08	11.40	85	97	0.80	106.25					
1.60	20	34	0.93	21.51	11.60	54	90	2.40	22.50					
1.80	22	38	1.07	20.56	11.80	33	57	1.60	20.62					
2.00	47	62	1.00	47.00	12.00	13	36	1.53	8.50					
2.20	42	57	1.00	42.00	12.20	37	48	0.73	50.68					
2.40	42	50	0.53	79.25										
2.60	37	50	0.87	42.53										
2.80	32	42	0.67	47.76										
3.00	36	47	0.73	49.32										
3.20	41	54	0.87	47.13										
3.40	41	47	0.40	102.50										
3.60	33	39	0.40	82.50										
3.80	37	43	0.40	92.50										
4.00	58	68	0.67	86.57										
4.20	41	46	0.33	124.24										
4.40	41	53	0.80	51.25										
4.60	49	51	0.13	376.92										
4.80	43	52	0.60	71.67										
5.00	56	64	0.53	105.66										
5.20	44	51	0.47	93.62										
5.40	46	51	0.33	139.39										
5.60	25	30	0.33	75.76										
5.80	36	42	0.40	90.00										
6.00	42	52	0.67	62.69										
6.20	52	57	0.33	157.58										
6.40	53	66	0.87	60.92										
6.60	55	80	1.67	32.93										
6.80	130	148	1.20	108.33										
7.00	84	103	1.27	66.14										
7.20	80	85	0.33	242.42										
7.40	40	56	1.07	37.38										
7.60	45	60	1.00	45.00										
7.80	120	141	1.40	85.71										
8.00	61	71	0.67	91.04										
8.20	41	63	1.47	27.89										
8.40	79	82	0.20	395.00										
8.60	64	82	1.20	53.33										
8.80	50	66	1.07	46.73										
9.00	80	89	0.60	133.33										
9.20	47	55	0.53	88.68										
9.40	38	46	0.53	71.70										
9.60	41	48	0.47	87.23										
9.80	44	52	0.53	83.02										
10.00	37	53	1.07	34.58										

LEGENDA : PROF. = PROFONDITA' DI INFISSIONE  
 QC = RESISTENZA SPECIFICA ALLA PUNTA  
 RL = RESISTENZA LATERALE LOCALE

m.  
 daN/cm<sup>2</sup>  
 daN/cm<sup>2</sup>

FS = RESISTENZA SPECIFICA AL MANICOTTO daN/cm<sup>2</sup>  
 X = RAPPORTO QC/FS

LITOLOGIA : T=TORBE  
 S=SABBIE

A=ARGILLE  
 SG=SABBIE E GHIAIE

LA=LIMI ARGILLOSI  
 AG=COPERTURA SUPERFICIALE

LS=LIMI SABBIOSI

SL=SABBIE LIMOSE

PROVA PENETROMETRICA STATICA

CERTIFICATO N.RO : 40-RE					CANTIERE :REA PO									
PROF.	QC	RL.	FS.	X	PROF.	QC	RL.	FS.	X	PROF.	QC	RL.	FS.	X
0.20	10	15	0.33	30.30	10.20	79	99	1.33	59.40					
0.40	15	20	0.33	45.45	10.40	38	45	0.47	80.85					
0.60	17	34	1.13	15.04	10.60	82	111	1.93	42.49					
0.80	22	39	1.13	19.47	10.80	35	68	2.20	15.91					
1.00	14	31	1.13	12.39	11.00	37	65	1.87	19.79					
1.20	13	15	0.13	100.00	11.20	70	105	2.33	30.04					
1.40	18	25	0.47	38.30	11.40	84	98	0.93	90.32					
1.60	17	29	0.80	21.25	11.60	54	90	2.40	22.50					
1.80	17	26	0.60	28.33	11.80	33	57	1.60	20.62					
2.00	51	66	1.00	51.00	12.00	56	80	1.60	35.00					
2.20	48	64	1.07	44.86										
2.40	45	61	1.07	42.06										
2.60	41	56	1.00	41.00										
2.80	39	47	0.53	73.58										
3.00	30	45	1.00	30.00										
3.20	36	45	0.60	60.00										
3.40	36	56	1.33	27.07										
3.60	51	61	0.67	76.12										
3.80	50	59	0.60	83.33										
4.00	47	68	1.40	33.57										
4.20	55	60	0.33	166.67										
4.40	59	75	1.07	55.14										
4.60	41	57	1.07	38.32										
4.80	40	46	0.40	100.00										
5.00	39	50	0.73	53.42										
5.20	60	72	0.80	75.00										
5.40	62	78	1.07	57.94										
5.60	41	49	0.53	77.36										
5.80	42	56	0.93	45.16										
6.00	66	80	0.93	70.97										
6.20	126	157	2.07	60.87										
6.40	139	144	0.33	421.21										
6.60	66	89	1.53	43.14										
6.80	75	106	2.07	36.23										
7.00	117	132	1.00	117.00										
7.20	50	68	1.20	41.67										
7.40	69	109	2.67	25.84										
7.60	107	121	0.93	115.05										
7.80	120	145	1.67	71.86										
8.00	62	73	0.73	84.93										
8.20	45	65	1.33	33.83										
8.40	80	86	0.40	200.00										
8.60	65	81	1.07	60.75										
8.80	55	69	0.93	59.14										
9.00	78	85	0.47	165.96										
9.20	50	59	0.60	83.33										
9.40	38	45	0.47	80.85										
9.60	40	49	0.60	66.67										
9.80	45	53	0.53	84.91										
10.00	35	58	1.53	22.88										

LEGENDA : PROF. = PROFONDITA' DI INFISSIONE n. FS = RESISTENZA SPECIFICA AL MANICOTTO daN/cmq  
 QC = RESISTENZA SPECIFICA ALLA PUNTA daN/cmq X = RAPPORTO QC/FS %  
 RL = RESISTENZA LATERALE LOCALE daN/cmq

LITOLOGIA : T=TORBE A=ARGILLE LA=LIMI ARGILLOSI LS=LIMI SABBIOSI SL=SABBIE LIMOSE  
 S=SABBIE SG=SABBIE E GHIAIE AC=COPERTURA SUPERFICIALE

# CPT Cone Penetration Test

Picchetto n. 2 /

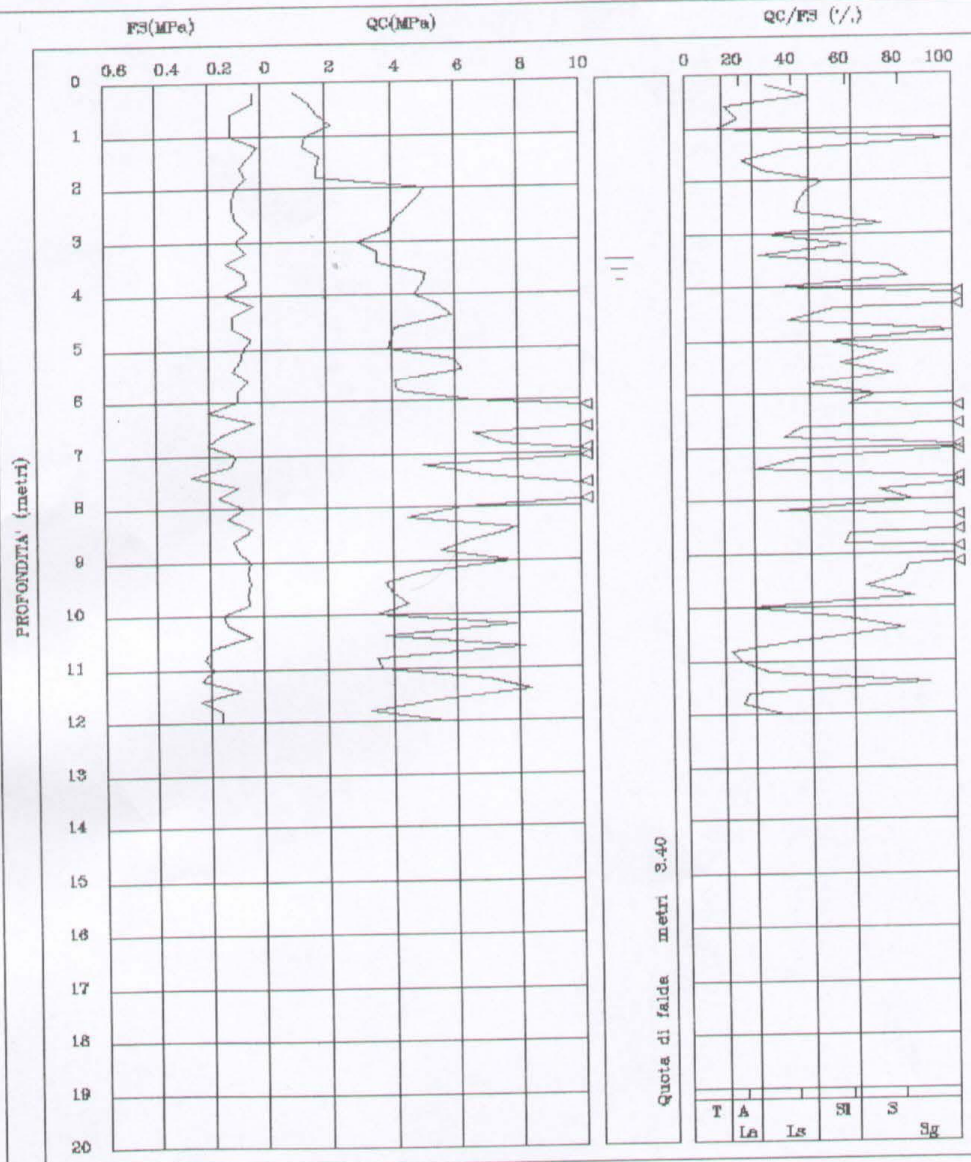
Centiere

REA PO

Committente FIORI PAOLO SRL

Certif.n. 40-RE

del 11/07/1998





# PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT A REA O. COLOMBI 2

[3]

Dott. Marco Sala  
GEOLOGO

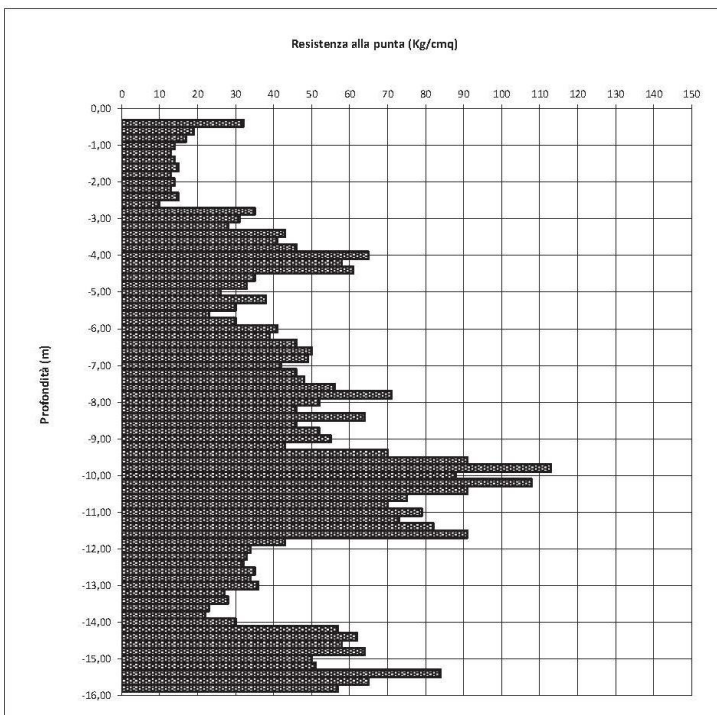
GEOLOGIA APPLICATA E AMBIENTALE - GEOTECNICA  
Via Della Maiolica n.4 - 27057 Varzi (PV)

Prova penetrometrica statica n.

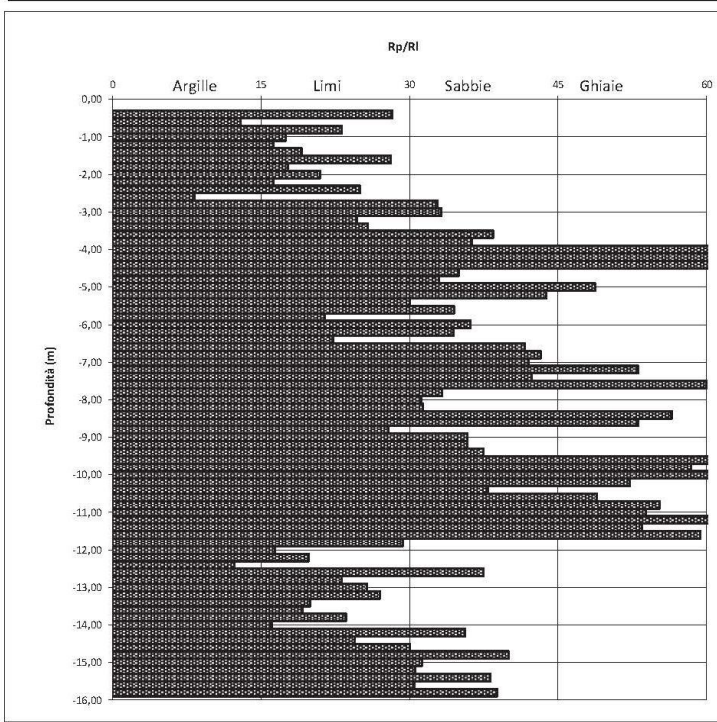
C.P.T. 1

Località: Rea (PV) - Via Oreste Colombi n.2  
Committente: Sig. Antonio ANDOLFI

Data: 08.04.2022  
Quota inizio: piano campagna



Quota	Rp	Rp + Rm	Rp/Rl	F s
0,00	0	0	0	0
-0,20	0	0	0	0
-0,40	32	49	28	0,60
-0,60	19	41	13	0,60
-0,80	17	28	23	0,60
-1,00	14	26	18	0,73
-1,20	13	25	16	0,80
-1,40	14	25	19	0,60
-1,60	15	23	28	0,60
-1,80	13	24	18	0,73
-2,00	14	24	21	0,73
-2,20	13	25	16	0,73
-2,40	15	24	25	0,87
-2,60	10	28	8	2,73
-2,80	35	51	33	0,67
-3,00	31	45	33	0,93
-3,20	28	45	25	2,67
-3,40	43	68	26	0,93
-3,60	41	57	38	1,60
-3,80	46	65	36	2,13
-4,00	65	78	75	0,40
-4,20	58	71	67	1,00
-4,40	61	73	76	-0,73
-4,60	35	50	35	0,87
-4,80	33	48	33	0,07
-5,00	26	34	49	1,67
-5,20	38	51	44	0,47
-5,40	30	45	30	0,20
-5,60	23	33	35	1,87
-5,80	30	51	21	1,87
-6,00	41	58	36	1,00
-6,20	39	56	34	2,53
-6,40	46	77	22	1,47
-6,60	50	68	42	1,07
-6,80	49	66	43	0,53
-7,00	42	57	42	1,13
-7,20	46	59	53	1,27
-7,40	48	65	42	1,47
-7,60	56	70	60	3,13
-7,80	71	103	33	0,40
-8,00	52	77	31	1,07
-8,20	46	68	31	2,33
-8,40	64	81	56	-0,33
-8,60	46	59	53	2,27
-8,80	52	80	28	1,73
-9,00	55	78	36	0,40
-9,20	43	61	36	3,67
-9,40	70	98	38	2,60
-9,60	91	109	76	3,40
-9,80	113	142	58	-0,60
-10,00	88	104	83	3,40
-10,20	108	139	52	1,27
-10,40	91	127	38	0,47
-10,60	75	98	49	0,93
-10,80	70	89	55	2,07
-11,00	79	101	54	0,53
-11,20	73	87	78	2,13
-11,40	82	105	53	2,13
-11,60	91	114	59	-1,73
-11,80	43	65	29	1,47
-12,00	34	65	16	1,60
-12,20	33	58	20	2,53
-12,40	32	71	12	1,13
-12,60	35	49	38	1,40
-12,80	34	56	23	1,53
-13,00	36	57	26	0,40
-13,20	27	42	27	1,47
-13,40	28	49	20	0,87
-13,60	23	41	19	0,87
-13,80	22	36	24	2,40
-14,00	30	58	16	3,40
-14,20	57	81	36	2,87
-14,40	62	100	24	1,67
-14,60	58	87	30	2,00
-14,80	64	88	40	0,67
-15,00	50	74	31	1,73
-15,20	51	76	31	4,40
-15,40	84	117	38	0,87
-15,60	65	97	30	0,93
-15,80	57	79	39	-
-16,00				



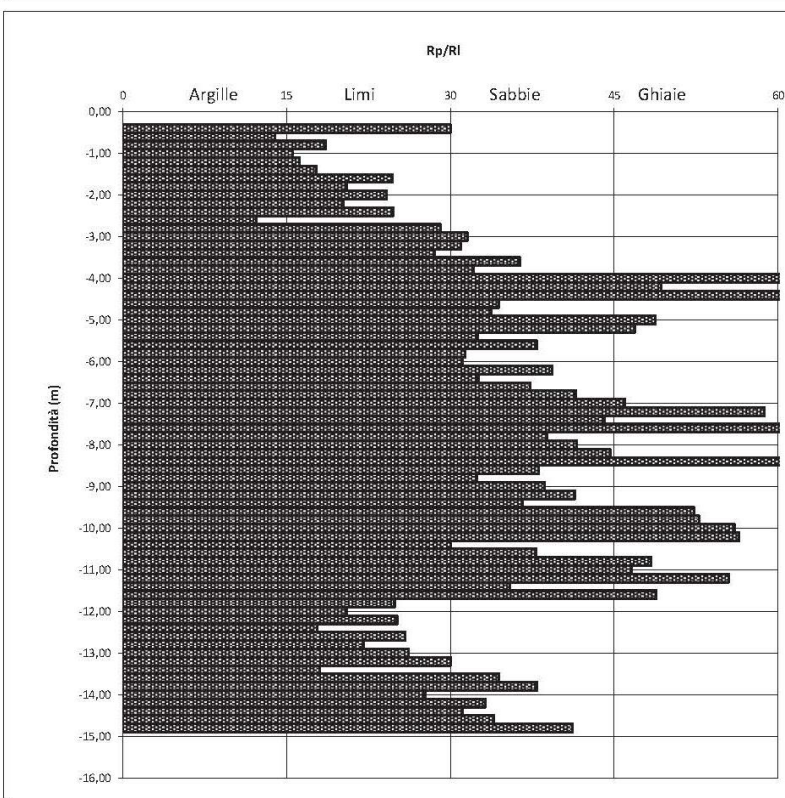
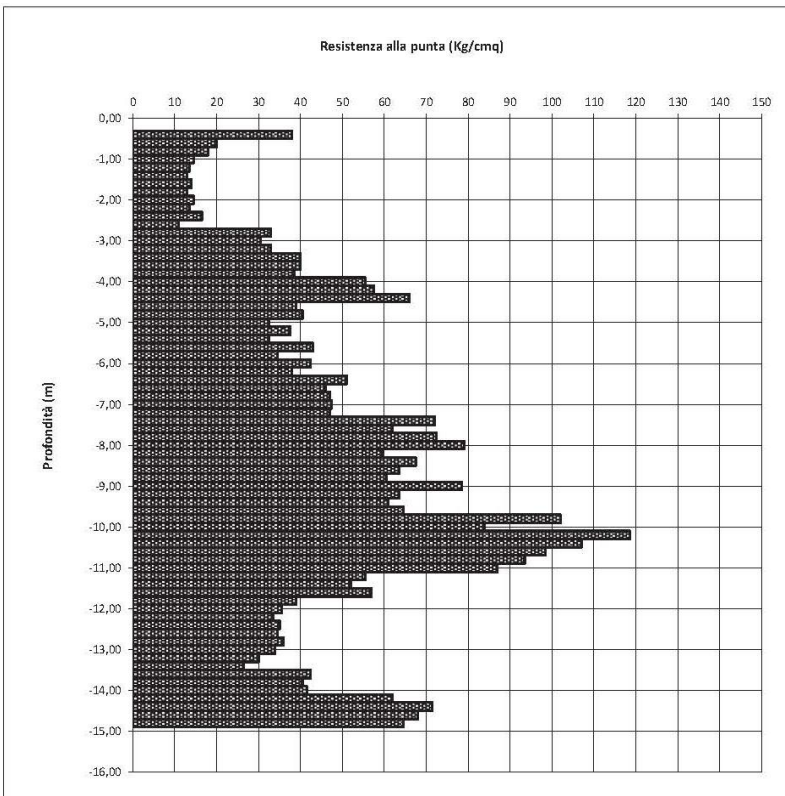
Livello acqua -4.70m da p.c..

Prova penetrometrica statica n.

C.P.T. 2

Località: Rea (PV) - Via Oreste Colombi n.2  
Committente: Sig. Antonio ANDOLFI

Data: 08.04.2022  
Quota inizio: piano campagna



Quota	Rp	Rp + Ri	Rp/Ri	Fs
0,00	0	0	0	0
-0,20	0	0	0	0
-0,40	38	57	30	0,23
-0,60	20	42	14	0,83
-0,80	18	33	19	0,70
-1,00	15	29	16	0,77
-1,20	14	26	16	0,70
-1,40	13	24	18	0,63
-1,60	14	23	25	0,57
-1,80	13	23	21	0,70
-2,00	15	24	24	0,60
-2,20	14	24	20	0,87
-2,40	17	27	25	0,53
-2,60	11	25	12	2,60
-2,80	33	50	29	0,80
-3,00	31	45	32	1,23
-3,20	33	49	31	1,87
-3,40	40	61	29	1,10
-3,60	40	57	36	1,10
-3,80	39	57	32	2,03
-4,00	56	69	62	1,30
-4,20	58	75	49	1,57
-4,40	66	81	66	-0,67
-4,60	39	56	34	1,30
-4,80	41	59	34	0,13
-5,00	33	43	49	1,13
-5,20	38	50	47	0,67
-5,40	33	48	33	1,83
-5,60	43	60	38	0,53
-5,80	35	51	31	1,90
-6,00	43	63	31	0,67
-6,20	38	53	39	2,43
-6,40	51	75	33	0,90
-6,60	46	65	37	1,20
-6,80	47	64	41	1,07
-7,00	48	63	46	0,77
-7,20	47	59	59	3,30
-7,40	72	97	44	0,30
-7,60	62	77	64	2,57
-7,80	73	101	39	2,33
-8,00	79	108	42	0,03
-8,20	60	80	45	1,63
-8,40	68	84	61	1,40
-8,60	64	89	38	1,67
-8,80	61	89	32	3,23
-9,00	79	109	39	0,53
-9,20	64	87	41	1,50
-9,40	61	86	37	1,47
-9,60	65	83	52	4,43
-9,80	102	131	53	0,30
-10,00	84	107	56	4,40
-10,20	119	150	56	2,80
-10,40	107	161	30	2,03
-10,60	99	138	38	1,60
-10,80	94	123	48	1,43
-11,00	87	115	47	-1,10
-11,20	56	71	56	1,23
-11,40	52	74	35	1,50
-11,60	57	75	49	0,37
-11,80	39	63	25	1,50
-12,00	36	62	20	1,20
-12,20	34	54	25	2,07
-12,40	35	65	18	1,30
-12,60	35	55	26	1,73
-12,80	36	61	22	1,17
-13,00	34	54	26	0,73
-13,20	30	45	30	1,23
-13,40	27	49	18	2,30
-13,60	43	61	34	0,93
-13,80	41	57	38	1,57
-14,00	42	64	28	3,23
-14,20	62	90	33	2,93
-14,40	72	106	31	1,77
-14,60	68	98	34	1,33
-14,80	65	88	41	-
-15,00				
-15,20				
-15,40				
-15,60				
-15,80				
-16,00				

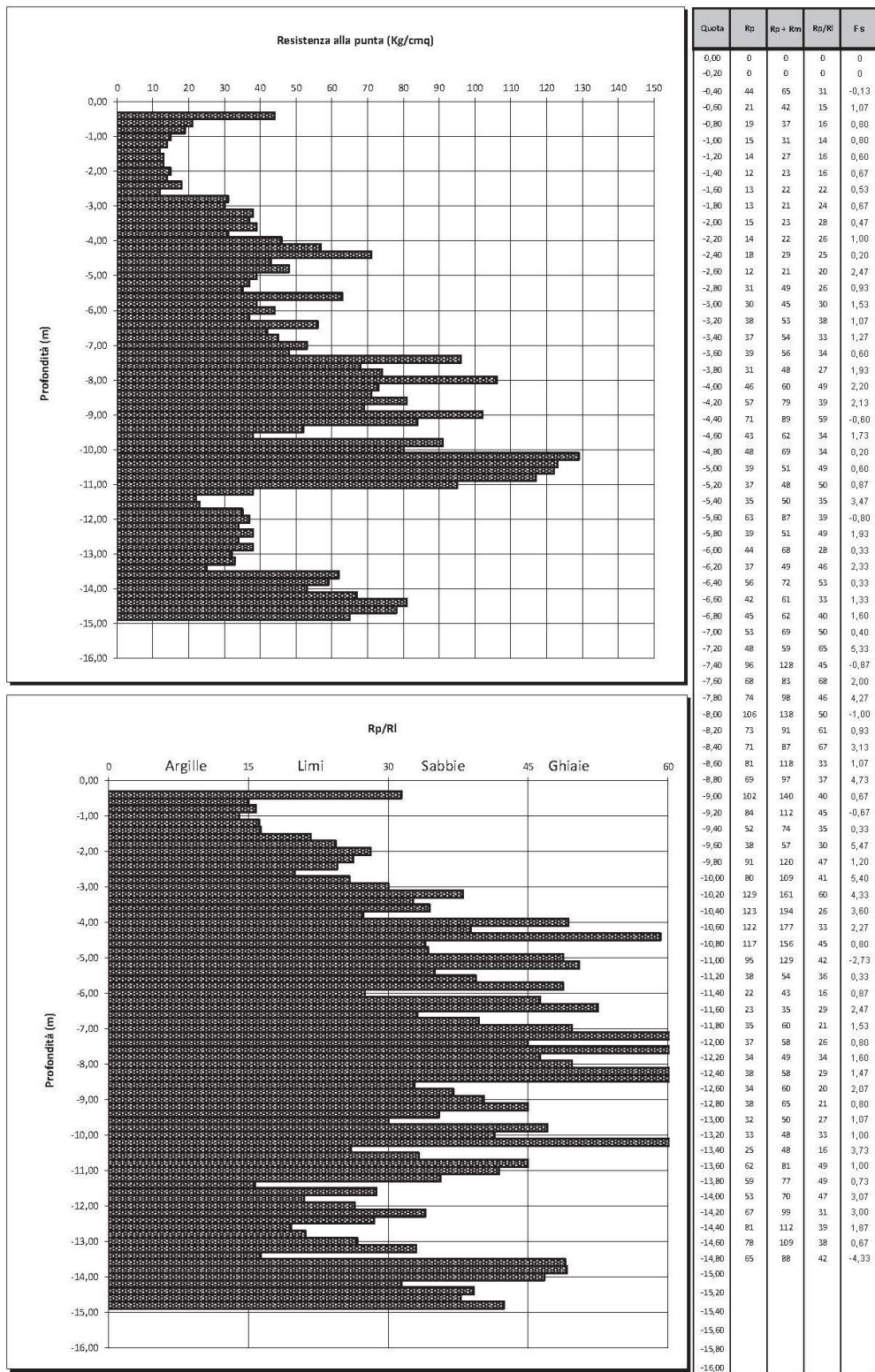


Prova penetrometrica statica n.

C.P.T. 3

Località: **Rea (PV) - Via Oreste Colombi n.2**  
 Committente: **Sig. Antonio ANDOLFI**

Data: **08.04.2022**  
 Quota inizio: **piano campagna**



Livello acqua -4.50m da p.c..

# PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT A REA SCUOLA MATERNA [4]

GHEOS S.a.s. di Sacchi G. & C.  
Via Molino, 54/A  
27010 San Zenone al Po (PV) Tel. 0382/79326

Rifer. 21-05-2

## PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 1**

2.01PG05-015

- committente : COMUNE DI REA  
- lavoro : AMPLIAMENTO SCUOLA MATERNA  
- località : REA  
- note : coord. utm 32 511626 E 4995855 N 107 ft

- data : 09/03/1905  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio  
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	12,0	17,0	12,0	0,60	20,0	4,40	33,0	47,0	33,0	1,60	21,0
0,40	20,0	29,0	20,0	0,60	33,0	4,60	47,0	71,0	47,0	1,27	37,0
0,60	21,0	30,0	21,0	0,33	63,0	4,80	45,0	64,0	45,0	1,20	37,0
0,80	13,0	18,0	13,0	0,67	19,0	5,00	43,0	61,0	43,0	1,47	29,0
1,00	11,0	21,0	11,0	0,53	21,0	5,20	42,0	64,0	42,0	0,73	57,0
1,20	10,0	18,0	10,0	0,60	17,0	5,40	24,0	35,0	24,0	0,73	33,0
1,40	11,0	20,0	11,0	0,73	15,0	5,60	27,0	38,0	27,0	0,80	34,0
1,60	14,0	25,0	14,0	0,87	16,0	5,80	18,0	30,0	18,0	0,80	22,0
1,80	12,0	25,0	12,0	0,80	15,0	6,00	21,0	33,0	21,0	0,60	35,0
2,00	24,0	36,0	24,0	0,87	28,0	6,20	34,0	43,0	34,0	0,93	36,0
2,20	17,0	30,0	17,0	1,00	17,0	6,40	30,0	44,0	30,0	1,00	30,0
2,40	16,0	31,0	16,0	0,80	20,0	6,60	22,0	37,0	22,0	1,00	22,0
2,60	18,0	30,0	18,0	0,93	19,0	6,80	25,0	40,0	25,0	1,33	19,0
2,80	17,0	31,0	17,0	1,13	15,0	7,00	46,0	66,0	46,0	0,80	57,0
3,00	36,0	53,0	36,0	0,93	39,0	7,20	43,0	55,0	43,0	0,80	54,0
3,20	27,0	41,0	27,0	1,13	24,0	7,40	52,0	64,0	52,0	0,93	56,0
3,40	29,0	46,0	29,0	1,13	26,0	7,60	53,0	67,0	53,0	0,93	57,0
3,60	28,0	45,0	28,0	1,40	20,0	7,80	55,0	69,0	55,0	0,87	63,0
3,80	45,0	66,0	45,0	0,53	84,0	8,00	55,0	68,0	55,0	0,87	63,0
4,00	25,0	33,0	25,0	0,60	42,0	8,20	42,0	55,0	42,0	1,67	25,0
4,20	21,0	30,0	21,0	0,93	22,0	8,40	78,0	103,0	78,0	-----	-----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

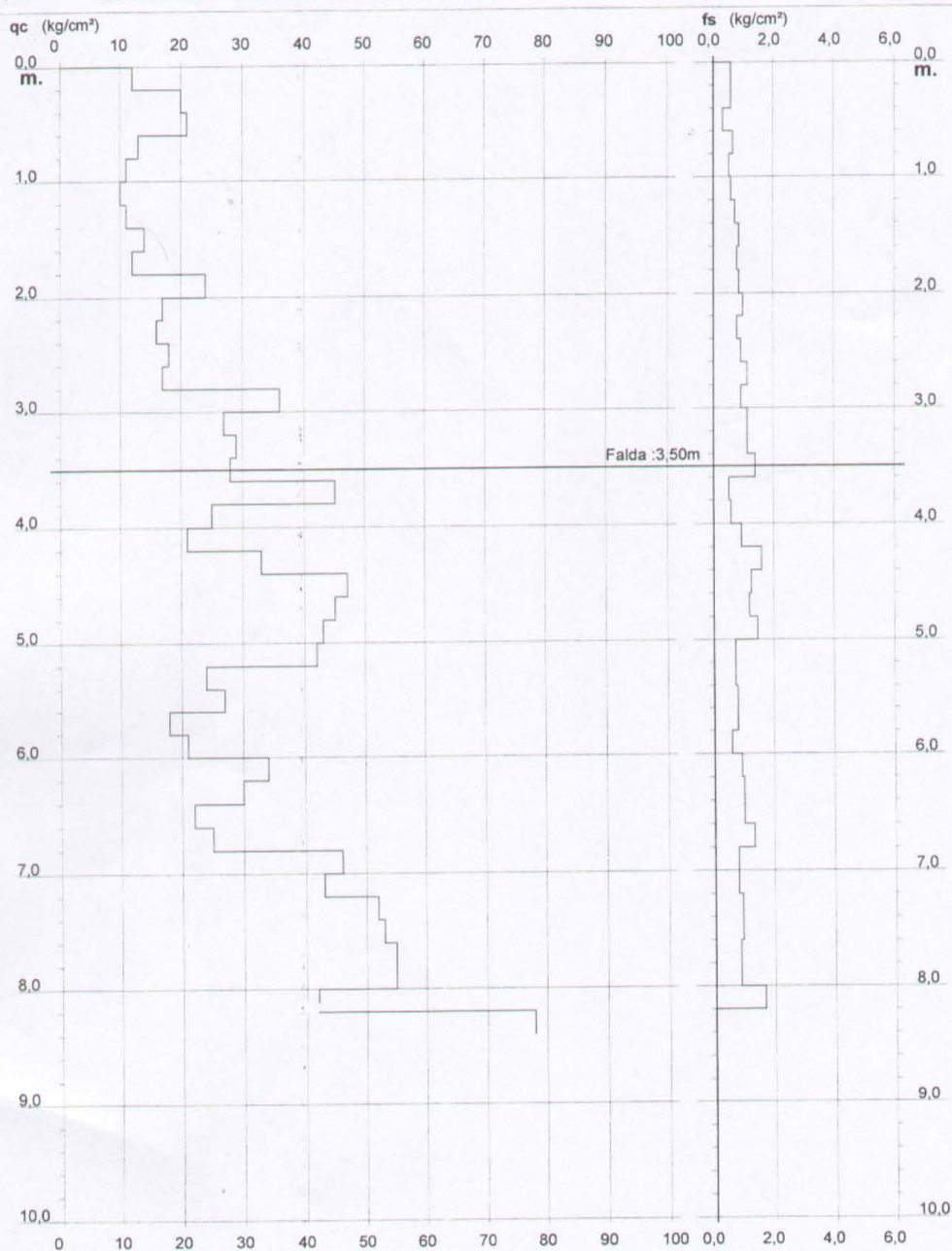
**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 1**

2.01PG05-015

- committente : COMUNE DI REA  
- lavoro : AMPLIAMENTO SCUOLA MATERNA  
- località : REA  
- note : coord. utm 32 511626 E 4995855 N 107 ft

- data : 09/03/1905  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 50





GHEOS S.a.s. di Sacchi G. & C.  
Via Molino, 54/A  
27010 San Zenone al Po (PV) Tel. 0382/79326

5

Rifer. 48-02

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 1**

2.01PG05-015

- committente : COMUNE DI REA  
- lavoro : COSTRUZIONE PISCINA COMUNALE  
- località : REA  
- note :

- data : 30/12/1899  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 4,50 m da quota inizio  
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	8,0	11,0	8,0	0,13	60,0	4,20	25,0	38,0	25,0	0,80	31,0
0,40	21,0	23,0	21,0	0,33	63,0	4,40	19,0	31,0	19,0	0,47	41,0
0,60	23,0	28,0	23,0	0,67	34,0	4,60	24,0	31,0	24,0	0,67	36,0
0,80	26,0	36,0	26,0	1,33	19,0	4,80	26,0	36,0	26,0	0,47	56,0
1,00	28,0	48,0	28,0	0,93	30,0	5,00	27,0	34,0	27,0	0,40	67,0
1,20	23,0	37,0	23,0	0,93	25,0	5,20	24,0	30,0	24,0	0,33	72,0
1,40	28,0	42,0	28,0	1,20	23,0	5,40	26,0	31,0	26,0	0,53	49,0
1,60	18,0	36,0	18,0	0,47	39,0	5,60	42,0	50,0	42,0	0,80	52,0
1,80	21,0	28,0	21,0	0,87	24,0	5,80	52,0	64,0	52,0	2,53	21,0
2,00	23,0	36,0	23,0	0,93	25,0	6,00	78,0	116,0	78,0	1,27	62,0
2,20	25,0	39,0	25,0	1,07	23,0	6,20	84,0	103,0	84,0	1,27	66,0
2,40	39,0	55,0	39,0	1,40	28,0	6,40	67,0	86,0	67,0	0,93	72,0
2,60	39,0	60,0	39,0	1,33	29,0	6,60	53,0	67,0	53,0	0,87	61,0
2,80	46,0	66,0	46,0	1,00	46,0	6,80	53,0	66,0	53,0	1,67	32,0
3,00	43,0	58,0	43,0	1,27	34,0	7,00	55,0	80,0	55,0	1,20	46,0
3,20	35,0	54,0	35,0	0,80	44,0	7,20	130,0	148,0	130,0	1,20	108,0
3,40	49,0	61,0	49,0	1,27	39,0	7,40	85,0	103,0	85,0	0,53	159,0
3,60	21,0	40,0	21,0	0,93	22,0	7,60	80,0	88,0	80,0	0,67	120,0
3,80	30,0	44,0	30,0	0,60	50,0	7,80	61,0	71,0	61,0	0,87	70,0
4,00	34,0	43,0	34,0	0,87	39,0	8,00	55,0	68,0	55,0	-----	-----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35,7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 2**

2.01PG05-015

- committente : COMUNE DI REA  
- lavoro : COSTRUZIONE PISCINA COMUNALE  
- località : REA  
- note :

- data : 30/12/1899  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 4,50 m da quota inizio  
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale		kg/cm <sup>2</sup>	
0,20	10,0	14,0	10,0	0,33	30,0	4,20	26,0	40,0	26,0	0,87	30,0
0,40	20,0	25,0	20,0	0,47	43,0	4,40	20,0	33,0	20,0	0,33	60,0
0,60	22,0	29,0	22,0	0,67	33,0	4,60	25,0	30,0	25,0	0,60	42,0
0,80	25,0	35,0	25,0	1,07	23,0	4,80	28,0	37,0	28,0	0,40	70,0
1,00	29,0	45,0	29,0	1,00	29,0	5,00	29,0	35,0	29,0	0,47	62,0
1,20	23,0	38,0	23,0	0,80	29,0	5,20	25,0	32,0	25,0	0,33	75,0
1,40	29,0	41,0	29,0	1,07	27,0	5,40	27,0	32,0	27,0	0,60	45,0
1,60	19,0	35,0	19,0	0,47	41,0	5,60	44,0	53,0	44,0	0,87	51,0
1,80	22,0	29,0	22,0	0,67	33,0	5,80	55,0	68,0	55,0	1,20	46,0
2,00	25,0	35,0	25,0	0,73	34,0	6,00	55,0	73,0	55,0	1,40	39,0
2,20	27,0	38,0	27,0	1,07	25,0	6,20	60,0	81,0	60,0	1,20	50,0
2,40	40,0	56,0	40,0	1,40	29,0	6,40	65,0	83,0	65,0	1,07	61,0
2,60	40,0	61,0	40,0	1,20	33,0	6,60	55,0	71,0	55,0	3,00	18,0
2,80	45,0	63,0	45,0	0,73	61,0	6,80	85,0	130,0	85,0	2,60	33,0
3,00	45,0	56,0	45,0	1,33	34,0	7,00	70,0	109,0	70,0	1,00	70,0
3,20	38,0	58,0	38,0	1,07	36,0	7,20	106,0	121,0	106,0	1,60	66,0
3,40	49,0	65,0	49,0	1,07	46,0	7,40	121,0	145,0	121,0	0,47	259,0
3,60	30,0	46,0	30,0	0,93	32,0	7,60	80,0	87,0	80,0	1,07	75,0
3,80	32,0	46,0	32,0	0,67	48,0	7,80	65,0	81,0	65,0	1,00	65,0
4,00	33,0	43,0	33,0	0,93	35,0	8,00	80,0	95,0	80,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)



# PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT A REA-VIA MARCONI

[6]

GHEOS S.a.s. di Sacchi G. & C.  
Via Molino, 54/A  
27010 San Zenone al Po (PV) Tel. 0382/79326

Rifer. 56-02

## PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-015

- committente : LA PAROLA GIULIA  
- lavoro : REA  
- località : VIA MARCONI  
- note :

- data : 09/10/1902  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio  
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	13,0	18,0	13,0	0,53	24,0	5,20	28,0	45,0	28,0	1,40	20,0
0,40	18,0	26,0	18,0	0,47	39,0	5,40	56,0	77,0	56,0	1,53	37,0
0,60	24,0	31,0	24,0	0,47	51,0	5,60	47,0	70,0	47,0	1,27	37,0
0,80	25,0	32,0	25,0	1,07	23,0	5,80	33,0	52,0	33,0	1,40	24,0
1,00	23,0	39,0	23,0	1,27	18,0	6,00	45,0	66,0	45,0	1,40	32,0
1,20	30,0	49,0	30,0	1,13	26,0	6,20	56,0	77,0	56,0	1,53	37,0
1,40	26,0	43,0	26,0	1,07	24,0	6,40	43,0	66,0	43,0	1,53	28,0
1,60	11,0	27,0	11,0	0,20	55,0	6,60	54,0	77,0	54,0	1,80	30,0
1,80	9,0	12,0	9,0	0,20	45,0	6,80	89,0	116,0	89,0	1,47	61,0
2,00	9,0	12,0	9,0	0,53	17,0	7,00	66,0	88,0	66,0	2,27	29,0
2,20	24,0	32,0	24,0	1,27	19,0	7,20	81,0	115,0	81,0	1,47	55,0
2,40	17,0	36,0	17,0	0,47	36,0	7,40	66,0	88,0	66,0	2,00	33,0
2,60	32,0	39,0	32,0	0,80	40,0	7,60	68,0	98,0	68,0	2,07	33,0
2,80	24,0	36,0	24,0	1,00	24,0	7,80	71,0	102,0	71,0	3,00	24,0
3,00	28,0	43,0	28,0	0,93	30,0	8,00	99,0	144,0	99,0	1,67	59,0
3,20	32,0	46,0	32,0	0,87	37,0	8,20	71,0	96,0	71,0	1,53	46,0
3,40	58,0	71,0	58,0	1,27	46,0	8,40	58,0	81,0	58,0	2,27	26,0
3,60	42,0	61,0	42,0	1,20	35,0	8,60	62,0	96,0	62,0	0,13	465,0
3,80	36,0	54,0	36,0	1,07	34,0	8,80	130,0	132,0	130,0	2,60	50,0
4,00	26,0	42,0	26,0	1,33	19,0	9,00	84,0	123,0	84,0	1,67	50,0
4,20	26,0	46,0	26,0	0,80	32,0	9,20	69,0	94,0	69,0	1,47	47,0
4,40	24,0	36,0	24,0	1,00	24,0	9,40	60,0	82,0	60,0	1,67	36,0
4,60	27,0	42,0	27,0	0,60	45,0	9,60	70,0	95,0	70,0	1,37	51,0
4,80	42,0	51,0	42,0	1,40	30,0	9,80	68,5	89,0	68,0	1,60	42,0
5,00	29,0	50,0	29,0	1,13	26,0	10,00	81,0	105,0	81,0	-----	-----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35,7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

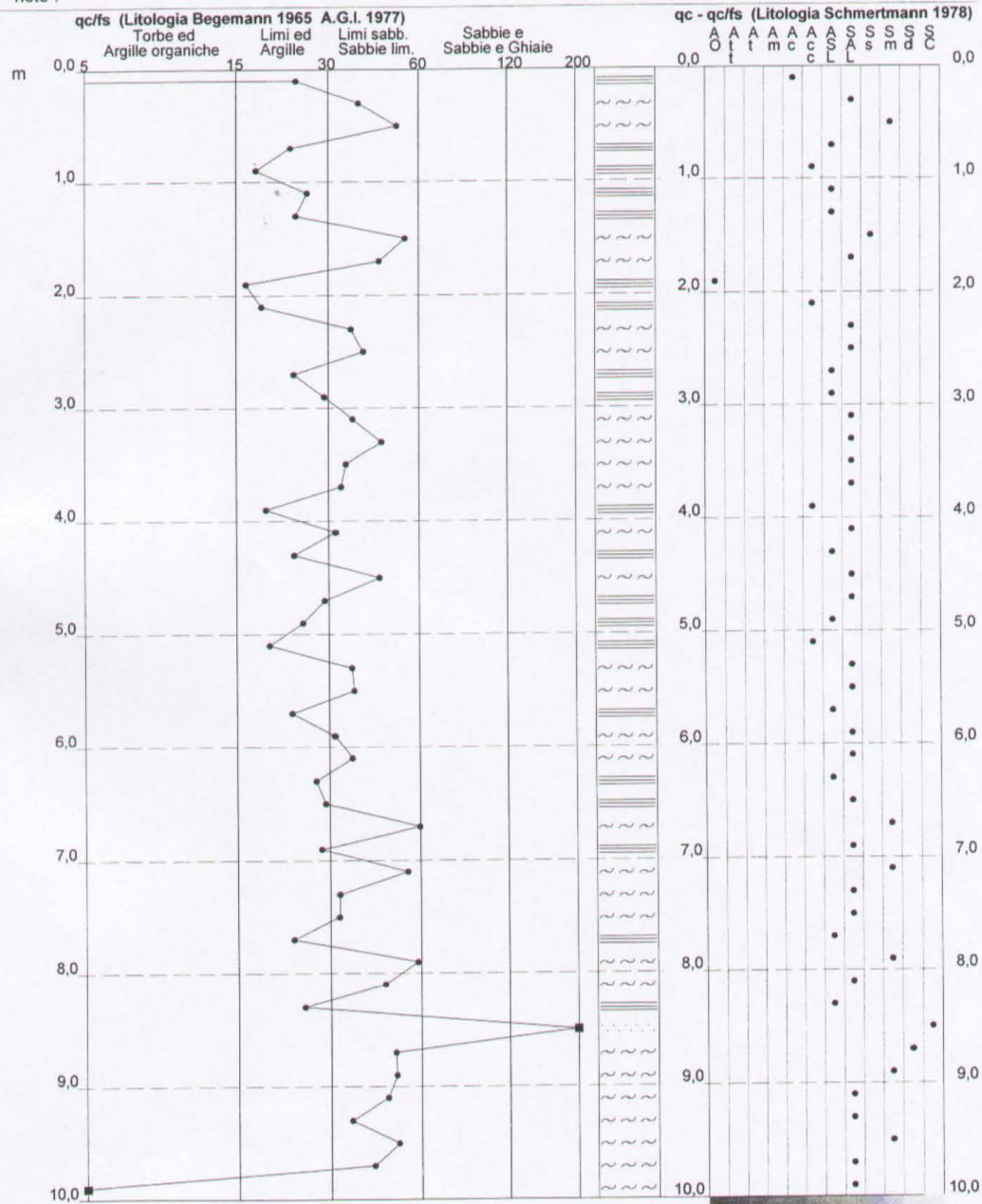
**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

**CPT 1**

2.01PG05-015

- committente : LA PAROLA GIULIA  
- lavoro : REA  
- località : VIA MARCONI  
- note :

- data : 09/10/1902  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 50



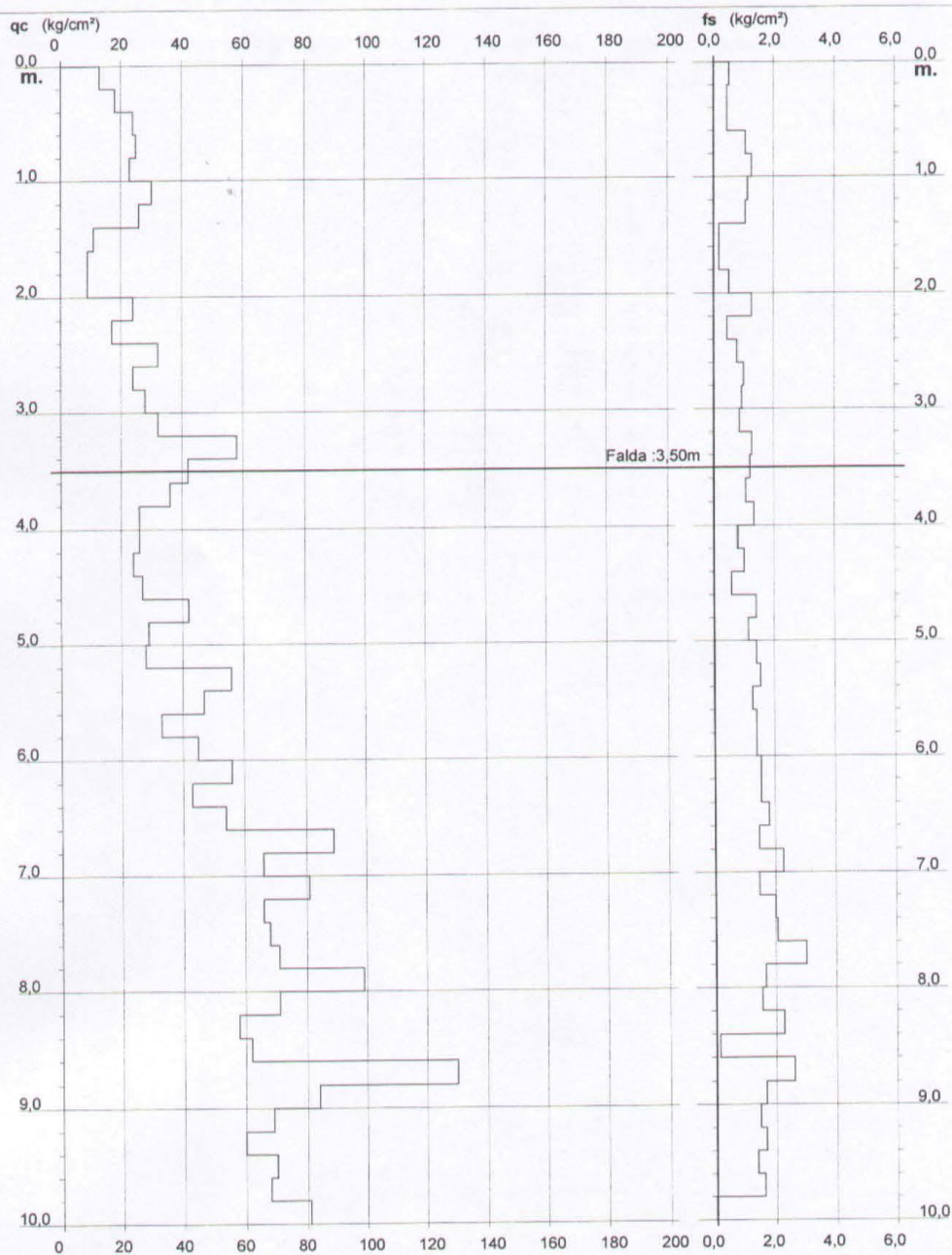
**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 1**

2.01PG05-015

- committente : LA PAROLA GIULIA  
- lavoro : REA  
- località : VIA MARCONI

- data : 09/10/1902  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 50





# **PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT A REA-VIA S. LORENZO 30**

**[7]**

CERTIFICATO N.RO : 41-RE					CANTIERE : REA									
PROF.	QC	RL.	FS.	X	PROF.	QC	RL.	FS.	X	PROF.	QC	RL.	FS.	X
0.00	1	2	0.07	14.29										
0.20	1	2	0.07	14.29										
0.40	1	2	0.07	14.29										
0.60	32	57	1.67	19.16										
0.80	20	37	1.13	17.70										
1.00	14	26	0.80	17.50										
1.20	15	31	1.07	14.02										
1.40	25	34	0.60	41.67										
1.60	31	40	0.60	51.67										
1.80	14	21	0.47	29.79										
2.00	32	42	0.67	47.76										
2.20	31	42	0.73	42.47										
2.40	18	28	0.67	26.87										
2.60	37	46	0.60	61.67										
2.80	27	39	0.80	33.75										
3.00	31	51	1.33	23.31										
3.20	53	60	0.47	112.77										
3.40	56	75	1.27	44.09										
3.60	54	75	1.40	38.57										
3.80	57	77	1.33	42.86										
4.00	44	61	1.13	38.94										
4.20	66	90	1.60	41.25										
4.40	85	107	1.47	57.82										
4.60	71	98	1.80	39.44										
4.80	73	86	0.87	83.91										
5.00	40	61	1.40	28.57										
5.20	35	44	0.60	58.33										
5.40	26	36	0.67	38.81										
5.60	27	34	0.47	57.45										
5.80	39	45	0.40	97.50										
6.00	40	53	0.87	45.98										
6.20	74	98	1.60	46.25										
6.40	74	90	1.07	69.16										
6.60	78	96	1.20	65.00										
6.80	51	69	1.20	42.50										
7.00	38	54	1.07	35.51										
7.20	50	75	1.67	29.94										
7.40	50	72	1.47	34.01										
7.60	59	75	1.07	55.14										
7.80	63	86	1.53	41.18										
8.00	92	123	2.07	44.44										
8.20	84	102	1.20	70.00										
8.40	52	76	1.60	32.50										
8.60	52	80	1.87	27.81										

LEGENDA	: PROF. = PROFONDITA' DI INFISSIONE	n.	FS = RESISTENZA SPECIFICA AL MANICOTTO	daN/cmq
	QC = RESISTENZA SPECIFICA ALLA PUNTA	daN/cmq	X = RAPPORTO QC/FS	%
	RL = RESISTENZA LATERALE LOCALE	daN/cmq		

LITOLOGIA	: T=TORBE	A=ARGILLE	LA=LIMI ARGILLOSI	LS=LIMI SABBIOSI	SL=SABBIE LIMOSE
	S=SABBIE	SG=SABBIE E GHIAIE	AG=COPERTURA SUPERFICIALE		

7

# CPT Cone Penetration Test

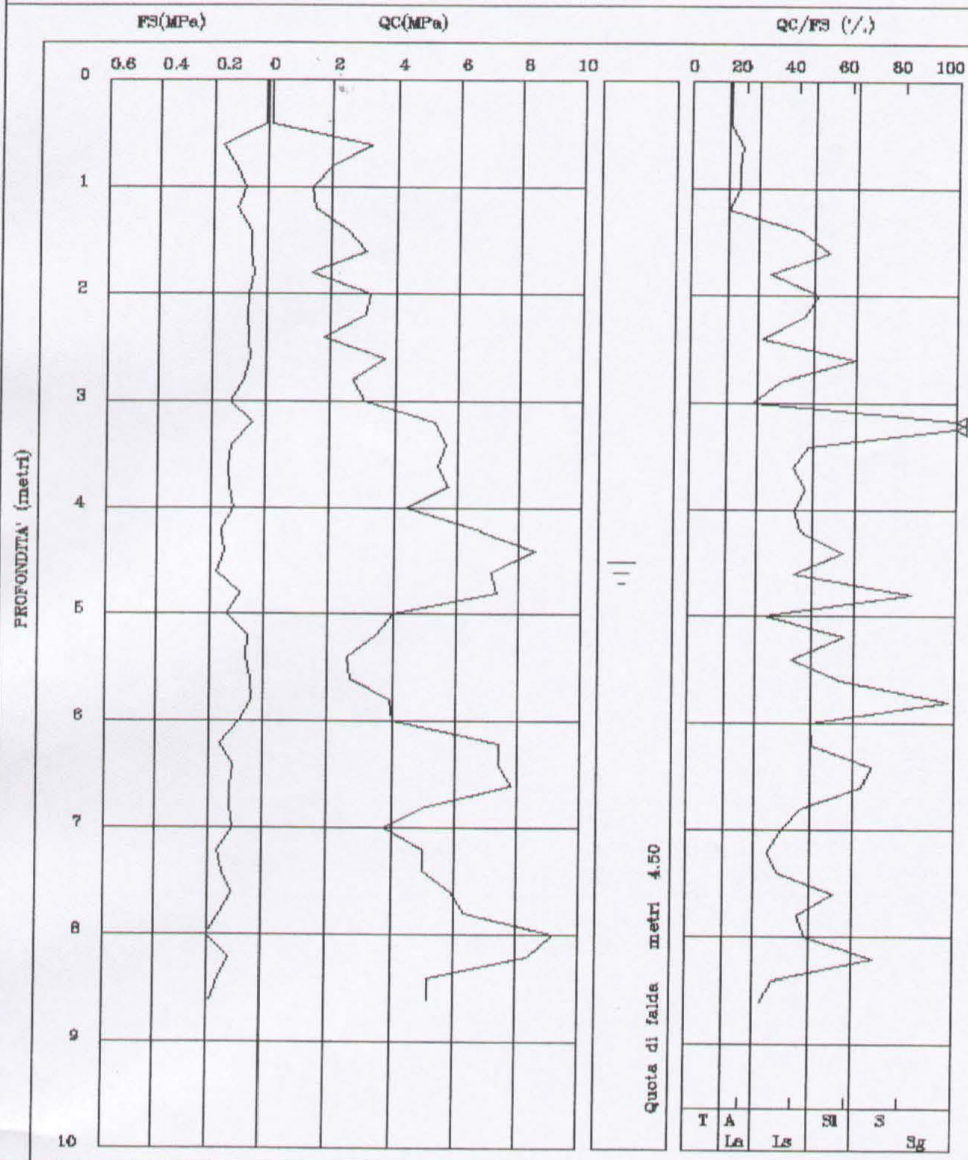
Picchetto n. 1 /

Centiere

KEA

Committente BUSONI GIANNI E BRUNI GIANPIERO

Certif.n. 41-RE  
del 20/07/1998





ARTIFICATO N.RO : 41-RE CANTIERE :REA

QUOTA n.	LITOLOGIA	FALDA n.	Qc daN/cm <sup>2</sup>	NC	ALFA	DENS. REL. %	ANGOLO ATTRITO	GAMMA kN/mc	SIGMA daN/cm <sup>2</sup>	Cu daN/cm <sup>2</sup>	E daN/cm <sup>2</sup>	M daN/cm <sup>2</sup>	QCC daN/cm <sup>2</sup>	TAU/ SIGMA
0.00	LA	-----												
0.30	LA	-----	16	20	1.90			14.0	0.08	0.80	24 / 40	30	16	
0.60	LA	-----												
0.90	LA	-----												
1.20	LA	-----												
1.20	LS	-----												
1.50	LS	-----												
1.80	LS	-----	21		1.90	<20	32	16.0	0.31		31 / 52	40	21	
2.10	LS	-----												
2.40	LS	-----												
2.70	LS	-----												
3.00	LS	-----												
3.00	SL	-----	55		1.90	37	36	17.0	0.54		82 / 137	104	53	0.09
3.30	SL	-----												
3.60	SL	-----												
3.90	SL	-----												
4.00	SL	-----												
4.00	SL	-----	70		1.90	44	37	18.0	0.72		105 / 175	133	61	0.11
4.30	SL	-----												
4.60	SL	4.50												
4.90	SL	-----												
5.00	SL	-----												
5.00	SL	-----	25		1.90	<20	33	16.0	0.89		38 / 63	47	20	0.02
5.30	SL	-----												
5.60	SL	-----												
5.90	SL	-----												
6.00	SL	-----												
6.00	SL	-----	70		1.90	44	37	18.0	1.04		105 / 175	133	51	0.09
6.30	SL	-----												
6.60	SL	-----												
6.80	SL	-----												
6.80	LS	-----												
7.10	LS	-----	60		1.90	39	36	17.0	1.26		90 / 150	114	37	
7.40	LS	-----												
7.70	LS	-----												
8.00	LS	-----												
8.30	LS	-----												
8.60	LS	-----												

T=TORBE - A=ARGILLE - LA=LIMI ARGILLOSI - LS=LIMI SABBIOSI - SL=SABBIE LIMOSE - S=SABBIE - SG=SABBIE/CHIAIE - AG=COPERTURA SUPER.

# **PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT A REA-VIA S. LORENZO 36 [8]**

NOVA PENETROMETRICA STATICA														
CERTIFICATO N.RO : 42-RE					CANTIERE :REA									
PROF.	QC	RL.	FS.	X	PROF.	QC	RL.	FS.	X	PROF.	QC	RL.	FS.	X
0.00	1	2	0.07	14.29										
0.20	1	2	0.07	14.29										
0.40	59	78	1.27	46.46										
0.60	66	76	0.67	98.51										
0.80	49	77	1.87	26.20										
1.00	64	89	1.67	38.32										
1.20	45	63	1.20	37.50										
1.40	28	41	0.87	32.18										
1.60	26	35	0.60	43.33										
1.80	17	23	0.40	42.50										
2.00	16	22	0.40	40.00										
2.20	17	24	0.47	36.17										
2.40	20	24	0.27	74.07										
2.60	23	36	0.87	26.44										
2.80	38	54	1.07	35.51										
3.00	25	51	1.73	14.45										
3.20	28	35	0.47	59.57										
3.40	28	51	1.53	18.30										
3.60	26	47	1.40	18.57										
3.80	48	55	0.47	102.13										
4.00	37	47	0.67	55.22										
4.20	39	57	1.20	32.50										
4.40	45	62	1.13	39.82										
4.60	45	62	1.13	39.82										
4.80	36	53	1.13	31.86										
5.00	20	32	0.80	25.00										
5.20	30	41	0.73	41.10										
5.40	46	56	0.67	68.66										
5.60	54	69	1.00	54.00										
5.80	64	88	1.60	40.00										
6.00	95	103	0.53	179.25										
6.20	59	83	1.60	36.87										
6.40	54	67	0.87	62.07										
6.60	59	65	0.40	147.50										
6.80	68	86	1.20	56.67										
7.00	78	96	1.20	65.00										
7.20	54	78	1.60	33.75										
7.40	63	86	1.53	41.18										
7.60	50	72	1.47	34.01										
7.80	51	69	1.20	42.50										
8.00	62	78	1.07	57.94										
8.20	90	112	1.47	61.22										
8.40	94	119	1.67	56.29										
8.60	98	125	1.80	54.44										

LEGENDA : PROF. = PROFONDITA' DI INFISSIONE				n.	FS = RESISTENZA SPECIFICA AL MANICOTTO		daN/cmq
QC = RESISTENZA SPECIFICA ALLA PUNTA				daN/cmq	X = RAPPORTO QC/FS		%
RL = RESISTENZA LATERALE LOCALE				daN/cmq			

LITOLOGIA : T=TORBE		A=ARGILLE	LA=LIMI ARGILLOSI	LS=LIMI SABBIOSI	SL=SABBIE LIMOSE
S=SABBIE		SG=SABBIE E GHIAIE	AG=COPERTURA SUPERFICIALE		

# CPT Cone Penetration Test

Picchetto n. 1 /

Cantiere

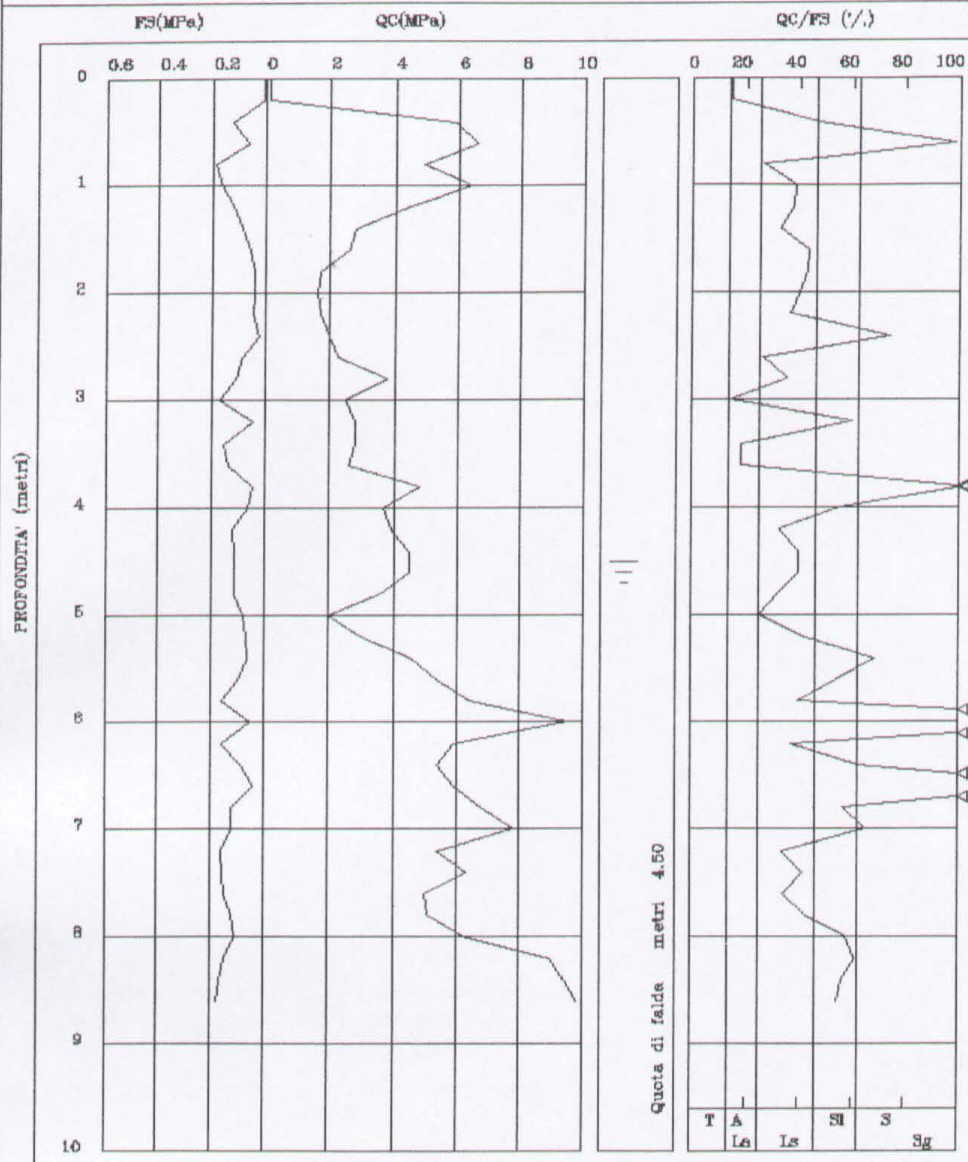
REA

Committente BOVINA SERGIO DANIELE

Certif.n. 42-RE

del 20/07/1998

8





CANTIERE : REA

QUOTA n.	LITOLOGIA	FALDA n.	QCm daN/cmq	NC	ALFA	DENS. REL. %	ANGOLO ATTRITO	GAMMA kN/mc	SIGMA daN/cmq	Cu daN/cmq	E daN/cmq	M daN/cmq	QCC daN/cmq	TAU/ SIGMA
0.00 SL	----		50		1.90	34	35	16.0	0.10		75 / 125	95	50	0.00
0.30 SL	----													
0.60 SL	----													
0.90 SL	----													
1.20 SL	----													
1.20 LS	-----		18		1.90	<20	31	15.0	0.34		27 / 45	34	18	
1.50 LS	-----													
1.80 LS	-----													
2.10 LS	-----													
2.40 LS	-----													
2.70 LS	-----													
3.00 LS	-----													
3.20 LS	-----													
3.20 LS	-----		18		1.90	<20	31	15.0	0.54		27 / 45	34	17	
3.50 LS	-----													
3.80 LS	-----													
3.80 LS	-----		40		1.90	27	34	17.0	0.60		60 / 100	76	37	
4.00 LS	-----													
4.00 SL	----	4.50	60		1.90	39	36	18.0	0.80		90 / 150	114	50	0.09
4.30 SL	----													
4.60 SL	----													
4.90 SL	----													
5.20 SL	----													
5.50 SL	----													
5.80 SL	----													
6.00 SL	----													
6.00 SL	----		60		1.90	39	36	18.0	1.16		90 / 150	114	40	0.05
6.30 SL	----													
6.60 SL	----													
6.90 SL	----													
7.20 SL	----													
7.50 SL	----													
7.80 SL	----													
8.00 SL	----													
8.00 SL	----		60		1.90	39	36	18.0	1.39		90 / 150	114	35	0.04
8.30 SL	----													
8.60 SL	----													

T=TORBE - A=ARGILLE - LA=LIMI ARGILLOSI - LS=LIMI SABBIOSI - SL=SABBIE LIMOSE - S=SABBIE - SG=SABBIE/GHIAIE - AG=COPERTURA SUPER.



**COMUNE DI REA**

PROVINCIA DI PAVIA

---

## **PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO P.G.T.**

**REVISIONE GENERALE 2024-2025**

### **PIANO DELLE REGOLE**

PROGETTAZIONE

**STUDIO MOSSOLANI**

Via Della Pace, 14 – 27045 Casteggio (PV)

**Dott. Arch. Mario MOSSOLANI – Dott. Ing. Marcello MOSSOLANI**

#### **COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

*L.R. 12/2015 – DGR IX/2616/2011*

#### **AGGIORNAMENTO ED ADEGUAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA AL PIANO DI GESTIONE DEI RISCHI ALLUVIONALI “PGRA” E ALLA RICLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE**

*DGR X/6738/2017 – DGR X/2129/2014*

---

#### **ALLEGATO 2**

**REPORT INDAGINI SISMICHE MASW E HVSR**

---

**Dott. Geologo Giorgio NEGRINI**

Iscrizione Ordine Geologi della Lombardia n°585/AP

e-mail [giorgio@negriniconsulting.it](mailto:giorgio@negriniconsulting.it) – PEC [giorgio.negrini@pec.epap.it](mailto:giorgio.negrini@pec.epap.it)

**Dott. Geologo Stefania BRANCHI**

Iscrizione Ordine Geologi della Lombardia n°1007/AP

e-mail [branchi.stefania@gmail.com](mailto:branchi.stefania@gmail.com) – PEC [stefaniabbranchigeol@pec.epap.it](mailto:stefaniabbranchigeol@pec.epap.it)

---





## INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. INDAGINI DI SISMICA ATTIVA MASW .....	1
2.1    Masw 2024.....	3
2.2    Masw 2022.....	7
3. INDAGINI DI SISMICA PASSIVA HVSR.....	11
3.1-Prova HVSR 1 .....	12
3.2-Prova HVSR 2 .....	16
3.3-Prova HVSR 3 .....	19
3.4-Prova HVSR 4 .....	22
3.5-Prova HVSR 5 .....	25
3.6-Prova HVSR 6 .....	29

---



## 1. PREMESSA

Il rapporto illustra e commenta l'indagine geofisica eseguita nel territorio comunale di Rea (PV) a supporto dell'adeguamento della componente sismica del PGT comunale. L'indagine sismica è stata finalizzata sia alla determinazione della categoria del sottosuolo di fondazione ai sensi della NTC 2018, che alla valutazione della frequenza di vibrazione fondamentale del sito, dalla quale è stato poi ricavato il periodo proprio di vibrazione T del sito necessario per l'approfondimento sismico di 2° livello. In particolare nell'ambito del presente studio sono state eseguite le seguenti indagini sismiche:

- n.1 prova sismica Masw indicata con codice identificativo **MASW 2024**
- n.6 prove sismiche HVSR indicate con codice identificativo **HVSR1-HVSR6**

E' stata inoltre utilizzata la prova sismica MASW pregressa eseguita dal Geologo Marco Sala nell'abitato di Rea in Via Oreste Colombi, 2 identificata con il codice **MASW 2022**. Le suddette indagini sono visualizzate nella Tav.6-*Carta della pericolosità sismica locale con ubicazione indagini sismiche-I° livello*. Nei paragrafi successivi vengono descritte le modalità esecutive e i risultati delle suddette indagini, mentre nella tabella sottostante se ne riporta l'elenco e l'ubicazione.

Indagini sismiche MASW	
<u>Tipologia indagine</u>	<u>Ubicazione</u>
MAEW 2022	Via Oreste Colombi, 2
MASW 2024	Piazza Busoni, 4-Municipio e scuola materna
Indagini sismiche HVSR	
<u>Tipologia indagine</u>	<u>Ubicazione</u>
HVSR1	Zona a nord est di Rea-Strada per Imbarcadero
HVSR2	Via S. Lorenzo
HVSR3	Zona a nord di Case Sparse in prossimità del Fosso
HVSR4	Zona ad est di Rea in prossimità della S.P.187
HVSR5	Via Marconi 61-47
HVSR6	Via case Sparse, 2

## 2. INDAGINI DI SISMICA ATTIVA MASW

Il metodo MASW è una tecnica di indagine attiva non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.



Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi. Le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate lungo uno stendimento lineare di sensori. Il metodo consente generalmente, di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente, nel range di frequenze compreso tra 5 Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 20÷30 m, in funzione della rigidità del suolo. L'elaborazione dei dati con il metodo Masw prevede tre fasi di lavoro:

- 1. la prima fase prevede il calcolo dello spettro di velocità di fase apparente relativo ai sismogrammi registrati*
- 2. la seconda fase consiste nell'estrapolare dallo spettro di velocità, la curva di dispersione sperimentale,*
- 3. la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$  (o in maniera alternativa alle velocità  $V_p$  è possibile assegnare il coefficiente di Poisson  $\nu$ ), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica corrispondente al modello di suolo assegnato.*

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore  $h$  e la velocità  $V_s$  degli strati. Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità  $V_s$  e degli spessori  $h$ , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale.



Nella procedura automatica la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio Vs e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Nei successivi paragrafi vengono descritte le modalità esecutive e i risultati delle due prove Masw eseguite nel territorio comunale di Rea.

## 2.1 Masw 2024

Lo stendimento è stato eseguito in corrispondenza del municipio e del cortile della scuola materna di Rea nel punto avente le seguenti coordinate WGS84 UTM 32 rilevate al centro dello stendimento (cfr. Fig.1 e Foto 1):

Latitudine: 4995803.73 N

Longitudine: 512148.61 E

Fig.1-Ubicazione prova sismica Masw 2024







*Foto 1-Ubicazione prova sismica Masw 2024*



E' stata realizzata una stesa sismica di lunghezza pari a 60.0 metri con distanza intergeofonica pari a 5 m. L'energizzazione del terreno (sorgente di energia), per la lettura dei tempi di arrivo delle onde Superficiali (Rayleigh), è stata ottenuta impiegando una mazza battente da 10 kg in senso verticale su di una piastra in lega di alluminio aderente al suolo. L'energizzazione è stata effettuata agli estremi dello stendimento ad una distanza di 5 m ed è stata eseguita più volte per garantire l'apprezzabilità dei segnali raccolti dal sistema di acquisizione dati.

Si riporta di seguito il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione, filtrato di eventuali disturbi di fondo, scelto per la modellazione (*cfr.* Fig. 2).

L'elaborazione del sismogramma ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione (*cfr.* Fig. 3) che consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.





Fig.2-Sisimogramma ZVF (onde di Rayleigh) Masw 2024

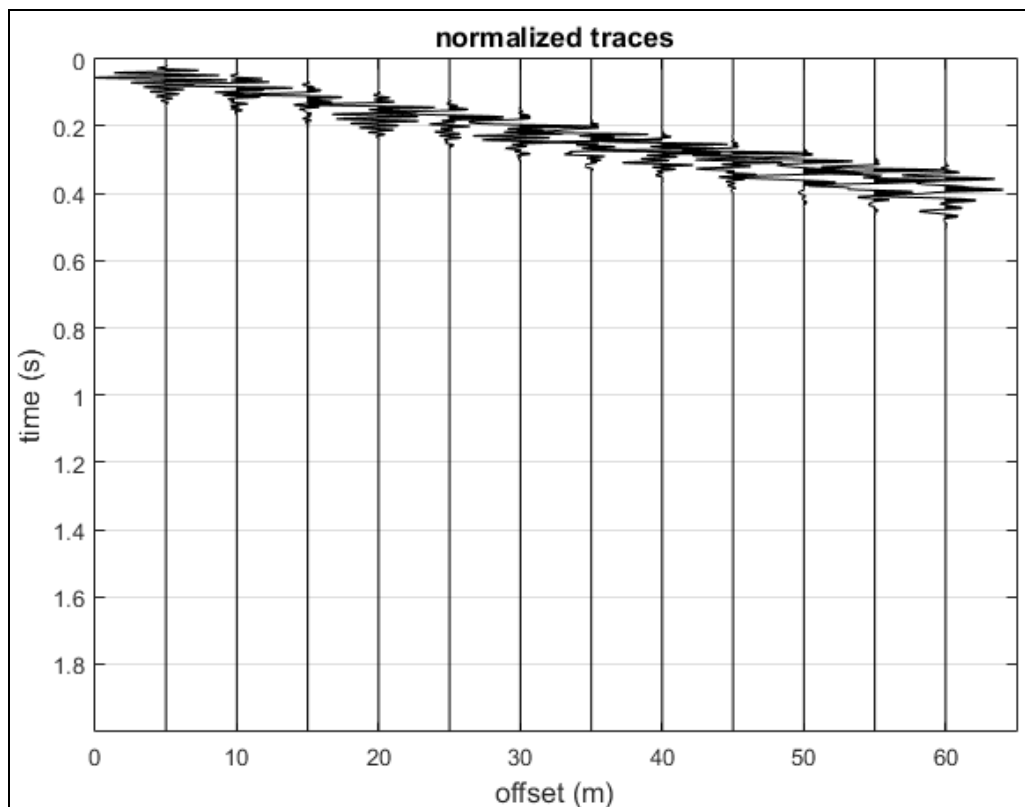
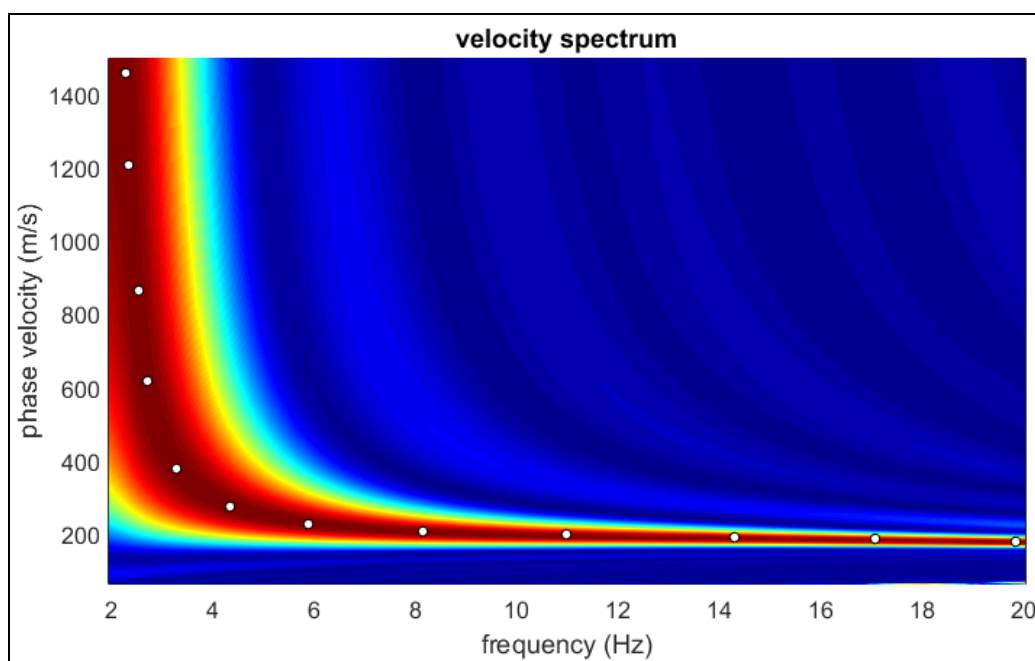


Fig.3-Spettro di velocità stesa sismica Masw 2024 con picking

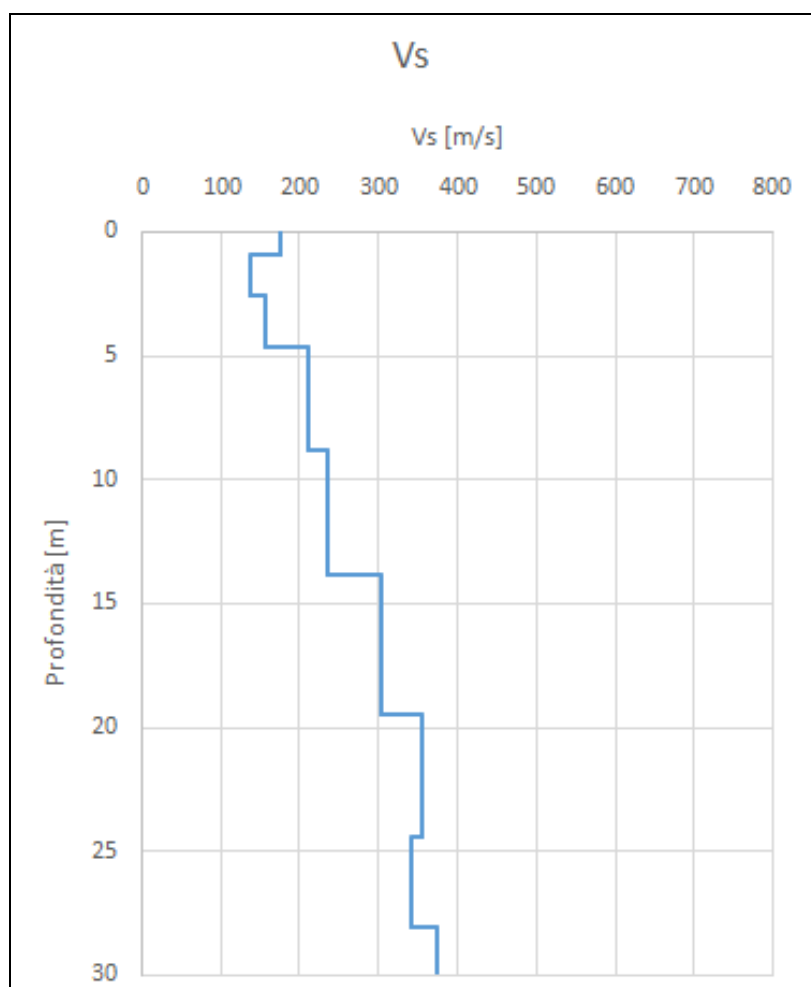




Dall'inversione della curva di dispersione si è ottenuta la ricostruzione del sottosuolo in orizzonti aventi differenti spessori e valori di velocità, come indicato nella tabella seguente e nel grafico di Fig.4.

MASW 2024-Stratigrafia sismica		
Spessore (m)	Profondità (m)	V <sub>s</sub> (m/sec)
0.90	0.0-0.90	<b>174</b>
1.70	0.90-2.60	<b>136</b>
2.10	2.60-4.70	<b>156</b>
4.10	4.70-8.80	<b>210</b>
5.10	8.80-13.90	<b>236</b>
5.60	13.90-19.50	<b>304</b>
4.90	19.50-24.40	<b>356</b>
3.70	24.40-28.10	<b>341</b>
1.90	28.10-30.00	<b>374</b>

Fig.4-Diagramma profilo di velocità Vs del sito





Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.2018 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2.11 (fig. 12) definite in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,eq}$  corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30m la velocità equivalente  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30 m. L'espressione per la determinazione della velocità equivalente  $V_{s,eq}$  è la seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, N il numero di strati ed H la profondità del substrato. Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita, valori delle  $V_{s,eq}$  corrispondenti alle  $V_{s,30}$  (il substrato sismico non è stato individuato nei primi 30 m di profondità) pari a **249.20 m/s**, riferiti all'attuale piano campagna; il terreno è pertanto classificabile in **categoria C** "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*".

## 2.2 MASW 2022

Lo stendimento è stato eseguito in via Oreste Colombi 2 nel punto avente le seguenti coordinate WGS84 UTM 32 rilevate al centro dello stendimento (cfr. Fig.5 e Foto 2):

Latitudine: 4995314.86 N

Longitudine: 512081.05 E

E' stata realizzata una stesa sismica di lunghezza pari a 48 m con distanza intergeofonica pari a 4 m. L'energizzazione del terreno (sorgente di energia), per la lettura dei tempi di arrivo delle onde Superficiali (Rayleigh), è stata ottenuta impiegando una mazza battente da 10 kg in senso verticale su di una piastra in lega di alluminio aderente al suolo. L'energizzazione è stata effettuata agli estremi dello stendimento ad una distanza di 4 m ed è stata eseguita più volte per garantire l'apprezzabilità dei segnali raccolti dal sistema di acquisizione dati.



COMUNE DI REA (PV)

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO – PIANO DELLE REGOLE

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

REPORT INDAGINI SISMICHE MASW E HVSR

Fig.5-Ubicazione prova sismica Masw 2022



Foto 2-Ubicazione prova sismica Masw 2022







Si riporta di seguito il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione, filtrato di eventuali disturbi di fondo, scelto per la modellazione (*cfr.* Fig. 6). L'elaborazione del sismogramma ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione (*cfr.* Fig.7) che consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

Fig.6-Sisimogramma ZVF (onde di Rayleigh) Masw 2022

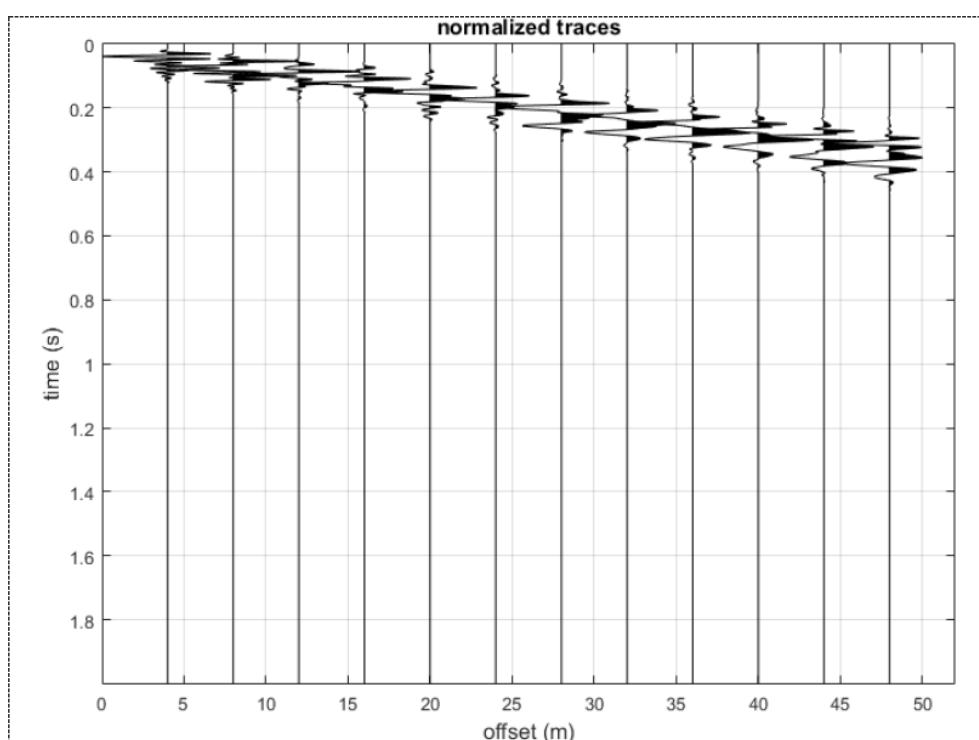
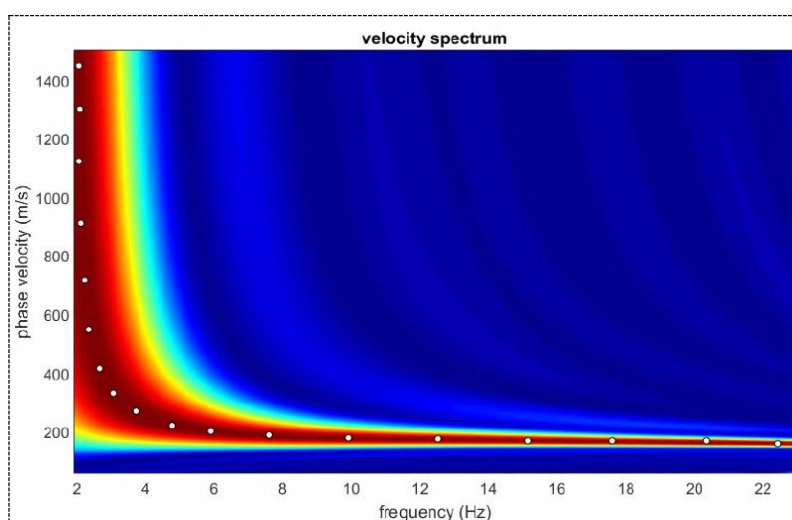


Fig.7-Spettro di velocità stesa sismica Masw 2022 con picking

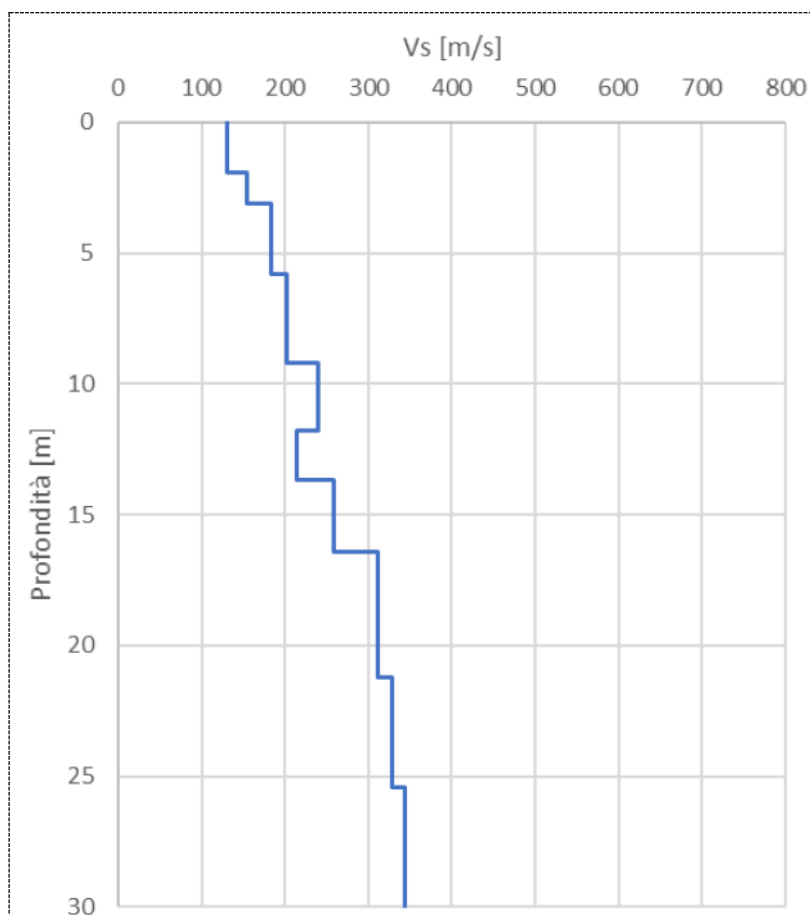




Dall'inversione della curva di dispersione si è ottenuta la ricostruzione del sottosuolo in orizzonti aventi differenti spessori e valori di velocità, come indicato nella tabella seguente e nel grafico di Fig.8.

MASW 2022-Stratigrafia sismica		
Spessore (m)	Profondità (m)	Vs (m/sec)
1.90	0.00-1.90	<b>131</b>
1.20	1.90-3.10	<b>154</b>
2.70	3.10-5.80	<b>183</b>
3.40	5.80-9.20	<b>202</b>
2.60	9.20-11.80	<b>240</b>
1.90	11.80-13.70	<b>214</b>
2.70	13.70-16.40	<b>259</b>
4.80	16.40-21.20	<b>311</b>
4.20	21.20-25.40	<b>328</b>
4.60	25.40-30.00	<b>343</b>

Fig.8-Diagramma profilo di velocità Vs del sito





Dall'elaborazione del profilo sismico del sito è stata calcolata la  $V_{s,eq}$  corrispondente alla  $V_{s,30}$  (il substrato sismico non è stato individuato nei primi 30 m di profondità) pari a **238.72 m/s**, riferita all'attuale piano campagna; il terreno del sito in esame è pertanto classificabile in **categoria C** *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*.

### **3. INDAGINI DI SISMICA PASSIVA HVSR**

Per la verifica sismica di 2° livello sono state eseguite sei prove sismiche con metodo dei rapporti spettrali a stazione singola HVSR-*Horizontal to Vertical Spectral Ratio* o metodo di Nakamura, finalizzate alla valutazione della frequenza di vibrazione fondamentale del terreno propria del sito e da questa alla stima del periodo T di risonanza.

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) è largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico, quali il Giappone, per la stima degli effetti di amplificazione di sito. Le vibrazioni ambientali (o rumore sismico ambientale o microtremore) sono movimenti del terreno caratterizzati da ampiezze dell'ordine di  $10^{-4}$ ÷ $10^{-2}$  mm. Queste vibrazioni sono l'effetto di una molteplicità di sorgenti agenti a diverse frequenze: onde marine e perturbazioni atmosferiche, ad esempio, contribuiscono al campo d'onda prevalentemente a frequenze inferiori a 0.5 Hz, mentre vento, traffico veicolare e attività industriali contribuiscono prevalentemente a frequenze superiori a 0.5 Hz.

L'indipendenza dinamica delle sorgenti e la molteplicità dei percorsi delle onde da esse generate spiega la mancanza di regolarità nell'andamento temporale del campo del microtremore. Se da un lato il carattere stocastico del fenomeno presenta difficoltà di tipo teorico, dall'altro consente, mediante operazioni di tipo statistico, di ridurre la complessità dell'analisi. Dato che il rumore è caratterizzato da lunghezze d'onda anche molto grandi (decine o centinaia di metri), confrontabili con quelle tipiche dei fenomeni sismici, le tecniche di sismica passiva trovano un'ideale applicazione negli studi della risposta sismica locale. In particolare esse permettono di individuare situazioni sismo-stratigrafiche potenzialmente responsabili di fenomeni di risonanza sismica, valutandone qualitativamente l'entità, la determinazione dei periodi di risonanza delle coperture sedimentarie e la determinazione del profilo di velocità delle onde S fino a profondità dell'ordine di diverse decine di metri.



Esistono sostanzialmente due configurazioni sperimentali per lo studio del rumore sismico: la configurazione a stazione singola e quella ad antenna sismica (array). La prima è basata sull'analisi dell'ampiezza delle componenti spettrali del campo di vibrazioni ambientali misurato nelle tre direzioni dello spazio, mentre nella seconda vengono analizzati i rapporti di fase tra i treni d'onda che attraversano un'antenna sismica (array) ovvero una distribuzione di sensori disposti con geometrie variabili sulla superficie del terreno. Le prove effettuate sono a stazione singola, nota anche come prova Nakamura (1989) o HVSR. Il risultato di questa prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

La prova HVSR consiste nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti. Pertanto questa prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni.

Per l'esecuzione delle prove HVSR è stato utilizzato un tromografo marca AMBROGEO modello Echo Tromo Hvsr 3. Le registrazioni hanno avuto una lunghezza di circa 20 m. Di seguito sono riportate l'ubicazione e le risultanze delle sei prove HVSR eseguite tramite le seguenti figure:

- segnale acquisito
- continuità del segnale HVSR durante l'acquisizione (diagramma frequenza vs tempo)
- diagramma del segnale HVSR nel dominio delle frequenze
- diagramma della direzionalità del rapporto H/V inerente alla direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale
- riepilogo delle grandezze d'interesse

### **3.1-Prova HVSR 1**

La prova è stata eseguita nella zona a nord-est dell'abitato di Rea in prossimità della strada per l'Imbarcadero, nel punto avente le seguenti coordinate geografiche (cfr. Fig.9 e Foto 3):

Latitudine: 4996686.00 N

Longitudine: 512566.00 E





COMUNE DI REA (PV)

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO – PIANO DELLE REGOLE

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

REPORT INDAGINI SISMICHE MASW E HVSr

Fig.9-Ubicazione prova HVSr 1



Foto 3-Ubicazione prova HVSr 1





## **DATA PROCESSING**

Sampling frequency (Hz): 64 Window

length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [5 cycles]: 0.25Hz Length of analysed dataset (min): 24.8

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

## **SESAME CRITERIA**

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0 Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 0.5 ( $\pm 1.9$ ) Peak

HVSR value: 2.3 ( $\pm 0.6$ )

## **CRITERIA FOR A RELIABLE H/V CURVE**

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]:  $0.500 > 0.5$  (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]:  $1431 > 200$  (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

## **CRITERIA FOR A CLEAR H/V PEAK (AT LEAST 5 SHOULD BE FULFILLED)**

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: (NO)

#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, (considering standard deviations) at frequency Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]:  $2.3 > 2$  (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f)] \approx \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]:  $1.877 > 0.075$  (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]:  $6.577 < 2$  (NO)

Fig.10-Segnale acquisito

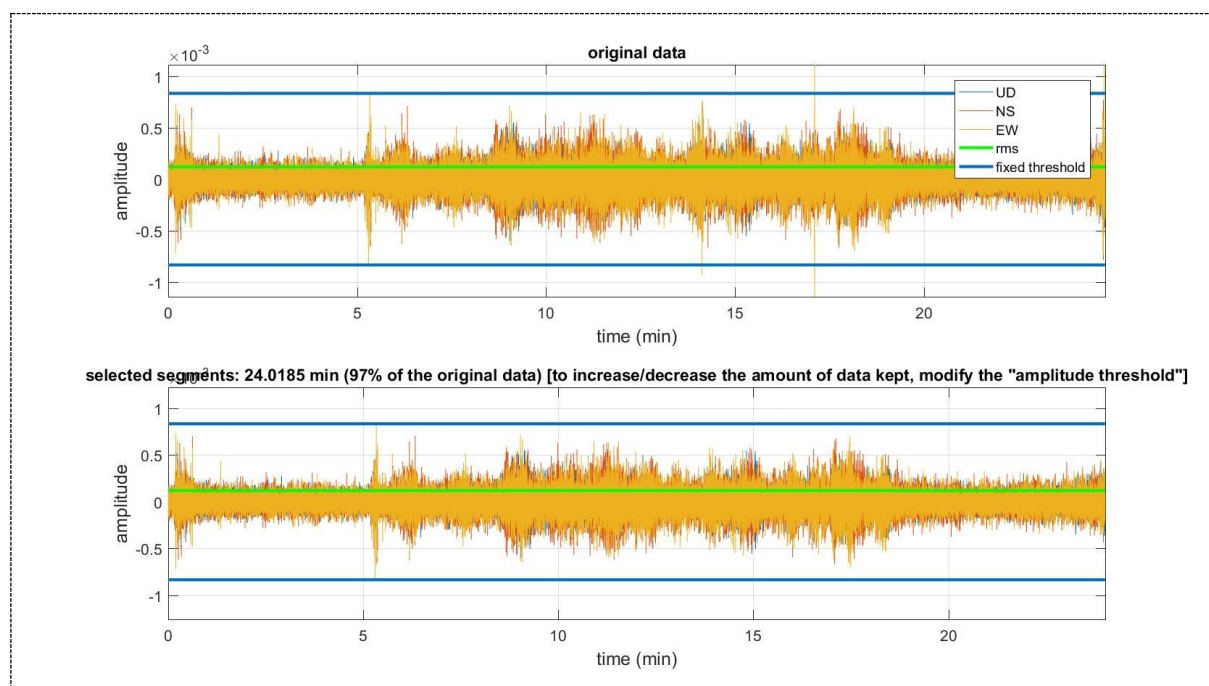






Fig.11-Continuità del segnale HVSR durante l'acquisizione (diagramma frequenza-tempo)

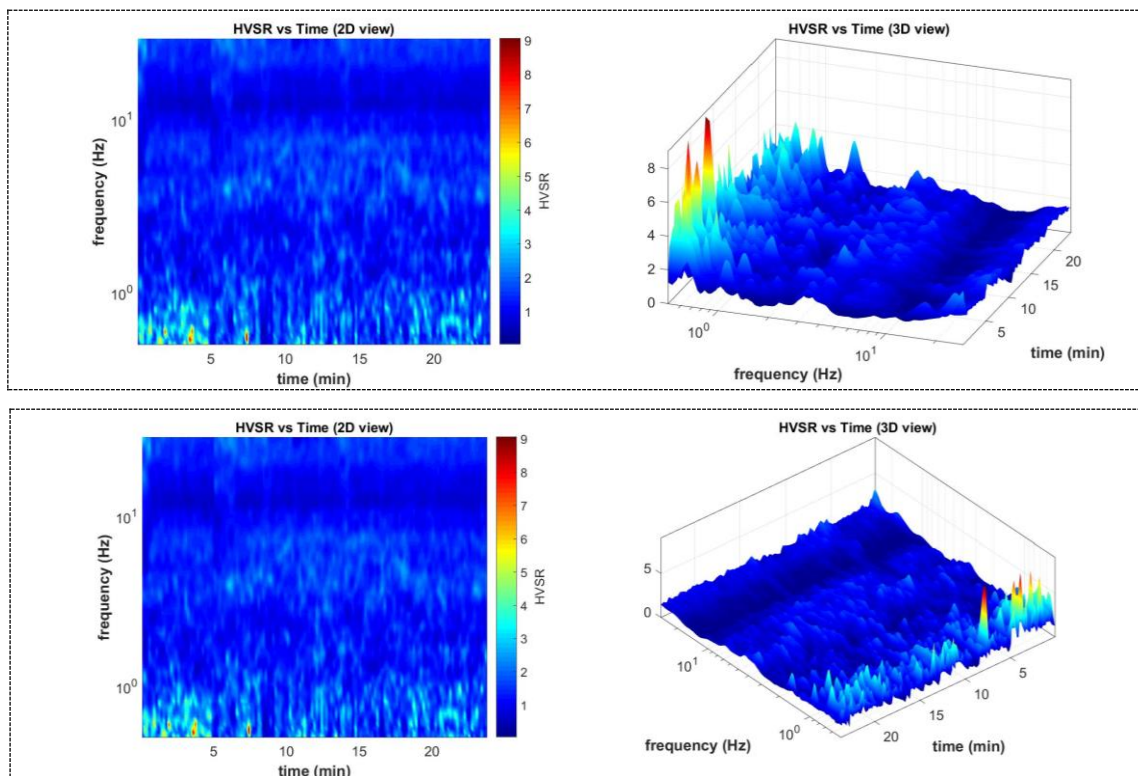
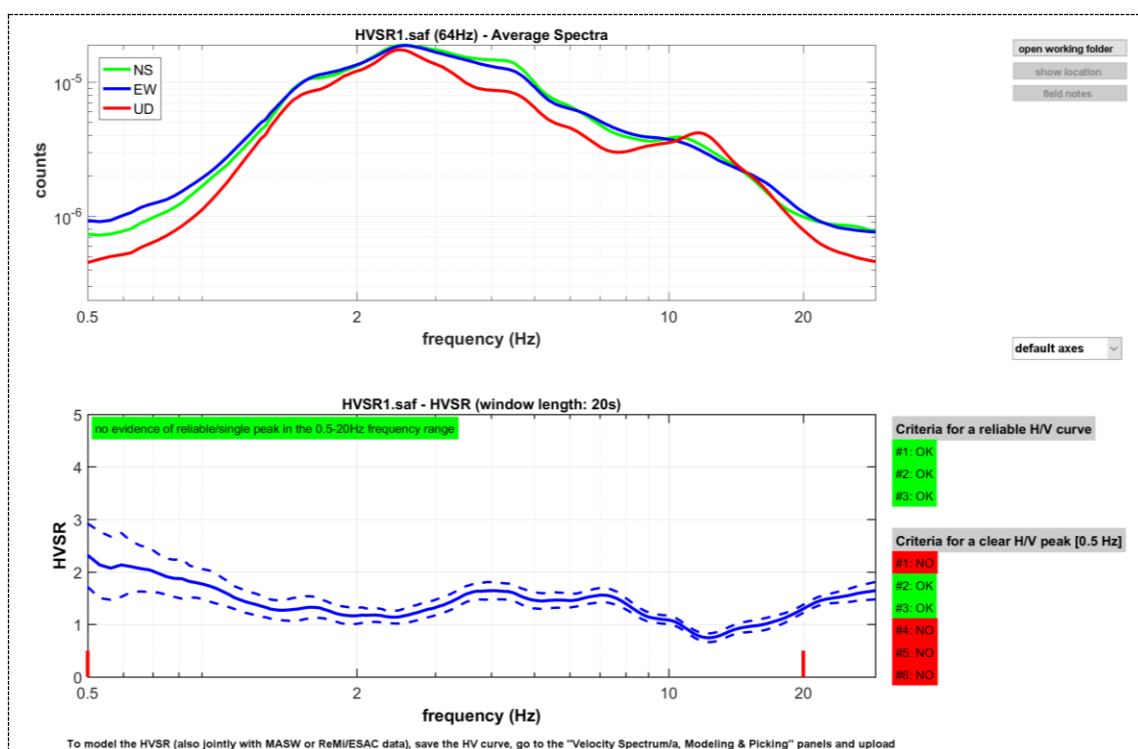
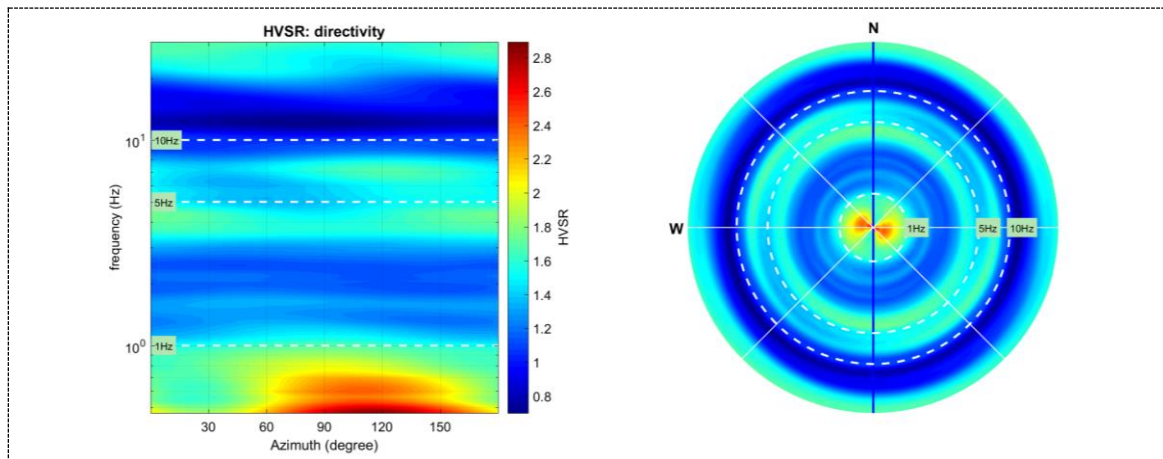


Fig.12-Diagramma degli spettri medi delle tre componenti V, N, E (in alto) e diagramma del segnale HVSR nel dominio delle frequenze (in basso)





*Fig.13-Diagramma della direzionalità del rapporto H/V inerente alla direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale*



### 3.2-Prova HVSR 2

La prova è stata eseguita nella zona a ovest dell'abitato di Rea in via S. Lorenzo nel punto avente le seguenti coordinate geografiche (cfr. Fig.14):

Latitudine: 4995622.00 N

Longitudine: 511936.00 E

*Fig.14-Ubicazione prova HVSR 2*





## DATA PROCESSING

Sampling frequency (Hz): 250

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [5 cycles]: 0.25 Hz

Length of analysed dataset (min): 30.0

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

## SESAME CRITERIA

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 0.7 ( $\pm 1.9$ )

HVSR value: 1.8 ( $\pm 0.4$ )

## CRITERIA FOR A RELIABLE H/V CURVE

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]:  $0.702 > 0.5$  (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]:  $2233 > 200$  (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

## CRITERIA FOR A CLEAR H/V PEAK (AT LEAST 5 SHOULD BE FULFILLED)

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, (considering standard deviations) at frequency 0.2 Hz (OK)

#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, (considering standard deviations) at frequency Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]:  $1.8 < 2$  (NO)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f)] \approx \sigma_A(f)] = f_0 \approx 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)$ ]:  $1.897 > 0.105$  (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]:  $2.492 < 2$  (NO)

Fig.15-Segnale acquisito

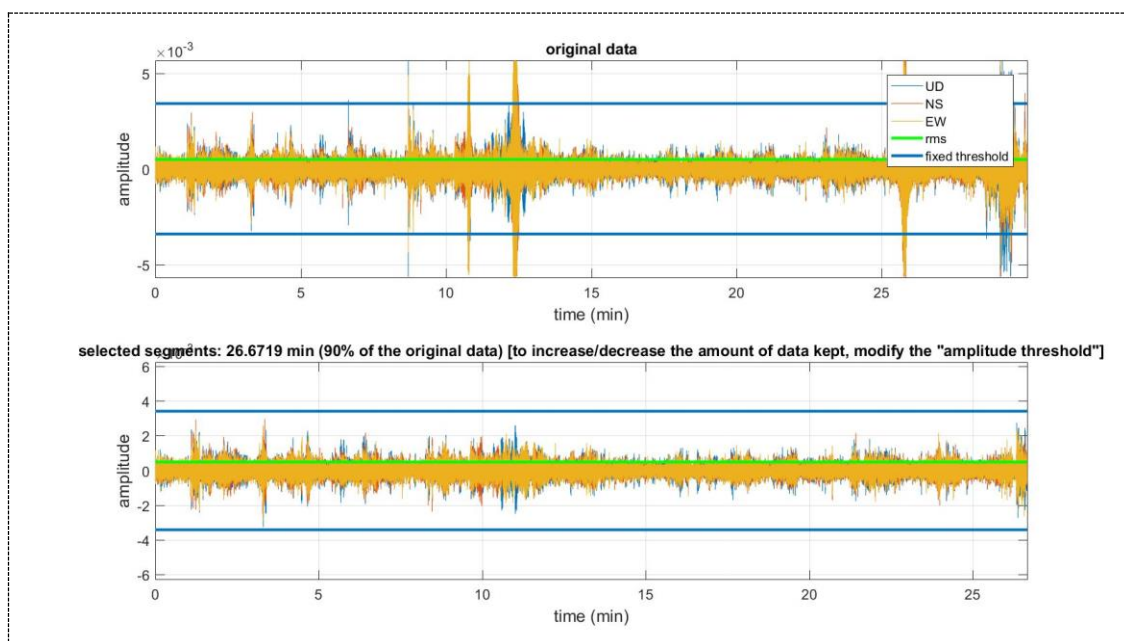






Fig.16-Continuità del segnale Hvsr durante l'acquisizione (diagramma frequenza-tempo)

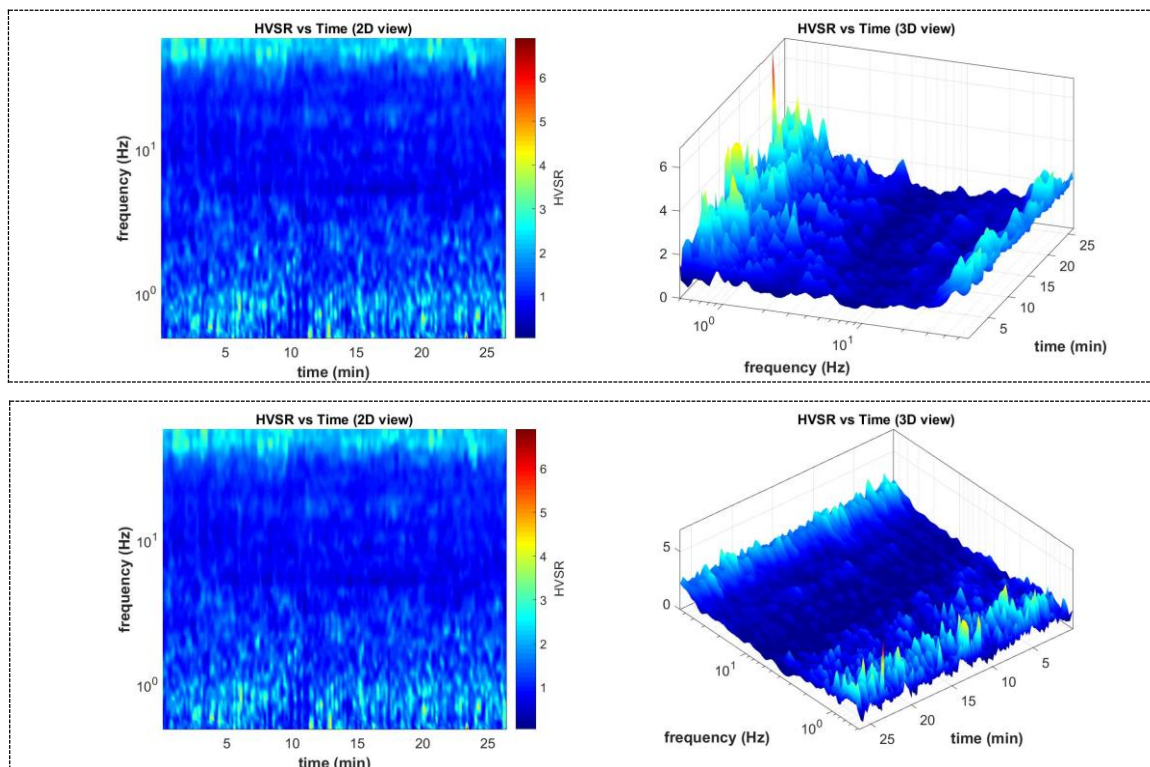


Fig.17-Diagramma degli spettri medi delle tre componenti V, N, E (in alto) e diagramma del segnale HVSR nel dominio delle frequenze (in basso)

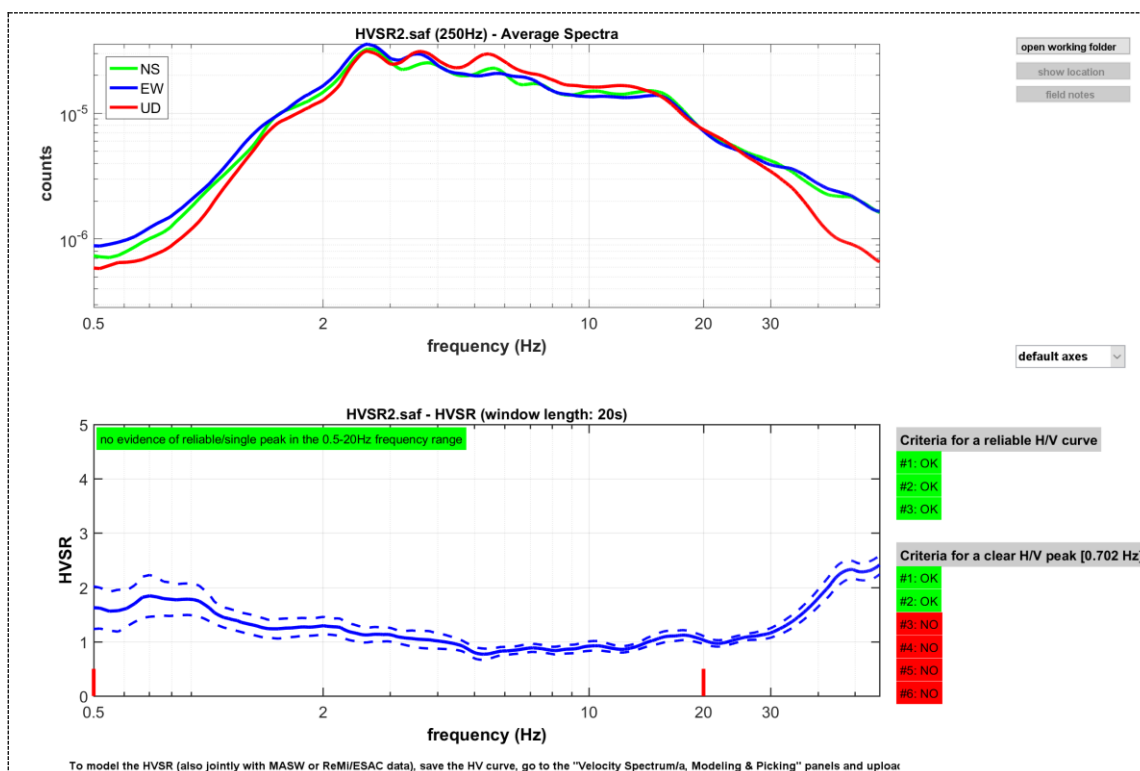
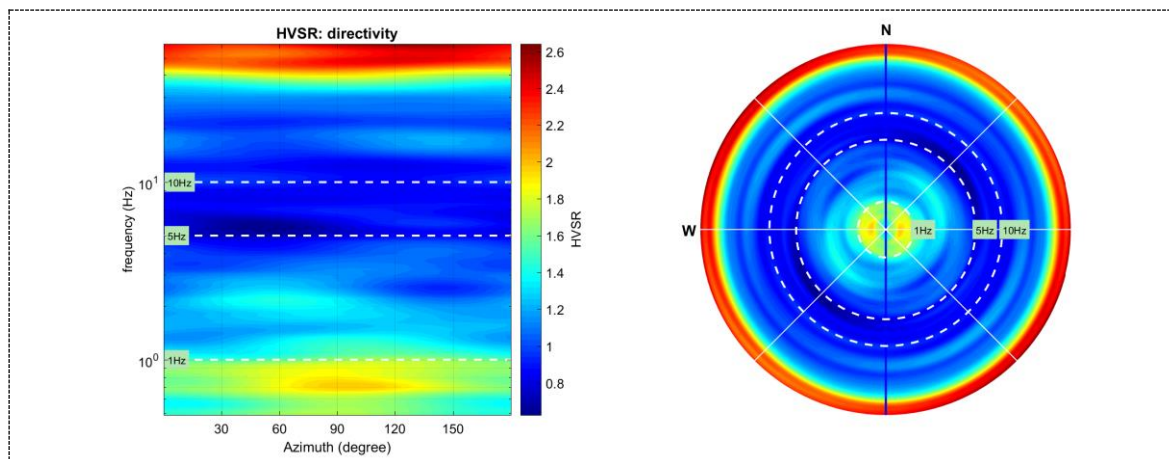




Fig.18-Diagramma della direzionalità del rapporto H/V inerente alla direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale



### 3.3-Prova HVSR 3

La prova è stata eseguita nella zona a nord di Case Sparse nel punto avente le seguenti coordinate geografiche (cfr. Fig.19):

Latitudine: 4995437.00 N

Longitudine: 511552.00 E

Fig.19-Ubicazione prova HVSR 3





## DATA PROCESSING

Sampling frequency (Hz): 64

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [5 cycles]: 0.25 Hz

Length of analysed dataset (min): 26.5

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

## SESAME CRITERIA

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 0.9 ( $\pm 2.3$ )

HVSR value: 1.9 ( $\pm 0.3$ )

## CRITERIA FOR A RELIABLE H/V CURVE

#1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]:  $0.907 > 0.5$  (OK)

#2. [ $n_c > 200$ ]:  $2812 > 200$  (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

## CRITERIA FOR A CLEAR H/V PEAK (AT LEAST 5 SHOULD BE FULFILLED)

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, (considering standard deviations) at frequency 0.3 Hz (OK)

#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, (considering standard deviations) at frequency Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]:  $1.9 < 2$  (NO)

#4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f)] \approx \sigma_A(f)] = f_0 \approx 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]:  $2.334 > 0.136$  (OK)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]:  $0.870 < 2$  (OK)

Fig.20-Segnale acquisito

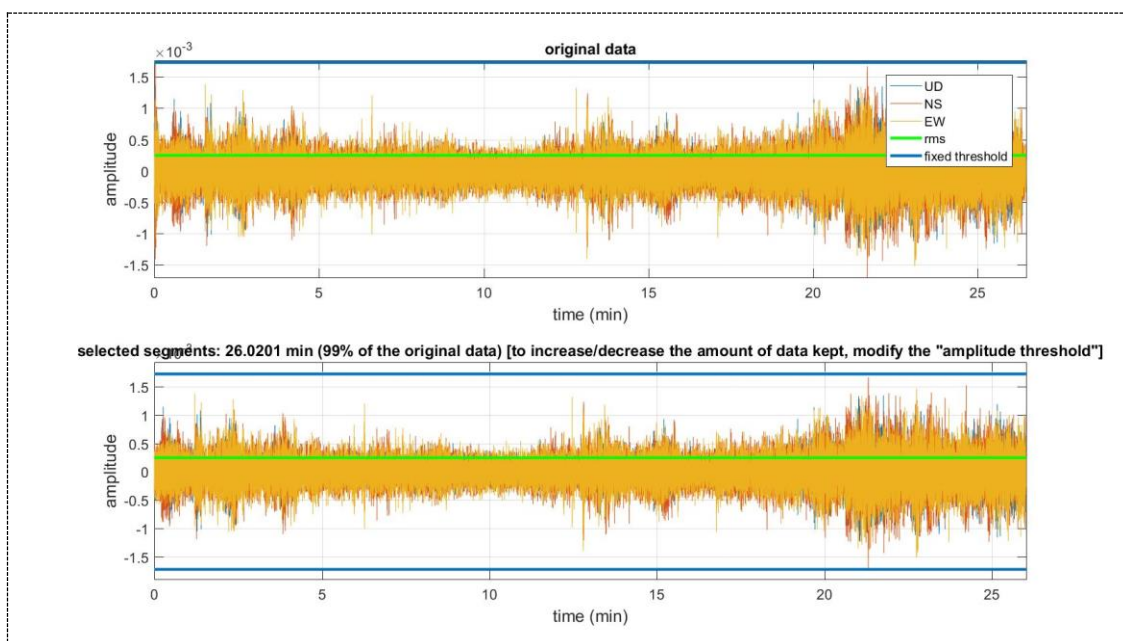






Fig.21-Continuità del segnale HVSR durante l'acquisizione (diagramma frequenza-tempo)

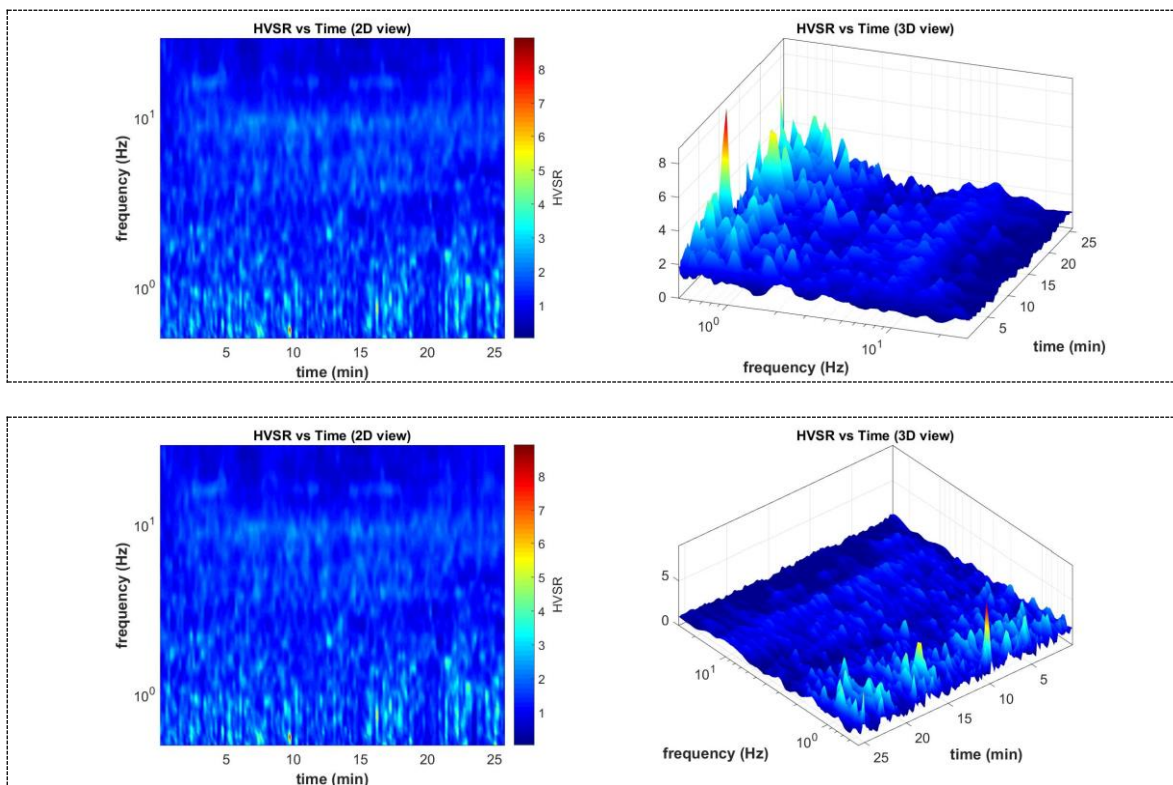
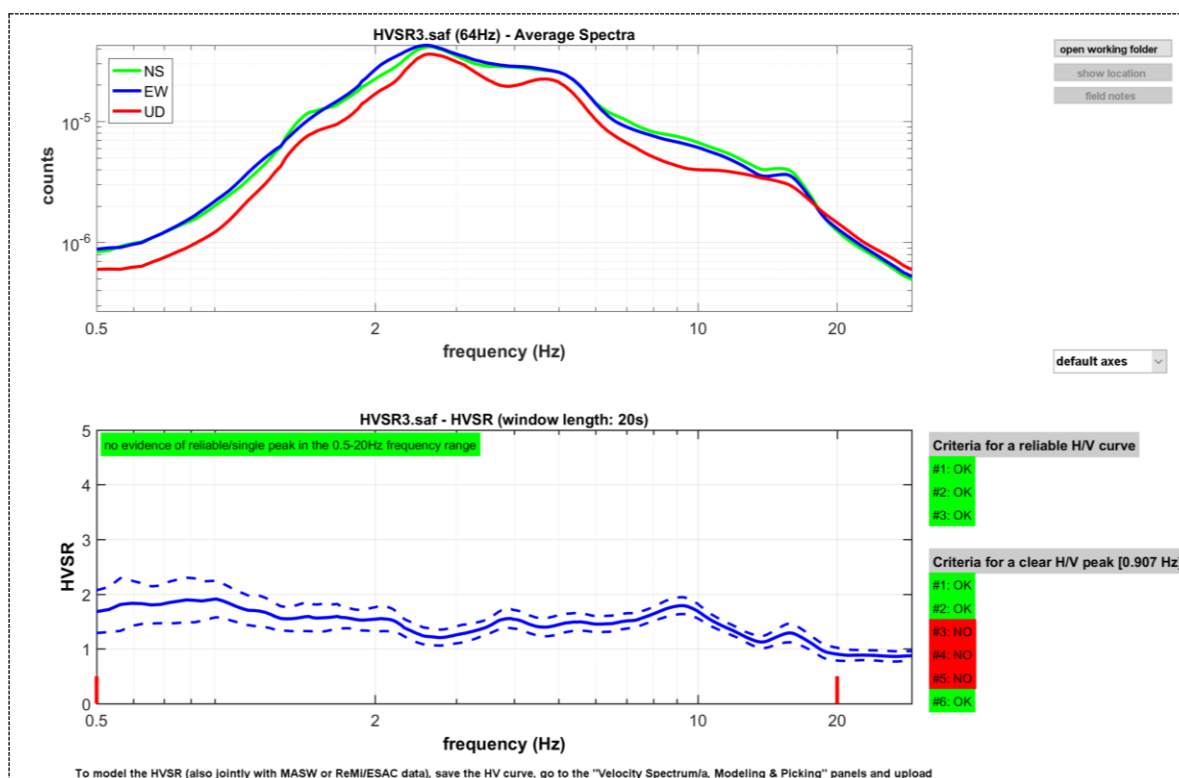


Fig.22-Diagramma degli spettri medi delle tre componenti V, N, E (in alto) e diagramma del segnale HVSR nel dominio delle frequenze (in basso)





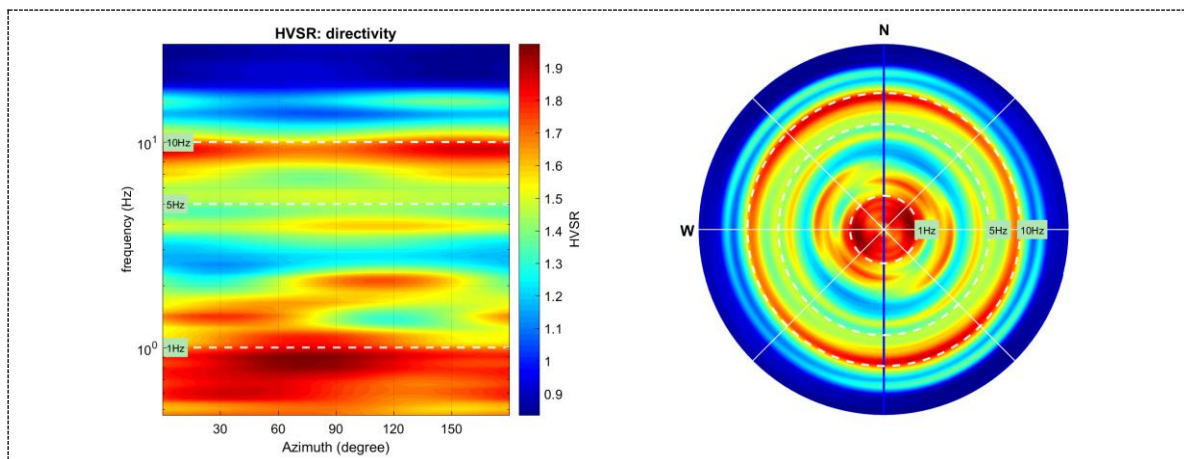
COMUNE DI REA (PV)

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO – PIANO DELLE REGOLE

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

REPORT INDAGINI SISMICHE MASW E HVSR

Fig.23-Diagramma della direzionalità del rapporto H/V inerente alla direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale



### 3.4-Prova HVSR 4

La prova è stata eseguita nella zona ad est di Rea in prossimità di Case Sparse nel punto avente le seguenti coordinate geografiche (cfr. Fig.24 e Foto 4):

Latitudine: 4995456.46 N

Longitudine: 512443.23 E

Fig.24-Ubicazione prova HVSR 4







*Foto 4-Ubicazione prova HVSR 4*



#### **DATA PROCESSING**

Sampling frequency (Hz): 64  
Window length (sec): 20  
Minimum frequency soundly determined [5 cycles]: 0.25 Hz  
Length of analysed dataset (min): 26.4  
Tapering (%): 5  
Smoothing (%): 15

#### **SESAME CRITERIA**

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 0.5 ( $\pm 3.0$ )  
HVSR value: 2.3 ( $\pm 0.6$ )

#### **CRITERIA FOR A RELIABLE H/V CURVE**

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 0.532 > 0.5 (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]: 1436 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

#### **CRITERIA FOR A CLEAR H/V PEAK (AT LEAST 5 SHOULD BE FULFILLED)**

- #1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f+) < A_0/2$ ]: yes, (considering standard deviations) at frequency Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.3 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{peak}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{maf} < \epsilon(f_0)$ ]: 3.037 > 0.080 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 1.728 < 2 (OK)



Fig.25-Segnale acquisito

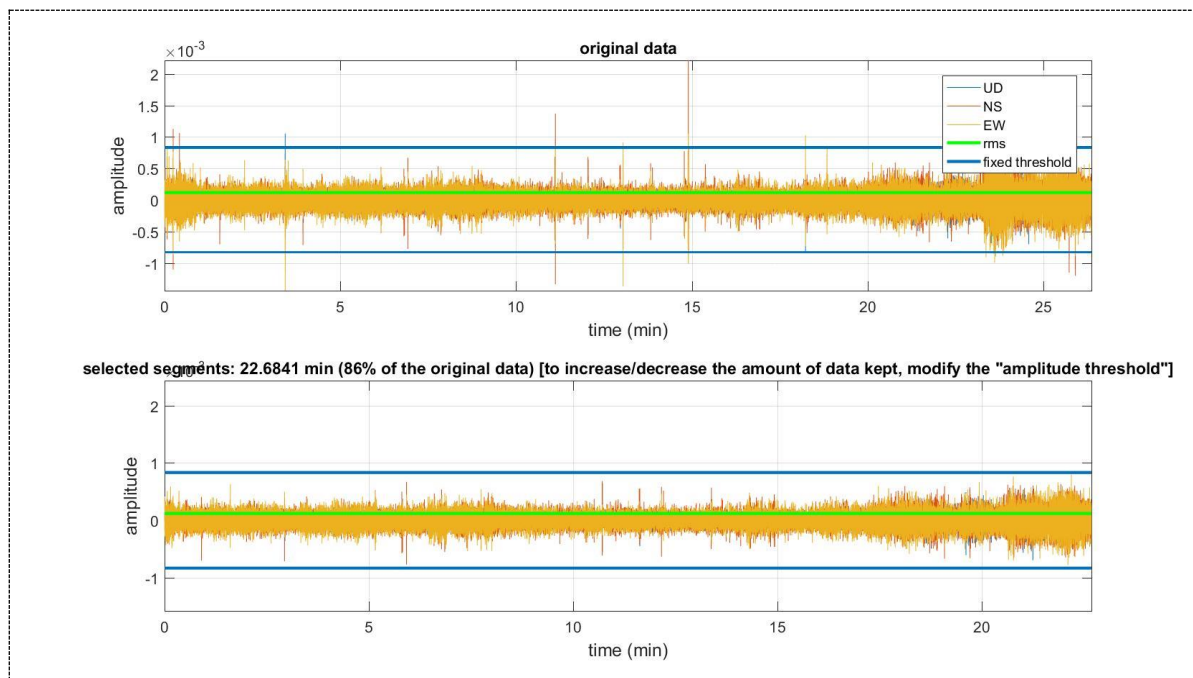


Fig.26-Continuità del segnale HVSR durante l'acquisizione (diagramma frequenza-tempo)

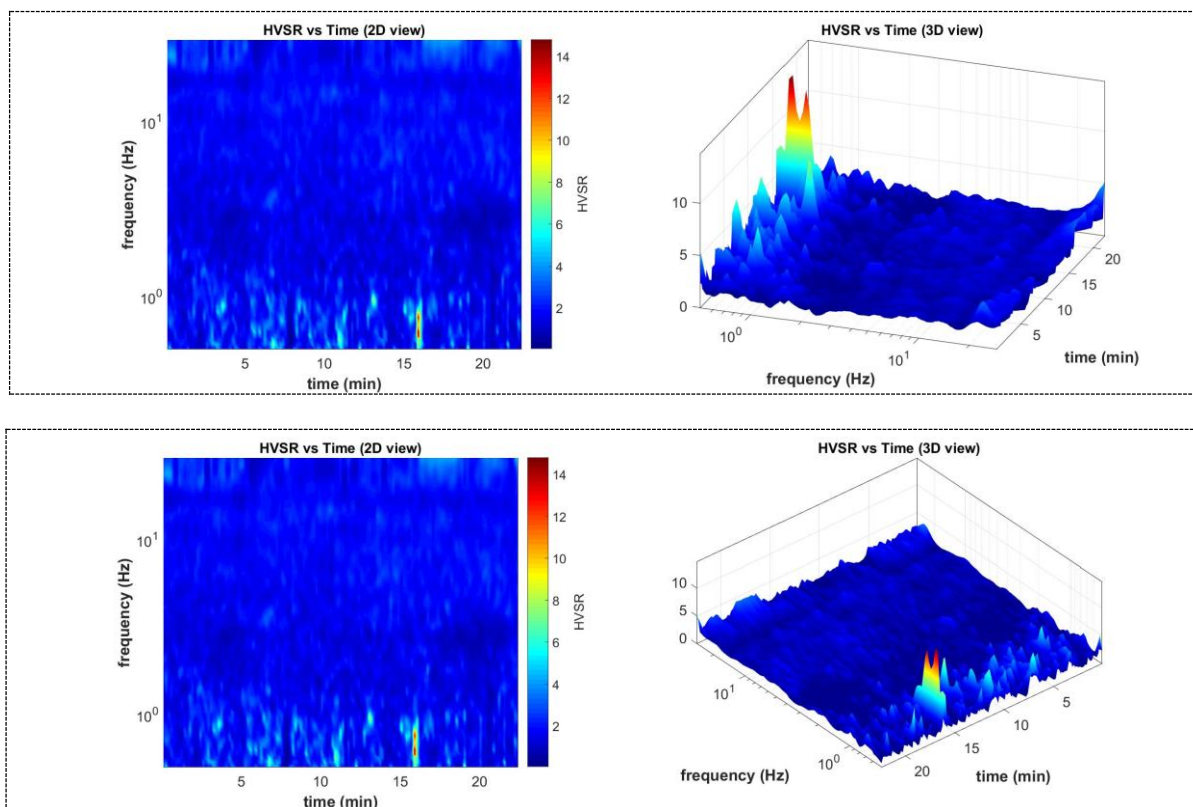




Fig.27-Diagramma degli spettri medi delle tre componenti V, N, E (in alto) e diagramma del segnale HVSR nel dominio delle frequenze (in basso)

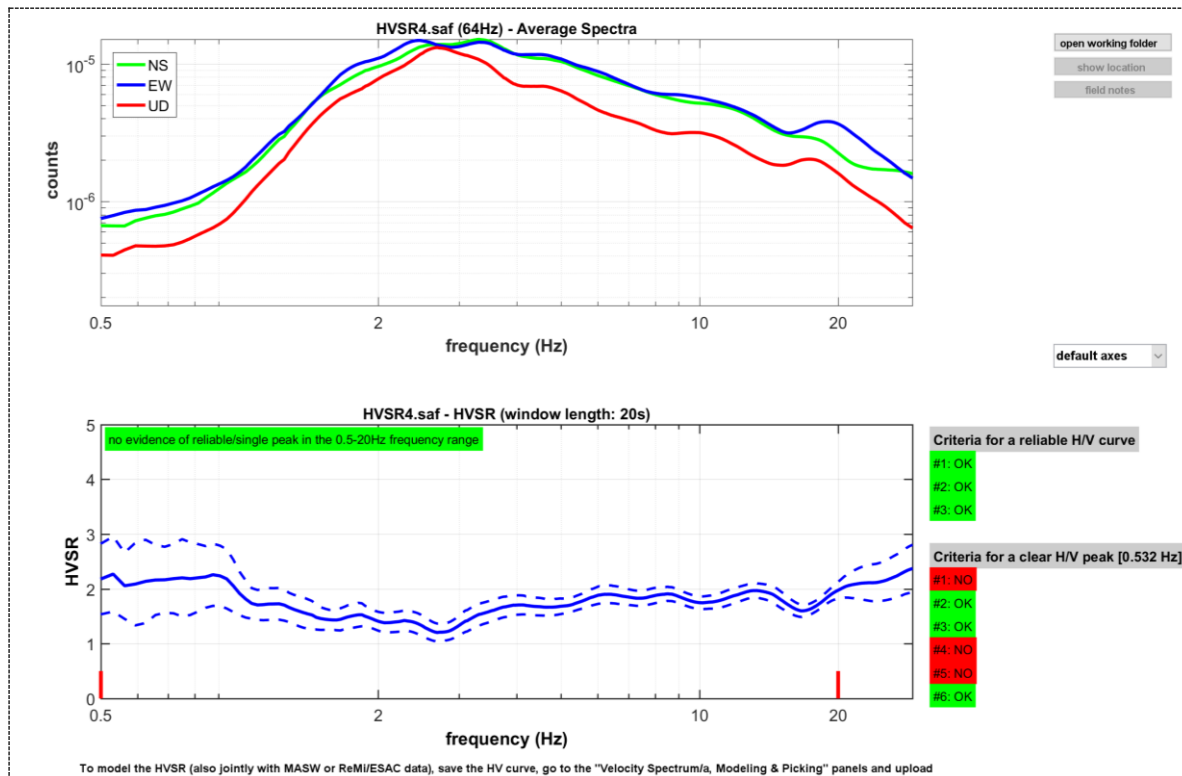
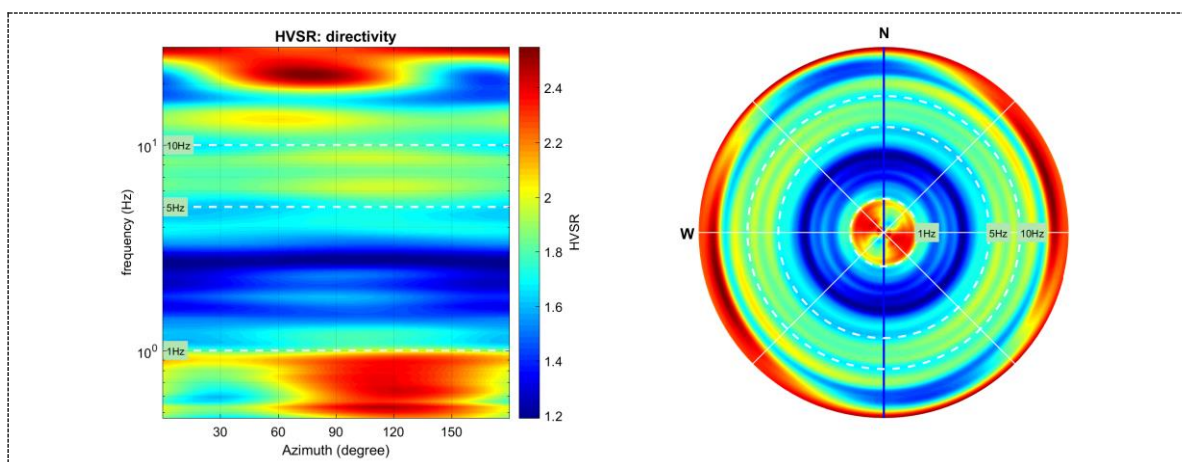


Fig.28-Diagramma della direzionalità del rapporto H/V inerente alla direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale



### 3.5-Prova HVSR 5

La prova è stata eseguita in via Marconi 61-47 nel punto avente le seguenti coordinate geografiche (cfr. Fig.29 e Foto 5):





COMUNE DI REA (PV)

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO – PIANO DELLE REGOLE

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

REPORT INDAGINI SISMICHE MASW E HVSR

Latitudine: 4995114.41 N

Longitudine: 512205.46 E

Fig.29-Ubicazione prova HVSR 5



Foto 5-Ubicazione prova HVSR 5







## DATA PROCESSING

Sampling frequency (Hz): 250

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [5 cycles]: 0.25 Hz

Length of analysed dataset (min): 22.7

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

## SESAME CRITERIA

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 0.5 ( $\pm 3.0$ )

HVSR value: 2.3 ( $\pm 0.6$ )

## CRITERIA FOR A RELIABLE H/V CURVE

#1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]:  $0.733 > 0.5$  (OK)

#2. [ $n_c > 200$ ]:  $1421 > 200$  (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

## CRITERIA FOR A CLEAR H/V PEAK (AT LEAST 5 SHOULD BE FULFILLED)

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes, (considering standard deviations) at frequency 0.2 Hz (OK)

#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 2.6 Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]:  $2.3 > 2$  (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f)] \approx \sigma_A(f)] = f_0 \approx 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_A < \epsilon(f_0)$ ]:  $0.439 > 0.110$  (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]:  $1.552 < 2$  (OK)

Fig.30-Segnale acquisito

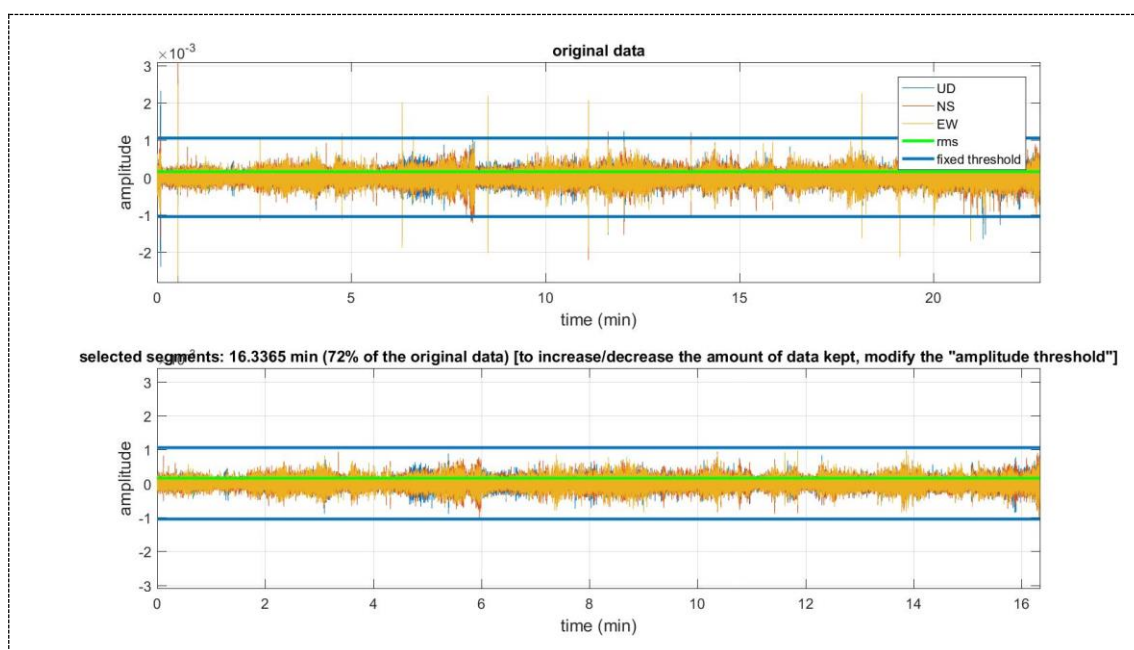




Fig.31-Continuità del segnale HVSR durante l'acquisizione (diagramma frequenza-tempo)

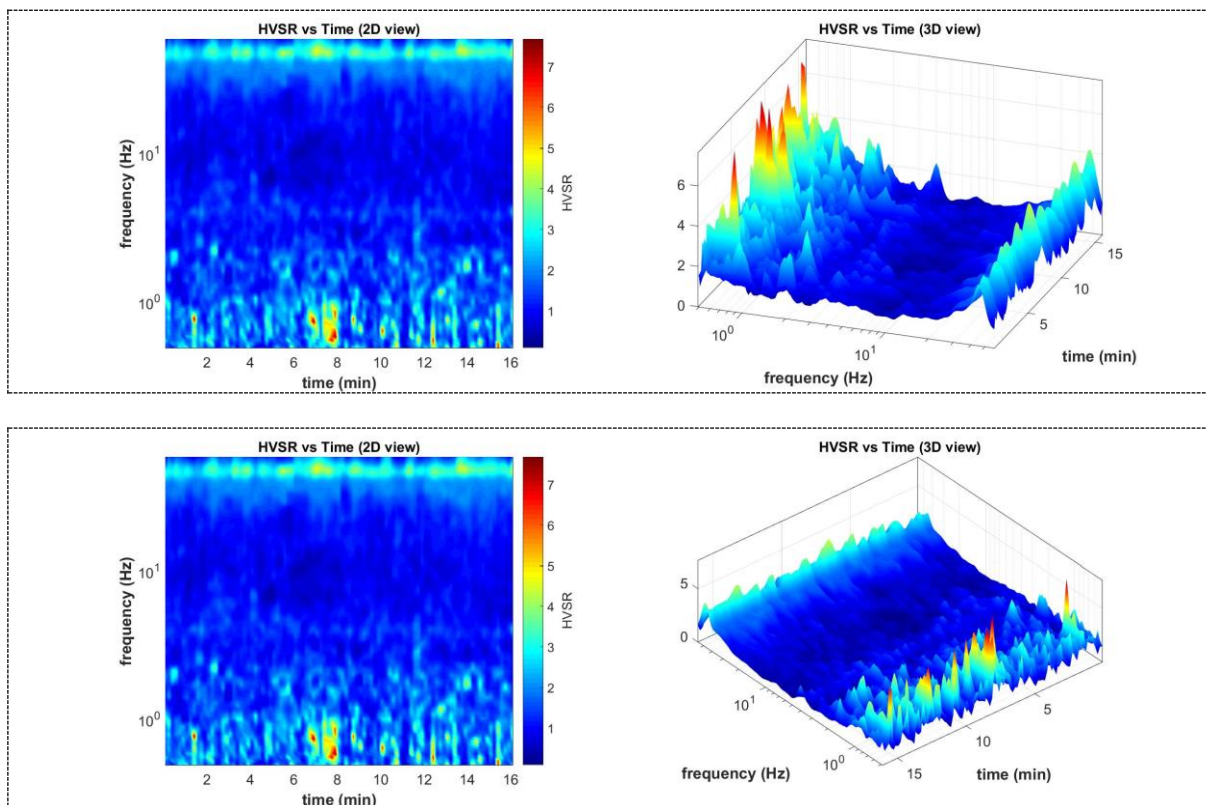


Fig.32-Diagramma degli spettri medi delle tre componenti V, N, E (in alto) e diagramma del segnale HVSR nel dominio delle frequenze (in basso)

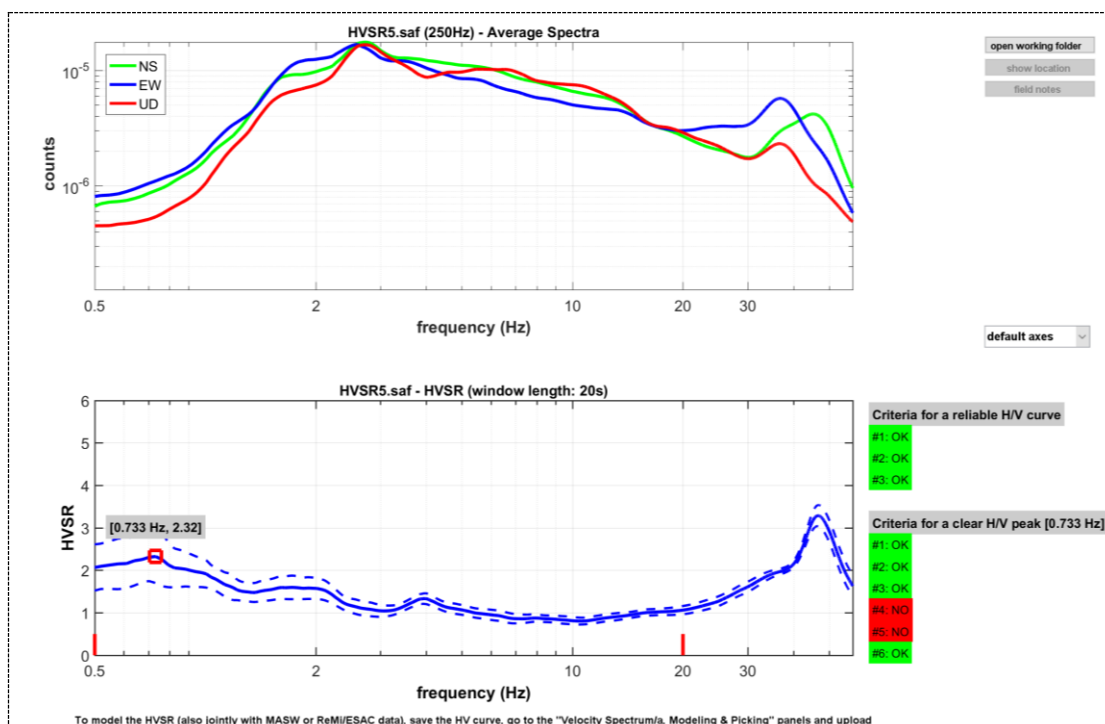
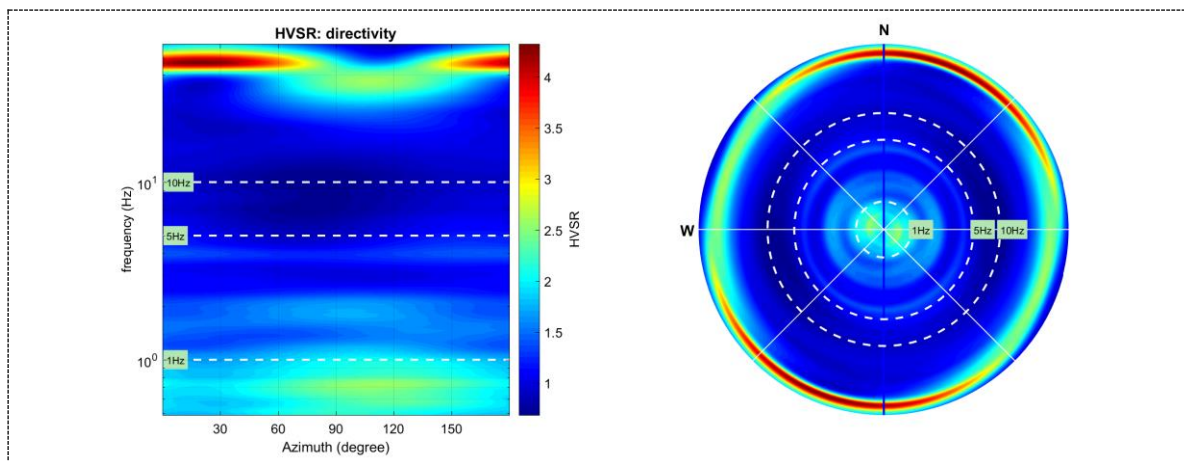




Fig.33-Diagramma della direzionalità del rapporto H/V inerente alla direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale



### 3.6-Prova HVSR 6

La prova è stata eseguita in via Case Sparse 2 nel punto avente le seguenti coordinate geografiche (cfr. Fig.34):

Latitudine: 4994622.00 N

Longitudine: 511967.00 E

Fig.34-Ubicazione prova HVSR 6





## DATA PROCESSING

Sampling frequency (Hz): 250

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [5 cycles]: 0.25 Hz

Length of analysed dataset (min): 7.0

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

## SESAME CRITERIA

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 0.8 ( $\pm 4.6$ )

HVSR value: 1.8 ( $\pm 0.3$ )

## CRITERIA FOR A RELIABLE H/V CURVE

#1.  $[f_0 > 10/Lw]$ :  $0.794 > 0.5$  (OK)

#2.  $[nc > 200]$ :  $460 > 200$  (OK)

#3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

## CRITERIA FOR A CLEAR H/V PEAK (AT LEAST 5 SHOULD BE FULFILLED)

#1. [exists f- in the range  $[f_0/4, f_0]$  |  $AH/V(f-) < A_0/2$ ]: yes, (considering standard deviations) at frequency 0.2 Hz (OK)

#2. [exists f+ in the range  $[f_0, 4f_0]$  |  $AH/V(f+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency Hz (OK)

#3.  $[A_0 > 2]$ :  $1.8 < 2$  (OK)

#4.  $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f)] \approx \sigma_A(f)] = f_0 \approx 5\%$ : (NO)

#5.  $[\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)]$ :  $4.564 > 0.119$  (OK)

#6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$ :  $0.766 < 2$  (OK)

Fig.35-Segnale acquisito

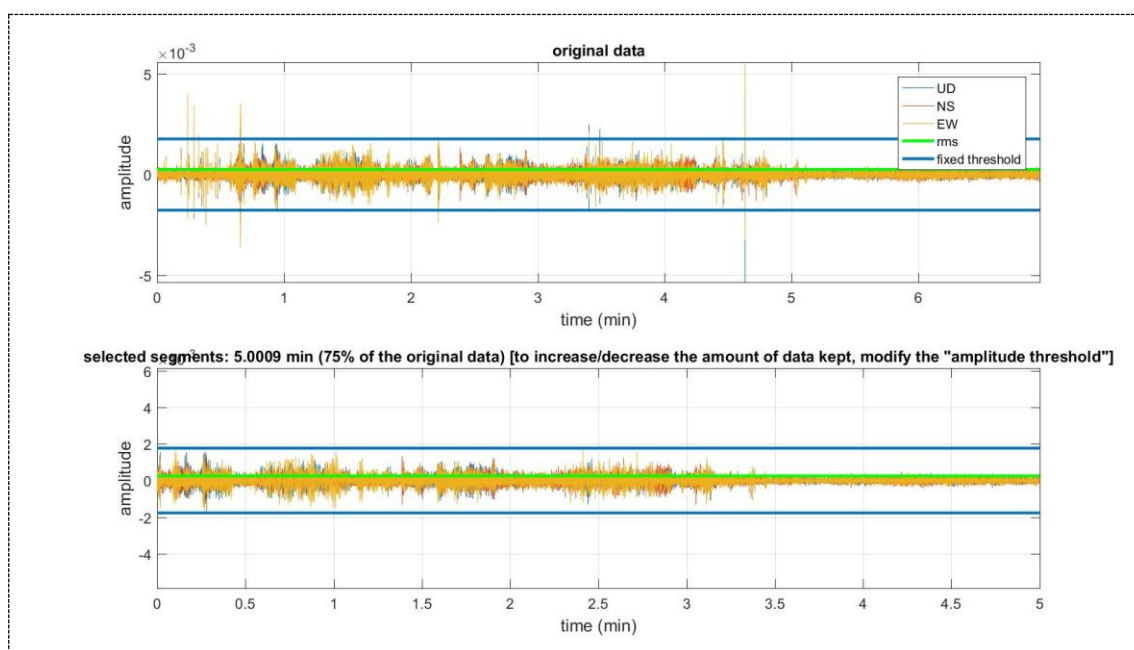






Fig.36-Continuità del segnale HVSR durante l'acquisizione (diagramma frequenza-tempo)

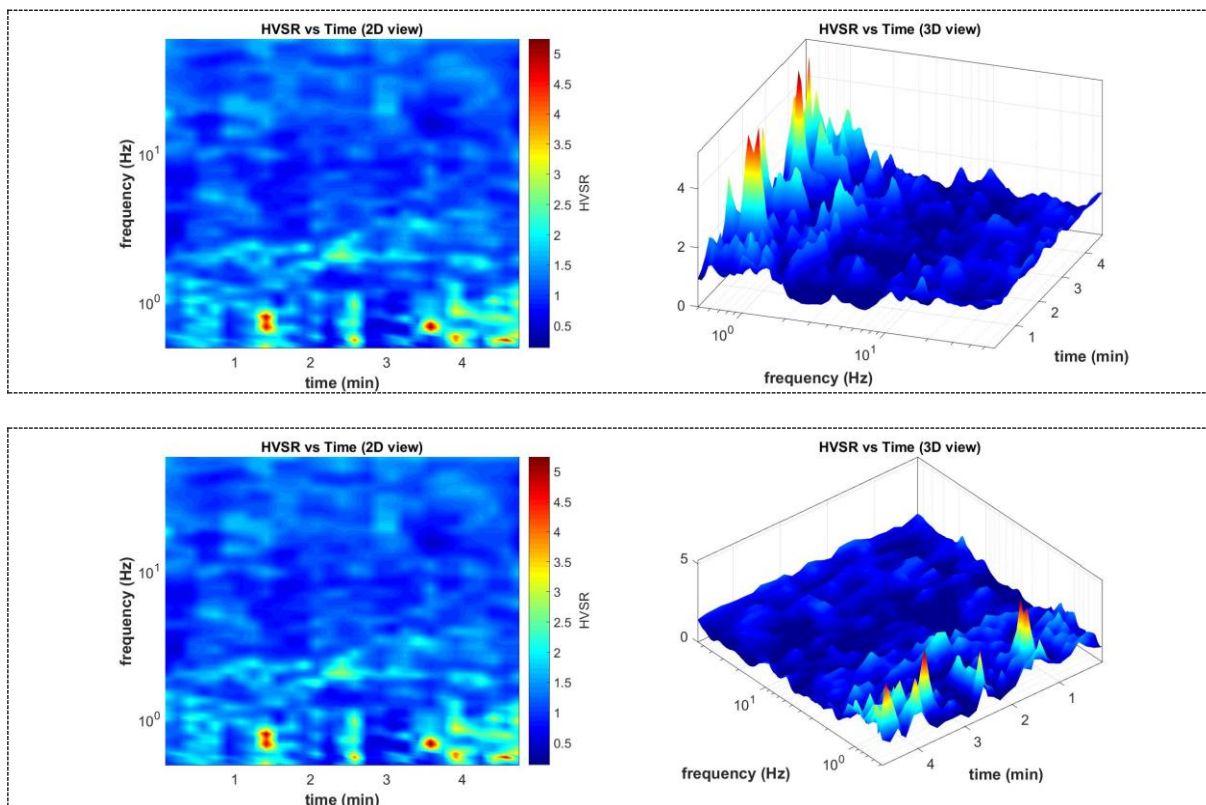
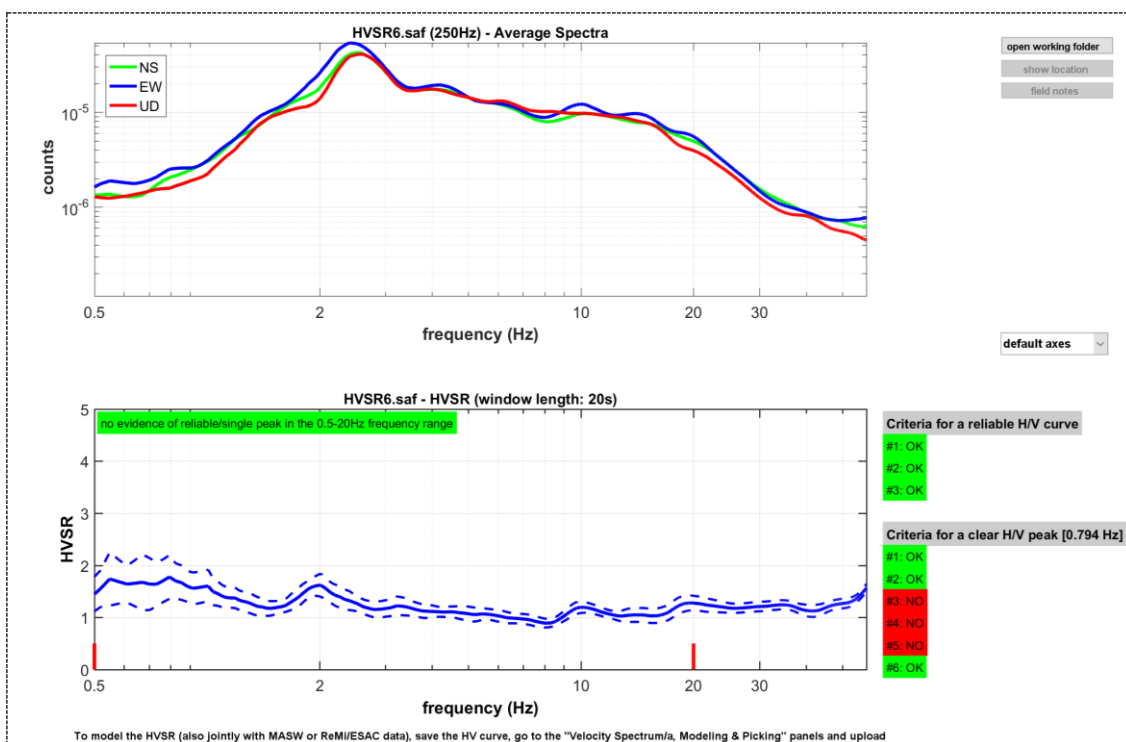
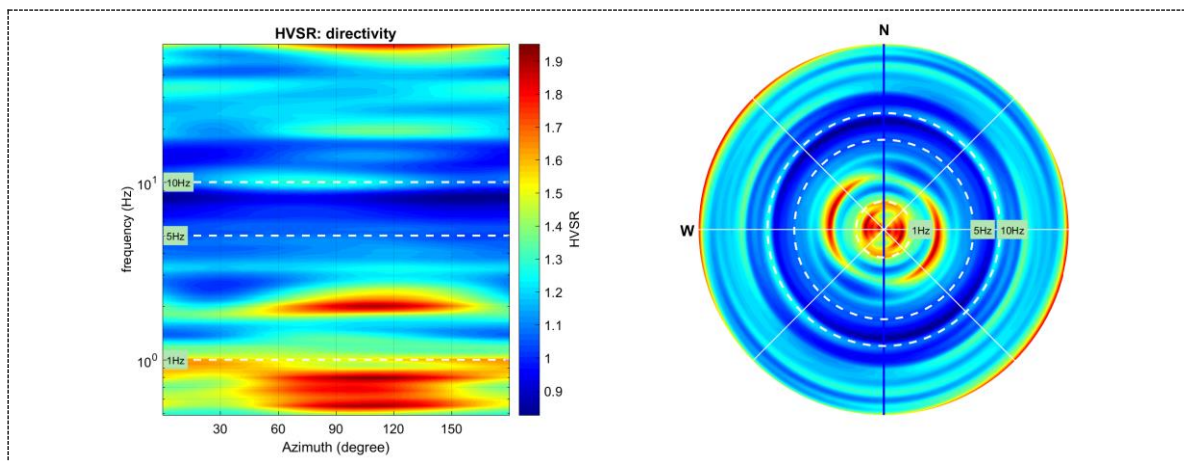


Fig.37-Diagramma degli spettri medi delle tre componenti V, N, E (in alto) e diagramma del segnale HVSR nel dominio delle frequenze (in basso)





*Fig.38-Diagramma della direzionalità del rapporto H/V inerente alla direzione di provenienza del segnale sul semipiano orizzontale*



Voghera, novembre 2024

Dr. Geologo Giorgio NEGRINI

Iscrizione Ordine Geologi della Lombardia n°585/AP

Dott. Geologo Stefania BRANCHI

Iscrizione Ordine Geologi della Lombardia n°1007/AP