Studio Associato di ingegneria e geologia

dott. ing. Locatelli – dott. geol. Buscaglia – dott. geol. Locchi – dott. geol. Scinetti

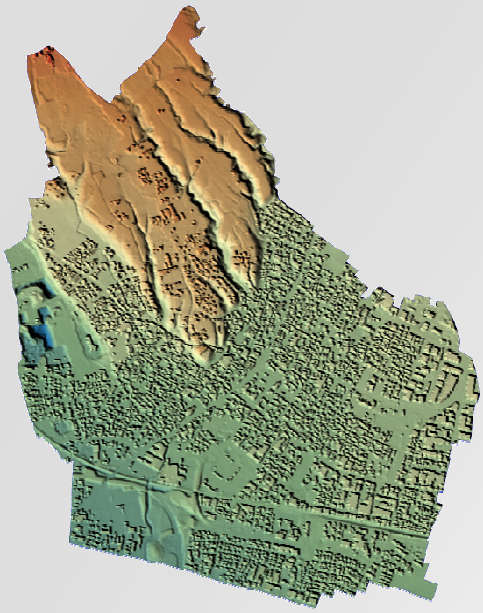
COMUNE DI MEDA

Piazza Municipio, 4 20821 Meda (MB)

Aggiornamento Componente Geologica Idrogeologica e Sismica del P.G.T.

in conformità alle metodologie contenute nei criteri attuativi dell'art. 57 della l.r. 12 del 2005, approvati con d.g.r. 2616 del 2011, integrati con d.g.r. 6738 del 19 giugno 2017, con d.g.r. 26 aprile 2022 - n. XI/6314, con d.g.r. 15 dicembre 2022 - n. XI/7564, con d.g.r. n. 3007 del 2024

RELAZIONE GENERALE



Redatto da:
dott. geol. Domenico SCINETTI
dott. geol. Vittorio BUSCAGLIA

in collaborazione con:
dott. geol. Sergio LOCCHI

Lecco – GIUGNO 2025

C.so Martiri della Liberazione, 28 – 23900 LECCO – Tel/fax 0341.360078
E-mail: ingeo@studioingeo.it www.studioingeo

INDICE

1 PREMESSA 3
2 METODOLOGIA APPLICATA PER LO STUDIO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA 5
2.1 Fase di analisi 5
2.1.1 Base cartografica 8
2.1.2 Ricerca storica e bibliografica 9
2.1.3 Sistema delle acque sotterranee 10
2.1.4 Carta delle indagini geognostiche e degli studi esterni (Tavv. 1) 30
2.1.5 Carta della stabilità di versante (Tav. 2) 30
2.1.6 Dissesto idrogeologico ISPRA 34
2.1.7 Sinkhole e cavità sotterranee (Tav. 3) 35
2.2 Fase di sintesi/valutazione 49
2.3 Fase di proposta 50
3 STUDI E DATI GEOGRAFICI DI RIFERIMENTO 52
4 RACCORDO CON IL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (P.T.C.P.) (Tav. 12) 53
5 VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO COMUNALE (art 14 del R.R. n° 7 del 23-11-2017 e successivi aggiornamenti – Invarianza Idraulica) 55
6 AGGIORNAMENTO CARTA DEI VINCOLI (Tav. 4) 58
6.1 Vincoli PAI e PGRA 58
6.2 Vincoli derivanti dal P.T.R. 62
6.3 Vincoli derivanti dal P.T.C.P. 62
6.4 Piano Cave della Provincia di Monza Brianza 68
6.5 Censimento sorgenti e pozzi sul territorio comunale 71
6.6 Vincoli di Polizia Idraulica (RIM) 72
7 CARTA PAI-PGRA (Tav. 5) 73
7.1 PAI 73
7.2 PGRA 74
8 AGGIORNAMENTO CARTA DI SINTESI (Tav. 6) 77
9 AGGIORNAMENTO CARTE PERICOLOSITA' SISMICA (Tavv. 7-8) 81
9.1 Risposta Sismica Locale – Generalità 84
9.1.1 Analisi di 1° Livello: Carta PSL (Tav. 7) 87
9.1.2 Analisi di 2° Livello: Carta dei fattori di amplificazione (Tav. 8) 88
9.1.3 Analisi di 3° Livello per effetti di instabilità in terreno (Tav. 2) 95
10 AGGIORNAMENTO CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA (Tav. 9) 97
11 AGGIORNAMENTO NORME TECNICHE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA 100
12 DISPOSIZIONI INTEGRATIVE RISPETTO A QUELLE CONTENUTE NELLA D.G.R.VIII/4732/2007 RELATIVE ALL'ATTUAZIONE DELLA VARIANTE NORMATIVA AL PAI NEL SETTORE DELLA PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA ALLA SCALA COMUNALE 101
13 CONGRUITA' TRA COMPONENTE GEOLOGICA, PAI-PGRA E AMBITI DI RIGENERAZIONE E PIANI ATTUATIVI SOGGETTI A REVISIONE 103
14 Riferimenti 107

Allegato 1 – Indagini sismiche e analisi di 2° livello

Allegati fuori testo:

REV 2025

CARTOGRAFIA

Tavv. 1 – Carta indagini e studi esterni
Tav. 2 – Carta stabilità pendio indefinito
Tav. 3 – Carta *sinkhole*
Tavv. 4 – Carta dei vincoli
Tavv. 5 – Carta PAI - PGRA
Tavv. 6 – Carta di sintesi
Tavv. 7 – Carta Sismica – PSL 1° livello
Tavv. 8 – Carta Sismica – fattori di amplificazione 2° livello
Tavv. 9 – Carta Fattibilità geologica
Tavv. 10 – Carta Fattibilità geologica – Amplificazione sismica
Tav. 11 – Carta morfologica
Tav. 12 – Carta PTCP: elementi morfologici (art. 11)

NORME DI FATTIBILITA' GEOLOGICA E VINCOLI

STUDI PRECEDENTI ANCORA VIGENTI:

RACCOLTA CARTOGRAFIA DI BASE redatta dai geologi Carimati e Zaro nel 2016:
REV 2016

- Relazione geologica – estratto
- Carta geologica
- Carta idrogeologica e sezione idrogeologica

1 PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di MEDA (MB) si aggiorna la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio (PGT), in conformità alle metodologie contenute nei criteri attuativi dell'art. 57 della l.r. n. 12 del 2005. I criteri attuativi sono definiti e aggiornati con:

- d.g.r. n. 40996 del 1999 - Legende di riferimento per la cartografia della componente geologica dei PGT
- d.g.r. n. 2616 del 2011 - Criteri per la redazione della componente geologica
- d.g.r. n. 6738 del 2017 - Attuazione del PGRA nel settore urbanistico e della pianificazione dell'emergenza
- d.g.r. n. 470 del 2018 - Semplificazione delle procedure per le varianti di adeguamento al PAI e PGRA
- d.g.r. n. 6314 del 2022 - Modifica delle procedure per l'approvazione degli aggiornamenti ai piani di bacino proposte dai Comuni
- d.g.r. n. 7564 del 15 dicembre 2022 – Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componete geologica del PGT relativa al tema degli sprofondamenti (*Sinkhole*)
- d.g.r. n. 3007 del 2024 - Studi e dati geografici di riferimento per la componente geologica dei PGT e della pianificazione di protezione civile

La precedente versione, redatta dallo studio associato dott. geol. Carimati e dott. geol. Zaro nel 2016, verrà aggiornata per:

- l'emanazione del PGRA adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016 e definitivamente approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017;
- l'approfondimento del tema sugli sprofondamenti (*sinkhole*) richiesto dalla d.g.r. n. 7564 del 15 dicembre 2022:
- il recepimento delle norme di piano del P.T.C.P.;
- il recepimento dei contenuti dello studio del rischio idraulico comunale;
- il recepimento dei vincoli di polizia idraulica (RIM rev. 2025).

Nell'ambito dell'aggiornamento, è stata condotta una campagna di indagine sismica finalizzata alla valutazione del parametro Vs 30 sull'intero territorio comunale.

Per quanto riguarda il PGRA, sono state recepite le aree perimetrate come ambiti a rischio alluvione fornite da Regione Lombardia nella revisione novembre 2024. Così come richiesto dalla normativa vigente per gli ambiti ricadenti in zone edificate ad alto rischio idraulico (R4) è stato condotto uno specifico studio idraulico per valutarne il pericolo e il conseguente grado di rischio. Tale aspetto è dettagliatamente descritto nella apposita Relazione Idraulica allegata al presente studio.

Per il tema degli sprofondamenti (*sinkhole*), è stata condotta una ricerca bibliografia al fine di individuare eventuali punti critici interessati da dinamiche di instabilità per sprofondamento del suolo.

Per il raccordo col PTCP vigente, sono stati approfonditi i temi richiesti e sono state individuate le aree a vincolo indicate dal PTCP (ambiti vallivi, orli di terrazzo, cordoni morenici).

Per lo Studio Comunale del Rischio Idraulico, sono stati recepiti i contenuti indicati nello studio redatto dal gestore della rete idrica (BrianzAcque srl) nel marzo 2021.

Le carte tematiche di base (carte di analisi) della componente geologica del PGT attualmente vigente mantengono la loro validità e continuano quindi ad essere parte integrante della componente geologica aggiornata del P.G.T. comunale.

Il presente studio è redatto ai sensi della D.G.R. n° IX/2616 del 30 novembre 2011 e successive modifiche e della D.G.R. n° X/6738 del 19 giugno 2017 e contiene:

- ✓ Aggiornamento della relazione illustrativa;
- ✓ Aggiornamento della normativa di attuazione della fattibilità geologica;
- ✓ Nuovo studio idraulico a supporto della valutazione di dettaglio delle condizioni di pericolosità e rischio locale del Torrente Certesa;
- ✓ Nuova Carta delle indagini geognostiche;
- ✓ Nuova Carta della stabilità di versante;
- ✓ Nuova Carta dei *sinkhole;*
- ✓ Aggiornamento Carta dei Vincoli;
- ✓ Aggiornamento Carta PAI-PGRA;
- ✓ Aggiornamento Carta di Sintesi;
- ✓ Aggiornamento Carta degli Scenari di Pericolosità Sismica Locale (1° livello);
- ✓ Nuova Carta delle Amplificazioni sismiche (2° livello);
- ✓ Aggiornamento Carta della Fattibilità Geologica;
- ✓ Nuova Carta della sovrapposizione Fattibilità Geologica e amplificazione sismica;
- ✓ Aggiornamento Carta Morfologica;
- ✓ Nuova Carta con elementi morfologici (art. 11) del PTCP.

Restano vigenti alcuni contenuti di inquadramento generale già presenti nello studio geologico redatto dallo studio associato dott. geol. Carimati e dott. geol. Zaro nel 2016:

- Estratto relazione 2016
- Carta inquadramento geologico 2016
- Carta della dinamica geomorfologica 2016
- Carta di inquadramento idrogeologico 2016
- Sezioni idrogeologiche 2016

2 METODOLOGIA APPLICATA PER LO STUDIO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA

Per il presente studio è stato seguito quanto indicato dalla D.G.R.2616/2011, allegato B parte 1 di seguito sintetizzato.

"La metodologia proposta per la redazione della componente geologica dei P.G.T. si fonda sulle seguenti fasi di lavoro:

1. *fase di analisi* (a sua volta suddivisa in fase di ricerca storica e bibliografica, compilazione della cartografia di inquadramento e predisposizione di studi di dettaglio);
2. *fase di sintesi/valutazione;*
3. *fase di proposta."*

2.1 FASE DI ANALISI

Il primo passo da compiere per l'analisi del territorio consiste nel condurre una approfondita ricerca storica e bibliografica, finalizzata ad acquisire una conoscenza il più approfondita possibile del territorio in esame, con particolare riferimento a fenomeni di dissesto o esondazione pregressi e ad alterazioni dello stato del territorio ancorché non più riconoscibili, nell'ottica della prevenzione e della previsione di nuovi scenari di pericolosità/rischio.

Il secondo consiste nella redazione della cartografia di inquadramento, finalizzata alla caratterizzazione del territorio comunale dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico, strutturale e sismico. Deve essere estesa a tutto il territorio comunale e ad un significativo intorno tale da comprendere anche aree in cui si possono verificare fenomeni che interferiscono con l'area in esame. La cartografia di inquadramento deve approfondire i seguenti aspetti:

- *Elementi litologici, geologico-tecnici e pedologici*
- *Elementi strutturali*
- *Elementi geomorfologici e di dinamica geomorfologica*
- *Elementi idrografici, idrologici e idraulici*
- *Elementi idrogeologici*
- *Analisi della sismicità del territorio e carta della pericolosità sismica locale*

Come già detto in premessa, non essendo intervenute significative modifiche territoriali e/o geomorfologiche, la cartografia tematica di base (carte di analisi) redatta dallo studio associato dott. geol. Carimati e dott. geol. Zaro nel 2016 mantiene la sua validità e continua quindi ad essere parte integrante della componente geologica comunale del P.G.T.

Vengono invece approfonditi gli aspetti sull'analisi della sismicità del territorio secondo l'allegato 5 della D.G.R.2616/2011, in quanto il comune di Meda non è attualmente dotato dell'approfondimento di 2° livello sul territorio urbanizzato.

A completamento dell'inquadramento geologico del territorio, di seguito si riporta la carta geologica CARG del comune di Meda ricadente nel foglio 096 - Seregno pubblicata nel 2014 con la terminologia aggiornata dei depositi del Quaternario:

POI

SINTEMA DEL PO

Da sabbie a supporto di matrice a ghiaie fini con sabbia grossolana a supporto di clasti, ma con matrice abbondante costituita da sabbie grossolane: depositi fluviali e di conoide dominati da *debris flow*. Argille e torbe: depositi lacustri. Alterazione assente. Morfologia ben espressa nelle piane fluviali dei principali corsi d'acqua.
PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE

UNITÀ DEL BACINO DEL FIUME ADDA

SUPERSINTEMA DEI LAGHI - SINTEMA DI CANTÙ

Diamicton massivi a supporto sia di matrice sia di clasti: *till* di ablazione. Diamicton a supporto di matrice, sovraconsolidati: *till* di alloggiamento. Sabbie fini con *ripple* da corrente (tipo B); sabbie a laminazione incrociata; sabbie da fini a medie, a laminazione incrociata concava. Sabbie fini in strati centimetrici orizzontali passanti a sabbie fini limose, letti di ghiaie e sabbie a stratificazione inclinata: depositi di delta. Limi spesso laminati, ma anche massivi, e sabbie per lo più massive. Sono frequenti i *dropstones*: depositi glaciolacustri.
Ghiaie grossolane massive e stratificate a supporto sia di matrice sia clastico; sabbie stratificate e laminate con strutture di trazione e massive, alternate a limi sabbiosi con accenni di laminazione incrociata; sabbie limose debolmente argillose; alternanze di livelli limoso argillosi e livelli sabbiosi; sabbie laminate passanti verso l'alto a sabbie limose massive con ghiaie; sabbie limose da fini a grossolane: depositi fluvioglaciali. Colore della matrice 10YR. Alterazione da assente a scarsa con spessore massimo di 1-1,5 metri. Morfologie ben conservate.

LCN
LCN_3
LCN_2
LCN_1

SUBSINTEMA DELLA CÀ MORTA (LCN_3): diamicton massivi a supporto di matrice sabbiosa; alternanze di ghiaie in matrice sabbiosa grossolana; ghiaie pulite; sabbie grossolane con laminazione incrociata a basso angolo; sabbie fini e limi con laminazione piana o ondulata: *till* di colata. Diamicton massivi a supporto di matrice; alcuni orizzonti risultano sovraconsolidati: *till* di alloggiamento. Limi e argille laminati e in strati pianoparalleli; limi e in minor misura sabbie fini e argille a laminazione pianoparallela: depositi lacustri proglaciali. Alternanze di ghiaie a matrice sabbiosa grossolana e lenti di sabbie da medie a grossolane, massive o a laminazione incrociata; sabbie da grossolane a fini con limi in lamine pianoparallele o incrociate a basso angolo: depositi di contatto glaciale. Alternanze di livelli di ghiaie in matrice sabbiosa grossolana, ghiaie pulite con sabbie da medie a fini e sabbie da medie a grossolane; sabbie da medie a grossolane con laminazione pianoparallela e incrociata concava: depositi fluvioglaciali. Colore della matrice 10YR. Alterazione da scarsa ad assente. Morfologie ben conservate con grandi estensioni di piane lacustri e di contatto glaciale; morene ben evidenti.
SUBSINTEMA DI CUCCIAGO (LCN_2): diamicton massivi a supporto di matrice, sovraconsolidati: *till* di alloggiamento. Diamicton massivi a supporto di matrice: *till* di ablazione. Diamicton massivi a supporto di clasti; diamicton a supporto di clasti, con vaga stratificazione e ciottoli allineati; ghiaie a supporto di matrice alternate a livelli di ghiaie fini e sabbie grossolane: *till* di colata. Sabbie e ghiaie fini gradate con lenti cementate; sabbie massive o vagamente laminate: depositi di contatto glaciale. Sabbie da medie a fini con laminazione pianoparallela: depositi lacustri proglaciali. Ghiaie a supporto di matrice sabbiosa, a locale debole cementazione: depositi fluvioglaciali. Colore della matrice 10YR. Alterazione da scarsa ad assente. Morfologie ben conservate.
SUBSINTEMA DI FINO MORNASCO (LCN_1): diamicton massivi a supporto di matrice: *till* di alloggiamento. Diamicton a supporto di clasti grossolanamente gradati: *till* di colata. Sabbie fini-grossolane gradate e massive con clasti sparsi: depositi di contatto glaciale. Sabbie fini laminate: depositi lacustri proglaciali. Ghiaie medio grossolane: depositi fluvioglaciali. Colore della matrice 10YR. Alterazione da scarsa ad assente. Morfologia evidente con morene ben conservate e piane fluvioglaciali evidenti.
PLEISTOCENE SUPERIORE

BEE
SUM
BEZ

poco evoluto su spessori di 1 metro, con mediamente il 30-40% dei clasti alterati. Morfologie poco conservate.
UNITÀ DI CADORAGO (BEE): diamicton massivi a supporto di matrice: *till* di ablazione. Diamicton massivi a supporto di matrice, sovraconsolidati: *till* alloggiamento. Ghiaie medio fini a supporto di matrice, diamicton massivi a supporto di matrice: depositi di contatto glaciale. Ghiaie medio grossolane massive, debolmente stratificate a supporto sia di matrice sia clastico, sabbie medio fini massive con clasti: depositi fluvioglaciali. Limi argillosi laminati: depositi glaciolacustri. Colore della matrice generalmente 10YR, localmente 7.5YR 2.5Y. Profilo di alterazione poco evoluto su spessori di circa 2 metri, con mediamente il 40% dei clasti alterati. Morene a morfologie ben conservate e ampie piane fluvioglaciali.
UNITÀ DI SUMIRAGO (SUM): ghiaie a stratificazione orizzontale, gradate; sabbie limose massive: depositi fluvioglaciali. Colore della matrice 2.5Y e 10YR. Profilo di alterazione spesso circa 4 metri con più del 50% dei clasti alterati. Morfologie conservate con ampie piane fluvioglaciali.
UNITÀ DI GUANZATE (BEZ): diamicton massivi a supporto di matrice: depositi glaciali. Ghiaie massive e localmente isorientate a supporto di matrice: depositi fluvioglaciali. Colore della matrice 10YR localmente 2.5YR e 7.5YR verso la sommità del profilo. L'alterazione interessa mediamente il 50% dei clasti. Massima avanzata dei ghiacciai 'Besnate' con morene a morfologie conservate e ampie piane fluvioglaciali.
PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE

BOF
BOP

SINTEMA DI CASCINA FONTANA (BOF): diamicton massivi a supporto di matrice: depositi glaciali. Ghiaie massive o grossolanamente stratificate a supporto di matrice e occasionalmente clastico, con intercalazioni sabbiose: depositi fluvioglaciali. Colore della matrice 2.5YR, 5YR e 7.5YR, passante verso le parti inferiori del profilo a 10YR e 2.5Y. Presenza di screziature di colore 5YR e abbondanti patine e noduli di Fe/Mn. Profilo di alterazione molto evoluto che interessa tutto lo spessore dell'unità, con più del 90% dei clasti alterati. Morfologie spesso ben conservate.

2.1.1 Base cartografica

La cartografia di base utilizzata per il presente studio è il DBT fornito da Regione Lombardia.

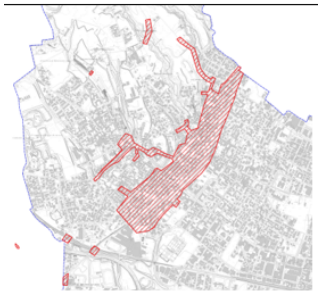
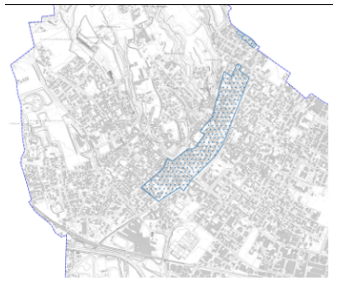
Altre cartografie e documentazioni consultate sono:

- CTR: carta topografica in scala 1:10.000 aggiornata al 1991
- IGM: Carte IGM in scala 1:25.000
- Ortofoto: anni 1975-2015-2019-2021
- DTM 5x5 fornito da Regione Lombardia
- Rilievo Lidar Regione Lombardia 1x1m
- Immagini aeree: Google, Bing, Esri

2.1.2 Ricerca storica e bibliografica

Di seguito si elencano i dissesti segnalati nel territorio di Meda nel periodo successivo alla versione precedente della componente geologica comunale, alla quale si rimanda per gli eventi storici.

In base ad una ricerca bibliografica e dagli organi di stampa, di seguito si riportano le notizie degli eventi di dissesto avvenuti negli ultimi anni; si tratta solo di eventi alluvionali riferibili ad esondazioni del T. Certesa:

Data	Luogo	Fenomeno	Descrizione
luglio 2014	Centro abitato	Esondazione Torrente Certesa	Evento Luglio 2014 (fonte: Regione Lombardia) 
Novembre 2014	Centro abitato	Esondazione Torrente Certesa	Evento Novembre 2014 (fonte: Regione Lombardia)
Luglio 2023	Centro abitato	Esondazione Torrente Certesa	
Ottobre 2023	Centro abitato	Esondazione Torrente Certesa	Evento ottobre 2023 (fonte: Comune) 

Tali ambiti sono già stati oggetto di recente mappatura PAI-PGRA, pertanto non si propone alcuna modifica alla cartografia di riferimento.

2.1.3 Sistema delle acque sotterranee

Il presente capitolo è stato redatto per aggiornare lo studio geologico comunale all'art. 9 delle norme di piano del P.T.C.P. vigente in merito al sistema delle acque sotterranee.

Per l'inquadramento generale del sistema delle acque sotterranee ad ampia scala si fa riferimento allo studio "STATO DELLE ACQUE SOTTERRANEE DELLA PROVINCIA DI MONZA E BRIANZA" redatto da ARPA Lombardia nel settembre 2013 di cui si riportano degli estratti nei capitoli seguenti. Per la valutazione della qualità delle acque si fa riferimento ai dati disponibili delle ultime analisi chimiche condotte dal gestore attuale e disponibili sul sito di Brianza Acque.

Inquadramento idrogeologico regionale

Il Programma di Tutela ed Uso delle Acque individua nella pianura lombarda le seguenti aree idrogeologiche:

- Zona di ricarica delle falde, corrispondente alle alluvioni oloceniche e ai sedimenti fluvioglaciali pleistocenici nella parte settentrionale della pianura, dove l'acquifero è praticamente ininterrotto da livelli poco permeabili. Quest'area si estende quasi tutta a monte della fascia delle risorgive. Sono queste le aree nelle quali l'infiltrazione da piogge, nevi e irrigazioni, permette la ricarica della prima falda, tramite la quale può pervenire alle falde profonde.
- Zona di non infiltrazione alle falde, sempre nella parte alta della pianura, costituita dalle aree in cui affiora la roccia impermeabile o dove è presente una copertura argillosa (depositi fluvioglaciali del Pleistocene medio antico).
- Zone ad alimentazione mista, nella zona centrale e meridionale della pianura, in cui le falde superficiali sono alimentate da infiltrazioni locali, ma non trasmettono tale afflusso alle falde più profonde, dalle quali sono separate da diaframmi poco permeabili. Quest'area corrisponde alla massima parte della pianura.
- Zona di interscambio tra falde superficiali e profonde, in corrispondenza dei corsi d'acqua principali, soprattutto del fiume Po.

Sulla base di tali individuazioni e in riferimento alle litologie presenti, alla disposizione geometrica nonché ai fenomeni di circolazione idrica sotterranee, sono distinti tre complessi acquiferi principali separati da livelli impermeabili continui ed estesi:

- ✓ Acquifero superficiale
- ✓ Acquifero tradizionale
- ✓ Acquifero profondo

L'identificazione delle superfici di discontinuità stratigrafica di estensione regionale, rappresentanti limiti di Sequenze Deposizionali, corrispondenti a delle tappe fondamentali nell'evoluzione del bacino, ha consentito di individuare ed attribuire al Pleistocene quattro unità stratigrafiche denominate Unità A, Unità B, Unità C, Unità D.

Le unità A, B, C, D sono state equiparate a corpi geologici di notevole estensione areale che costituiscono un dominio dello spazio fisico in cui ha sede un sistema idrogeologico distinto. Nel complesso, l'insieme delle unità idro-stratigrafiche principali costituisce una successione di corpi sedimentari acquiferi (Gruppi Acquiferi) costituiti a loro volta da corpi sedimentari acquiferi di rango e dimensioni inferiori (Complessi Acquiferi). I Gruppi Acquiferi vengono così distinti:

Gruppo Acquifero A

Nel Gruppo Acquifero A rientrano le litologie più grossolane; il gruppo è prevalentemente rappresentato da ghiaie e ghiaie grossolane, poligeniche a matrice sabbiosa da media a molto grossolana; sono molto subordinati gli intervalli sabbiosi, con sabbia giallastra, da media a molto grossolana, spesso ciottolosa. Il Gruppo Acquifero A è il primo presente a partire dal piano campagna nella media e bassa pianura e corrisponde alle zone dei fondovalle principali nella zona dell'alta pianura.

Gruppo Acquifero B

E' rappresentato da una successione di sedimenti, costituiti da sabbie medio-grossolane e ghiaie a matrice sabbiosa e caratterizzati da porosità e permeabilità elevate. I sedimenti fini, molto subordinati, sono limitati alla parte bassa della successione con intercalazioni di argilla siltosa e silt di spessore da decimetrico a metrico. Alla base del Gruppo Acquifero B è possibile individuare conglomerati localmente poco cementati ed il Ceppo. Il Gruppo Acquifero B è il primo presente (dal piano campagna) nella zona dell'alta pianura e delle colline moreniche.

Gruppo Acquifero C

Il Gruppo Acquifero C è costituito da sedimenti marini di piattaforma caratterizzati dalla presenza di: argilla siltosa-sabbiosa grigia fossilifera. Si passa quindi ad ambienti transizionali, prima con un sistema litorale a prevalente sabbia grigia fine e finissima, bioturbata, laminata o massiva, fossilifera, quindi a un sistema deltizio a sabbia grigia, media, classata, laminata, a stratificazione media e spessa, con frustoli vegetali. In alcuni ristretti settori dell'alta pianura e delle colline moreniche, laddove affiorano i depositi più antichi, il Gruppo Acquifero C è il primo che si ritrova dal piano campagna.

Gruppo Acquifero D

Il Gruppo Acquifero D è rappresentato da una sequenza di facies negativa (Coarsening Upward – CU) caratterizzata da argilla siltosa e silt con intercalazioni di sabbia fine e finissima in strati sottili alla base, sabbia grigia fine e media bioturbata nella parte intermedia e ghiaia poligenica grigia alternata a sabbia nella parte alta.

La suddivisione proposta si presenta a livello preliminare più agevole nella zona di media e bassa pianura, mentre nelle zone di alta pianura terrazzata e collinare la situazione idrogeologica diventa più

complessa. In queste aree è possibile che alcuni Gruppi Acquiferi non siano presenti e pertanto i contatti verticali e laterali non seguano la successione completa sopra descritta. Ad esempio, il Gruppo acquifero A può essere assente nelle zone dei terrazzi antichi e presente solo nei fondovalle dei corsi d'acqua principali.

La struttura idrogeologica del territorio lombardo è caratterizzata anche da aree montane con una concentrazione delle risorse delle aree carbonatiche (Monte Orsa-Campo dei Fiori per Varese, Triangolo Lariano e gruppo delle Grigne per le Province di Como e Lecco, Prealpi Bergamasche e Bresciane), con sorgenti anche importanti. Nelle aree a rocce cristalline, che formano l'ossatura dell'arco alpino, invece, le risorse idriche risultano di minore interesse e sono costituite da numerose sorgenti di limitate portate.

Inquadramento idrogeologico del territorio della provincia di Monza e Brianza

Il sottosuolo della provincia di Monza e Brianza si caratterizza, nella porzione superficiale, per la presenza di orizzonti a litologia prevalentemente ghiaioso-sabbiosa, con elevati valori di permeabilità e spessore. Procedendo in profondità, le progressive variazioni litologiche dovute alla prevalenza di litologie a tessitura fine (argille, limi e sabbie fini) determinano una riduzione della permeabilità. In queste condizioni, gli orizzonti acquiferi risultano limitati a lenti isolate di materiale relativamente permeabile e di spessore modesto.

La struttura idrogeologica, tradizionalmente descritta dagli autori sulla base delle caratteristiche di permeabilità, ha in passato portato all'identificazione di tre principali unità idrostratigrafiche aventi le seguenti caratteristiche:

- primo acquifero, costituito da ghiaie e sabbie prevalenti, con subordinate frazioni di limi e orizzonti ghiaioso-sabbiosi localmente cementati. Questi sedimenti sono riconducibili ai depositi alluvionali recenti e antichi e fluvioglaciali più recenti (pleistocene sup.) che costituiscono il Livello Fondamentale della Pianura (LFP). In questa unità è contenuta la parte superiore dell'acquifero tradizionale, caratterizzato da valori relativamente elevati di conducibilità idraulica compresi tra 10^{-3} e 10^{-4} m/s. A seguito dell'alta permeabilità degli orizzonti superficiali, la ricarica della falda avviene per infiltrazione dalla superficie delle acque meteoriche e di scorrimento superficiale. Le caratteristiche dell'acquifero sono quelle tipiche di una falda freatica libera, non confinata;
- secondo acquifero, costituito da ghiaie e sabbie limose e orizzonti conglomeratici. Questi litotipi vengono tradizionalmente attribuiti ai depositi fluvioglaciali più antichi (Pleistocene inf.) che in superficie danno luogo ai caratteristici terrazzi a "ferretto" della fascia pedemontana e collinare della Brianza. La prevalenza di matrice fine, nonché la locale cementazione, dei litotipi riduce significativamente la permeabilità dell'acquifero che presenta valori di conducibilità idraulica di un ordine di grandezza inferiore a quelli del primo acquifero e pari a circa $10^{-4} \div 10^{-5}$ m/s. Questo acquifero può contenere una falda libera o, in presenza di orizzonti poco permeabili al tetto, localmente semiconfinata, generalmente in collegamento con quella soprastante. Laddove le differenze di carico piezometrico tra le due falde risultano più significative possono verificarsi scambi idrici tra gli acquiferi per il fenomeno di drenanza;
- terzo acquifero, caratterizzato da terreni a tessitura prevalentemente fine, quali limi e argille con livelli di sabbie fini. Questi depositi vengono attribuiti in letteratura alle cosiddette argille

villafranchiane. A causa della netta prevalenza di litotipi a granulometria fine, i valori di conducibilità idraulica solo nelle lenti sabbiose sono pari a circa 10^{-4}÷10^{-6} m/s. Le stesse lenti sabbiose sono sede di falde confinate e protette.

Questa schematizzazione, tuttora utilizzata in ambito geologico applicativo, risulta solo in parte applicabile alla complessa struttura idrogeologica del sottosuolo a nord di Milano dove le separazioni tra differenti acquiferi risultano discontinue e di difficile interpretazione.

La correlazione tra differenti corpi acquiferi in particolare risulta fondamentale per definire le zone di ricarica e, conseguentemente, le misure di protezione da adottare nelle aree poste a monte che alimentano le falde acquifere delle aree di pianura.

In questi termini, risultano più adeguati criteri di classificazione degli acquiferi che tengano conto di elementi stratigrafici, in modo da poter disporre di correlazioni tra corpi acquiferi su scala regionale.

Studi condotti da Regione Lombardia e AGIP (2002) hanno permesso di ricostruire la geometria del sottosuolo, attraverso l'applicazione dei principi della stratigrafia sequenziale ai depositi alluvionali della pianura.

Le elaborazioni condotte su base stratigrafica (sequenze deposizionali), partendo da una raccolta storica di dati comprensivi di linee sismiche a riflessione, stratigrafie di pozzi e log di perforazione, hanno così permesso l'identificazione di quattro unità idro-stratigrafiche di rango superiore (Gruppi Acquiferi) definite da barriere di permeabilità ad estensione regionale.

L'architettura interna e le caratteristiche petrofisiche delle unità idro-stratigrafiche descritte sono il risultato della storia tettonica e deposizionali del bacino sedimentario padano. Questo schema di classificazione integra quello già proposto dalla Regione Emilia-Romagna, consentendo la correlazione delle unità alla scala dell'intero bacino padano.

I Gruppi Acquiferi riconosciuti a partire dal piano campagna nel territorio di Monza e della Brianza risultano così definiti:

- gruppo acquifero A, sfruttato generalmente in modo intensivo nelle aree di pianura, nella Brianza monzese risulta presente solo nella fascia più meridionale, dove iniziano a meglio definirsi le aree di pianura. Tale unità risulta ben riconoscibile nel log stratigrafico del pozzo PO1080520U0015 di Caponago Brianza ed è certamente ben rappresentata nelle aree della media pianura impostate sui depositi alluvionali recenti e antichi e fluvioglaciali più recenti (Pleistocene sup.) costituenti il LFP. In termini di correlazioni con il sistema di classificazione tradizionale, il gruppo acquifero A corrisponde per buona parte con gli orizzonti appartenenti al primo acquifero;
- gruppo acquifero B, rappresenta il principale serbatoio d'acqua sfruttato nelle aree di margine di bacino. In Brianza costituisce l'acquifero principale e contiene una falda da libera a semiconfinata, con grado di vulnerabilità comunque elevato. La stragrande maggioranza dei pozzi presenti in quest'area interessa orizzonti ascrivibili principalmente al gruppo acquifero B e, subordinatamente, al gruppo C. In relazione alle forti analogie litologiche, il limite del gruppo

acquifero B con il soprastante gruppo A non è facilmente riconoscibile nelle stratigrafie dei sondaggi. La successione del gruppo B è prevalentemente costituita da sedimenti, quali sabbie medio-grossolane e ghiaie a matrice sabbiosa, caratterizzati da porosità e permeabilità elevate. Il limite di base del Gruppo Acquifero B coincide con una fase di fondamentale importanza nell'evoluzione sedimentaria della pianura lombarda, in quanto rappresenta l'inizio di una significativa fase di deposizione in ambiente fluviale di tipo *braided*, connesso con un rapido deterioramento del clima nel corso delle fasi glaciali pleistoceniche. Questa unità corrisponde stratigraficamente alle litofacies, tradizionalmente attribuite all'unità ghiaioso-sabbiosa-limosa e all'unità a conglomerati e arenarie basali (Ceppo, auct.) ben sviluppate nel territorio in esame e spesso identificabili come costituenti il secondo acquifero;

- gruppo acquifero C, insieme al gruppo B, è l'unità meglio rappresentata nella Brianza e nell'area pedemontana lombarda in genere. Per tale ragione, e in considerazioni delle particolari caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero, il gruppo C è stato sfruttato negli ultimi anni per prelievi di acque destinati ad utilizzi prevalentemente idropotabile o, comunque per uso alimentare o per produzioni ad alta tecnologia. La successione sedimentaria di questo gruppo è caratterizzata da due importanti cicli regressivi che ne determinano le particolari caratteristiche litologiche. La porzione più profonda risulta costituita da sedimenti marini di piattaforma prevalentemente argillosi con fossili che mostrano progressivamente, procedendo verso l'alto stratigrafico, le caratteristiche tipiche dei sedimenti di riempimento di un bacino (passaggi a facies tipiche di ambienti transizionali). La parte alta del ciclo è invece rappresentata da sedimenti continentali di piana alluvionale con sabbia grigia da finissima a media, laminata, alternata ad argilla siltosa verde e argilla palustre bruno-nerastra ricca di materia organica. La notevole variabilità sedimentaria del gruppo acquifero C ha importanti conseguenze di natura idrogeologica. Gli intervalli sabbiosi dei sistemi deltizi e litorali riconoscibili nella successione sedimentaria del gruppo acquifero C rappresentano dei serbatoi caratterizzati da significativo spessore (10÷30 m), buona continuità laterale, e da buone caratteristiche idrogeologiche in termini di porosità e permeabilità;
- gruppo acquifero D, è identificabile nella sua parte sommitale nei sondaggi profondi di Agrate Brianza e nella stratigrafia del pozzo PO1080520U0015 di Caponago. Considerata la collocazione particolarmente profonda nell'ambito della successione sedimentaria pleistocenica, non si hanno informazioni di pozzi presenti nel territorio che attraversano questa unità.

In ragione della particolare collocazione geografica del territorio che interessa la provincia di Monza e Brianza, in posizione intermedia tra i primi rilievi prealpini e la bassa pianura padana, la struttura idrogeologica del sottosuolo risulta, rispetto alle aree di pianura più meridionali, particolarmente articolata. Per una descrizione schematica e un'analisi dell'assetto idrogeologico, è dunque necessario suddividere l'area della Brianza in quattro settori principali, così individuabili:

- area occidentale e del terrazzo delle Groane (Barlassina, Seveso, Cesano Maderno, Bovisio Masciago, Seregno, Meda, Desio, Varedo, ecc.);
- area centrale (dorsale di Monza) e del bacino del Lambro;
- area orientale e del bacino dell'Adda;
- cintura metropolitana (Nova Milanese, Muggiò, Brugherio, Agrate Brianza e Cavenago Brianza).

Area occidentale e del terrazzo delle Groane

In questa porzione di territorio dove ricade il comune di Meda, il sottosuolo risulta contraddistinto da una discreta omogeneità strutturale, con i principali acquiferi che si sviluppano con buona continuità areale.

L'unità ghiaioso-sabbiosa-limosa, indicativamente corrispondente al gruppo acquifero B, forma il sottosuolo dell'area sino ad una profondità media di circa 25÷30 m, mostrando estrema eterogeneità nei caratteri litologici, con frequenti variazioni granulometriche sia laterali che verticali. In superficie, si caratterizza per la spinta alterazione pedogenetica (ferretto vetusol) che può interessare spessori fino a 5 m, soprattutto in corrispondenza del terrazzo delle Groane (parte più occidentale dei comuni di Lentate sul Seveso, Barlassina, Seveso e Cesano Maderno). Dal punto di vista idrogeologico, questa unità presenta mediamente scarsa permeabilità e risulta generalmente insatura; fanno eccezione alcune situazioni locali dove la presenza di lenti argillose o conglomeratiche che raccolgono le acque di infiltrazione dalla superficie, possono dar luogo alla formazione di piccole falde sospese.

La sottostante unità conglomeratica si rinviene a partire da circa 25 m fino a circa 100 m dal p.c. La parte superiore risulta formata da conglomerati e arenarie passanti a ghiaie e sabbie, stratigraficamente correlate da alcuni autori con i depositi fluviali del Ceppo; la parte inferiore (presente tra 70 e 100 m di profondità) è certamente riconducibile ad episodi deposizionali più antichi, ma di incerta attribuzione stratigrafica.

Questa unità costituisce la roccia serbatoio dell'acquifero tradizionale, la cui base si rinviene con continuità in tutta l'area in esame a una profondità di circa 100 m dal p.c. Il livello freatico della falda contenuta nell'acquifero in esame può variare tra i 50 e i 60 m dal p.c., in relazione alle oscillazioni stagionali e alla posizione geografica (soggiacenze maggiori si misurano verso ovest nell'area di Cesano Maderno, un poco inferiori verso est nell'area di Desio).

Al di sotto del livello di falda è possibile individuare a circa 70 m di profondità un orizzonte di spessore variabile da 5 a 10 m limoso-argilloso. La discreta continuità di questo livello, rinvenibile nell'area più occidentale (indicativamente tra Seveso, Cesano Maderno e Bovisio Masciago) in gran parte delle perforazioni, scompone l'acquifero tradizionale in due falde, normalmente indicate come prima falda libera (tra 50÷60 m e 70 m) e seconda falda semiconfinata (tra 75÷80 m e 100 m). Questi acquiferi corrisponderebbero, secondo lo schema di classificazione regionale descritto nel precedente paragrafo, al gruppo acquifero B.

Oltre i 100 m e fino ad almeno 135 m di profondità, si sviluppa un complesso di terreni costituito in prevalenza da limi e argille, talora sabbiose, di colore giallo e grigio in facies di ambiente lacustre-palustre (c.d. Villafranchiane auct.). Questi terreni vengono attribuiti all'unità sabbioso-argillosa in facies continentale; procedendo verso il basso stratigrafico si assiste ad una variazione di facies con

passaggio ai depositi di transizione di ambiente litorale dell'unità argillosa, caratterizzata dalla presenza di sedimenti limoso-argillosi di colore grigio con fossili.

All'interno dell'unità sabbioso-argillosa continentale e nella porzione sommitale dell'unità argillosa marina, alternati ai sedimenti a granulometria più fine, si rinvengono comunque livelli sabbiosi che formano una serie di acquiferi sedi di falde confinate, separate dalla superficie e dalla falda soprastante da spessi e continui livelli limoso-argillosi. Questi acquiferi vengono normalmente indicati come acquiferi profondi e corrispondono, a scala regionale, al gruppo acquifero C.

Più verso oriente, nell'area di Seregno e Desio, la struttura idrogeologica risulta molto simile, nonostante l'assenza in superficie degli orizzonti di alterazione, caratteristici del terrazzo delle Groane (cd. terrazzi mindeliani). Anche in questa porzione di territorio, solo i gruppi acquiferi B e C descritti nell'area lombarda risultano sede di falde acquifere libere, semiconfinata o confinate.

Classificazione dei corpi idrici sotterranei

Stato quantitativo

Un corpo idrico sotterraneo è considerato in "buono" stato quantitativo quando sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il livello delle acque sotterranee nel corpo idrico sotterraneo è tale che la media annua dell'estrazione a lungo termine non esaurisca le risorse idriche sotterranee disponibili e di conseguenza il livello piezometrico non subisca alterazioni antropiche tali da:
  - ✓ impedire il conseguimento degli obiettivi ecologici per le acque superficiali connesse;
  - ✓ comportare un deterioramento significativo della qualità delle acque;
  - ✓ recare danni significativi agli ecosistemi terrestri direttamente dipendenti dal corpo idrico sotterraneo;
- inoltre, alterazioni della direzione di flusso risultanti da variazioni del livello possono verificarsi, su base temporanea o permanente, in un'area delimitata nello spazio; tali inversioni non causano tuttavia un'intrusione di acqua salata o di altro tipo né imprimono alla direzione di flusso alcuna tendenza antropica duratura e chiaramente identificabile che possa determinare le intrusioni.

Nel corso del 2012, i dati delle misure piezometriche mostrano per l'acquifero superficiale (gruppo acquifero B) una generale e relativa tendenza all'abbassamento del livello freatico, con valori compresi tra i 3 e i 5 m, mentre per l'acquifero profondo le variazioni risultano più contenute e relativamente costanti.

Per alcuni punti di controllo, la disponibilità di una significativa serie storica di misure piezometriche consente di ricostruire le oscillazioni dei livelli di falda nel periodo 1996÷2012.

In particolare, vengono riportati i dati riferiti a quei pozzi, considerati geograficamente più rappresentativi dei settori idrogeologici riconoscibili nel territorio e per i quali la serie storica delle misure fosse il più possibile completa. La disponibilità di serie storiche complete risulta spesso condizionata dal fatto che alcuni pozzi monitorati, in un periodo di tempo ragionevolmente significativo, possono subire modifiche strutturali, perdite di efficienza idrogeologica o non risultare più strategici nella rete di approvvigionamento idrico. Per tali ragioni i pozzi possono risultare periodicamente, se non definitivamente fuori uso e, dunque, non misurabili.

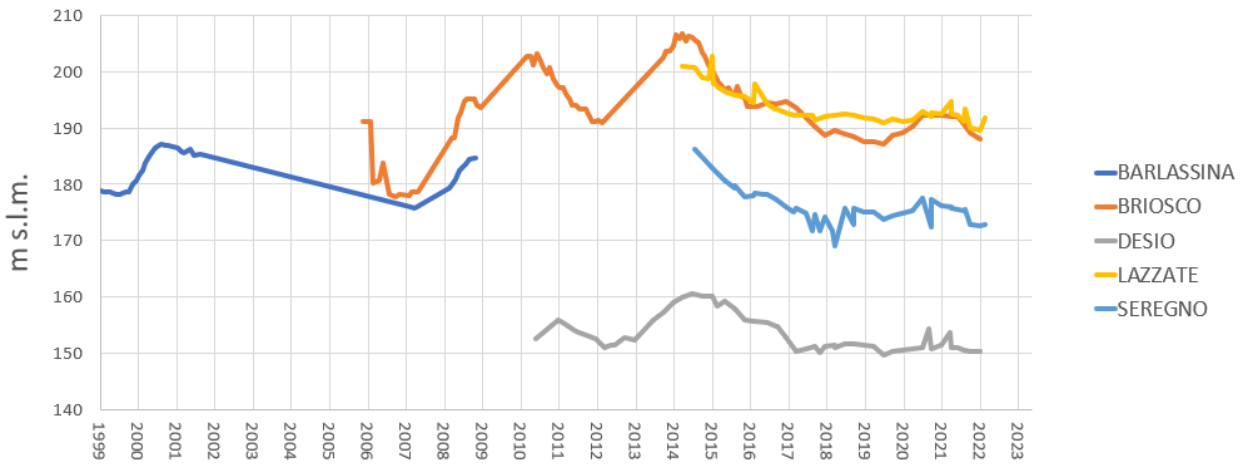
Nel periodo 2002÷2012 la rete è stata dunque periodicamente revisionata ed aggiornata, influenzando in qualche modo la continuità delle misure.

Nel settore occidentale, approssimativamente compreso tra il terrazzo delle Groane (Seveso, Cesano Maderno, Bovisio Masciago e Varedo) e i depositi di pianura di Seregno, Desio e Varedo, il livello freatico risulta molto profondo rispetto al piano campagna, con valori di soggiacenza elevati, mediamente compresi tra i 43 e i 54 m di profondità. In termini assoluti, la superficie piezometrica a Desio si attesta a quote comprese tra i 145 e i 156 m s.l.m. Nel corso del 2012 il livello freatico mostra un complessivo abbassamento di quota assoluta, coerentemente con quanto riscontrato in altre aree del territorio provinciale. Le oscillazioni piezometriche sono riportate nel grafico sottostante.

Le variazioni riportate evidenziano un significativo cambio di regime a partire dal 2001, presumibilmente determinato da una riduzione delle portate di emungimento nelle aree di influenza del punto di misura; risultano comunque sufficientemente riconoscibili le oscillazioni stagionali.

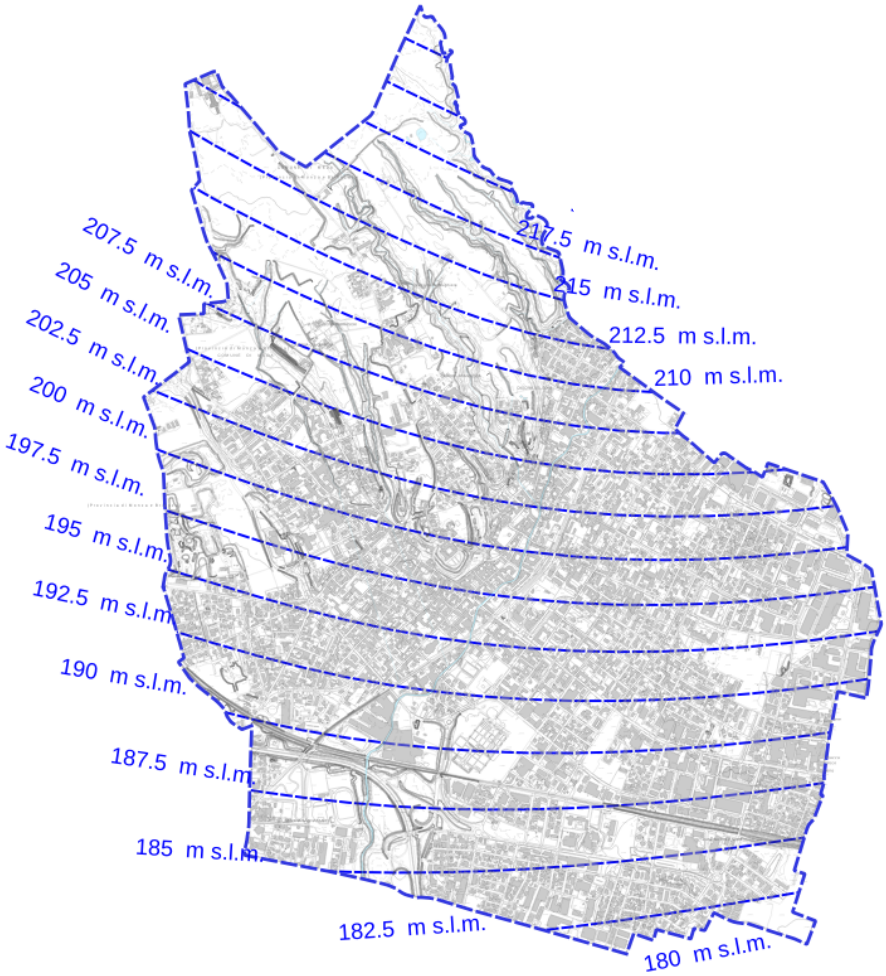
Nel 2012 la soggiacenza della falda libera (prima falda) nell'area di Desio si attesta su valori compresi tra i 45 e i 48 m dal p.c.

Di seguito si riportano le variazioni dei livelli piezometrici nel periodo 2000-2022 nei 5 pozzi più prossimi a Meda in base ai dati forniti da ARPA:



Di seguito si riportano le mappe delle isopieze della falda superficiale nel territorio di Meda tratte dallo studio "Approfondimento specialistico relativo ai corpi idrici sotterranei nel Piano di Tutela delle Acque lombardo" (febbraio 2015) - Polis Lombardia. Le piezometrie sono state elaborate a seguito dello svolgimento di 2 campagne di rilievo, a maggio e settembre del 2014, entrambe relative sia agli acquiferi superficiali (acquiferi freatici) che a quelli profondi (acquiferi semiconfinati e confinati profondi). I rilievi piezometrici e la ricostruzione cartografica sono stati condotti da Studio Idrogeotecnico Applicato sas e Idrogea Servizi srl, su incarico affidato da Eupolis Lombardia.

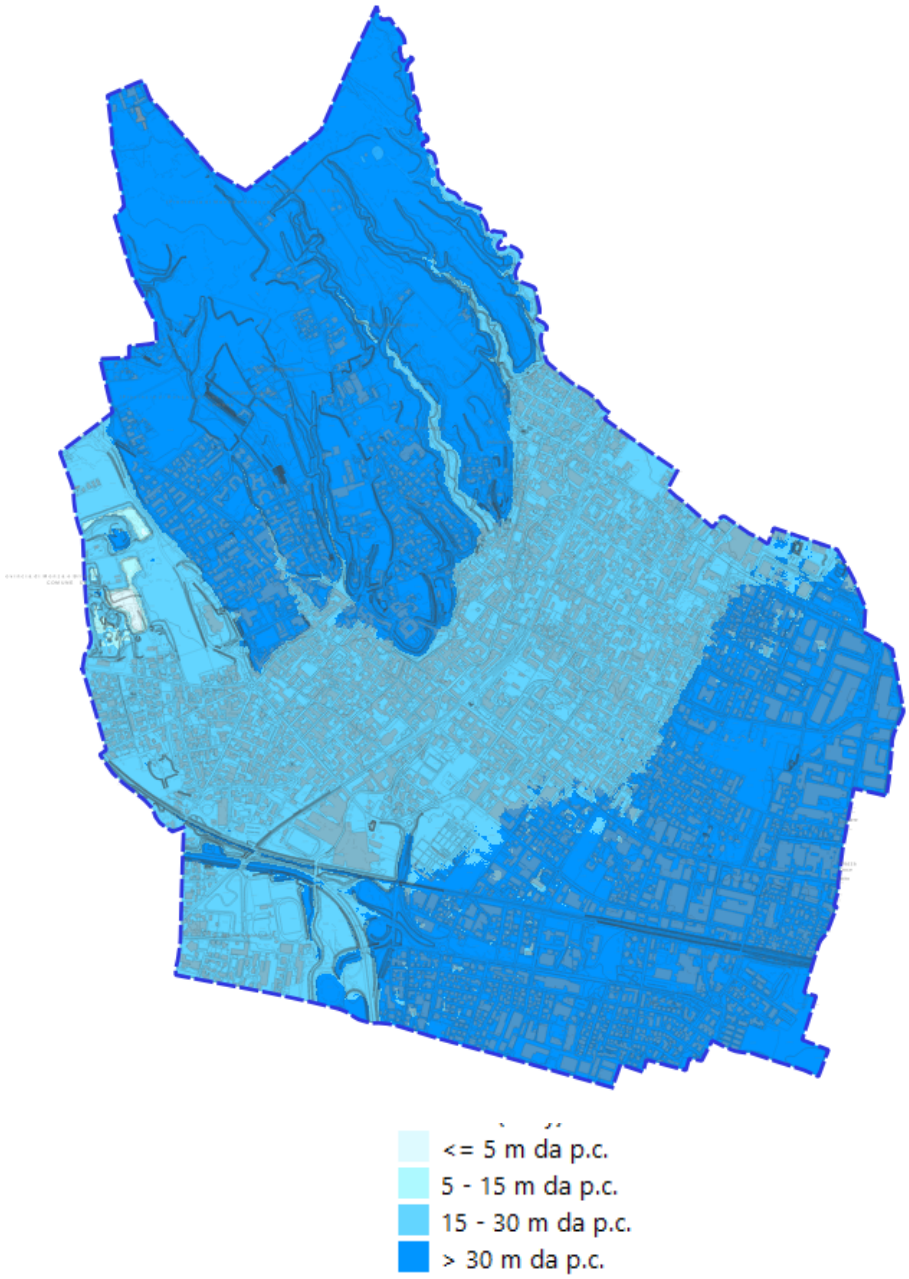
Di seguito si riportano alcuni estratti di tali mappe:



Piezometria falda superficiale settembre 2014

Come dimostrato dal grafico della pagina precedente, il livello della falda è un dato variabile nel tempo, pertanto la mappa delle isopieze è da intendersi come orientativa dell'andamento della falda.

Per gli interventi in cui è necessario conoscere il dato della soggiacenza con maggior precisione bisognerà procedere con indagini e misure in situ.

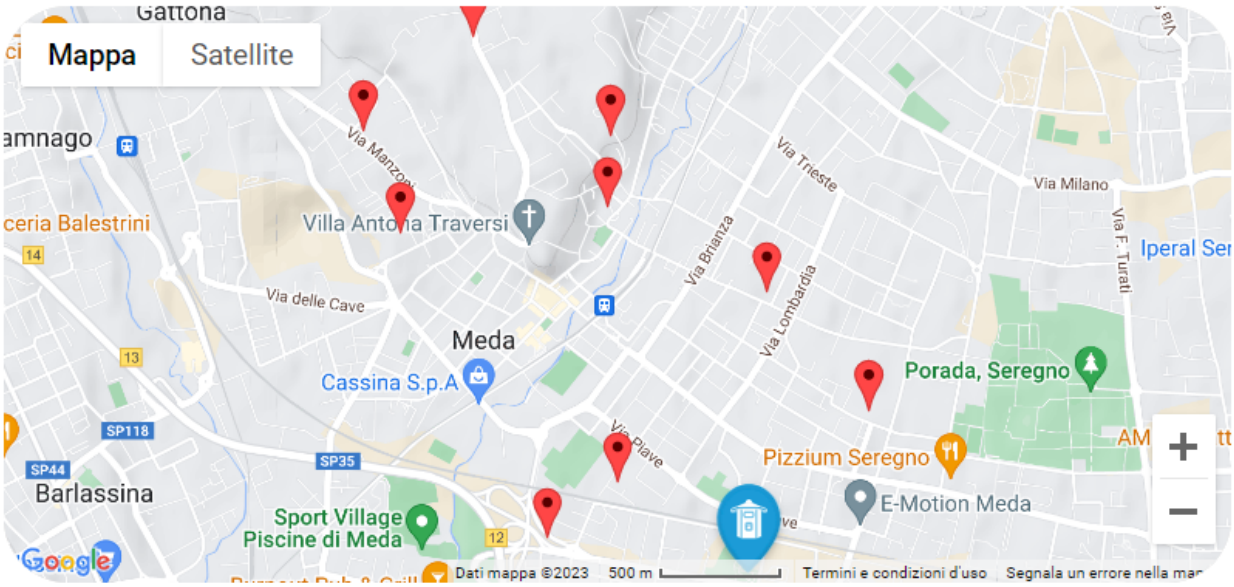


Soggiacenza falda superficiale settembre 2014

Qualità delle acque sotterranee

La valutazione delle caratteristiche idrochimiche delle acque di falda è basata sull'esame dei risultati delle analisi condotte da Brianza Acque nei punti di prelievo del comune di Meda.

Di seguito si riportano i punti di prelievo oggetto delle analisi



Punto di prelievo: MEDA, VIA SANTA MARIA

Ecco di seguito il dettaglio dei parametri del punto di prelievo più vicino all'indirizzo che hai ricercato.

I limiti sono riferiti al D.lgs 31/01 e S.M.I.

pH (Unità pH) 7,9 Valore di parametro: 6,5 - 9,5	Conduttività (µS.cm-1a 20°C) 330 Valore di parametro: 2500	Cloruro (mg/l) 10,3 Valore di parametro: 250	Durezza (°F) 16,3 Consigliato tra 15 e 50	Magnesio (mg/l) 9,0 Nessun limite previsto
Nitrato (mg/l) 21,5 Valore di parametro: 50	Potassio (mg/l) 0,70 Nessun limite previsto	Sodio (mg/l) 4,7 Valore di parametro: 200	Residuo Secco (mg/l) 236 Valore max. consigliato: 1500	Solfato (mg/l) 16,3 Valore di parametro: 250
Calcio (mg/l) 50,6 Nessun limite previsto	Manganese (µg/l) < 5,0 Valore di parametro: 50	Ferro (µg/l) < 20 Valore di parametro: 200	Ammonio (mg/l) < 0,15 Valore di parametro: 0,5	Nitrito (mg/l) < 0,03 Valore di parametro: 0,5
Fluoruro (mg/l) < 0,15 Valore di parametro: 1,5	Cadmio (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 5	Cromo (µg/l) < 5,0 Valore di parametro: 50	Piombo (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 10	Alluminio (µg/l) < 20 Valore di parametro: 200
Nichel (µg/l) < 3,0 Valore di parametro: 20	Arsenico (µg/l) < 1,5 Valore di parametro: 10	Antimonio (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 5	Mercurio (µg/l) < 0,20 Valore di parametro: 1	Selenio (µg/l) < 1,5 Valore di parametro: 10
Alcalinità (mg/l HCO3-) 194 Nessun limite previsto				

Acqua microbiologicamente conforme

Data ultimo aggiornamento: 17/02/2023

Punto di prelievo: MEDA, VIA MANZONI

Ecco di seguito il dettaglio dei parametri del punto di prelievo più vicino all'indirizzo che hai ricercato.

I limiti sono riferiti al D.lgs 31/01 e S.M.I.

pH (Unità pH) 7,9 Valore di parametro: 6,5 - 9,5	Conduttività (µS.cm-1a 20°C) 355 Valore di parametro: 2500	Cloruro (mg/l) 10,9 Valore di parametro: 250	Durezza (°F) 18,2 Consigliato tra 15 e 50	Magnesio (mg/l) 10,4 Nessun limite previsto
Nitrato (mg/l) 21,7 Valore di parametro: 50	Potassio (mg/l) 0,78 Nessun limite previsto	Sodio (mg/l) 6,0 Valore di parametro: 200	Residuo Secco (mg/l) 254 Valore max. consigliato: 1500	Solfato (mg/l) 15,8 Valore di parametro: 250
Calcio (mg/l) 55,9 Nessun limite previsto	Manganese (µg/l) < 5,0 Valore di parametro: 50	Ferro (µg/l) < 20 Valore di parametro: 200	Ammonio (mg/l) < 0,15 Valore di parametro: 0,5	Nitrito (mg/l) < 0,03 Valore di parametro: 0,5
Fluoruro (mg/l) < 0,15 Valore di parametro: 1,5	Cadmio (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 5	Cromo (µg/l) < 5,0 Valore di parametro: 50	Piombo (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 10	Alluminio (µg/l) < 20 Valore di parametro: 200
Nichel (µg/l) < 3,0 Valore di parametro: 20	Arsenico (µg/l) < 1,5 Valore di parametro: 10	Antimonio (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 5	Mercurio (µg/l) < 0,20 Valore di parametro: 1	Selenio (µg/l) < 1,5 Valore di parametro: 10
Alcalinità (mg/l HCO3-) 191 Nessun limite previsto				

Acqua microbiologicamente conforme

Data ultimo aggiornamento: 17/02/2023

Punto di prelievo: MEDA, VIA SAN GIUSEPPE

Ecco di seguito il dettaglio dei parametri del punto di prelievo più vicino all'indirizzo che hai ricercato.

I limiti sono riferiti al D.lgs 31/01 e S.M.I.

pH (Unità pH) **7,7** Valore di parametro: **6,5 - 9,5**	Conduttività (µS.cm-1a 20°C) **446** Valore di parametro: **2500**	Cloruro (mg/l) **10,4** Valore di parametro: **250**	Durezza (°F) **16,0** **Consigliato tra 15 e 50**	Magnesio (mg/l) **8,9** **Nessun limite previsto**
Nitrato (mg/l) **22,3** Valore di parametro: **50**	Potassio (mg/l) **0,70** **Nessun limite previsto**	Sodio (mg/l) **4,8** Valore di parametro: **200**	Residuo Secco (mg/l) **319** **Valore max. consigliato: 1500**	Solfato (mg/l) **17,1** Valore di parametro: **250**
Calcio (mg/l) **49,4** **Nessun limite previsto**	Manganese (µg/l) **< 5,0** Valore di parametro: **50**	Ferro (µg/l) **< 20** Valore di parametro: **200**	Ammonio (mg/l) **< 0,15** Valore di parametro: **0,5**	Nitrito (mg/l) **< 0,03** Valore di parametro: **0,5**
Fluoruro (mg/l) **< 0,15** Valore di parametro: **1,5**	Cadmio (µg/l) **< 1,0** Valore di parametro: **5**	Cromo (µg/l) **< 5,0** Valore di parametro: **50**	Piombo (µg/l) **< 1,0** Valore di parametro: **10**	Alluminio (µg/l) **< 20** Valore di parametro: **200**
Nichel (µg/l) **< 3,0** Valore di parametro: **20**	Arsenico (µg/l) **< 1,5** Valore di parametro: **10**	Antimonio (µg/l) **< 1,0** Valore di parametro: **5**	Mercurio (µg/l) **< 0,20** Valore di parametro: **1**	Selenio (µg/l) **< 1,5** Valore di parametro: **10**
Alcalinità (mg/l HCO_3^-) **379** **Nessun limite previsto**				

Acqua microbiologicamente conforme

Data ultimo aggiornamento: 17/02/2023

Punto di prelievo: MEDA, VIA GIOVANNI XXIII

Ecco di seguito il dettaglio dei parametri del punto di prelievo più vicino all'indirizzo che hai ricercato.

I limiti sono riferiti al D.lgs 31/01 e S.M.I.

pH (Unità pH) **7,9** Valore di parametro: **6,5 - 9,5**	Conduttività (µS.cm-1a 20°C) **354** Valore di parametro: **2500**	Cloruro (mg/l) **11,6** Valore di parametro: **250**	Durezza (°F) **17,7** **Consigliato tra 15 e 50**	Magnesio (mg/l) **10,0** **Nessun limite previsto**
Nitrato (mg/l) **23,1** Valore di parametro: **50**	Potassio (mg/l) **0,75** **Nessun limite previsto**	Sodio (mg/l) **5,9** Valore di parametro: **200**	Residuo Secco (mg/l) **253** **Valore max. consigliato: 1500**	Solfato (mg/l) **16,8** Valore di parametro: **250**
Calcio (mg/l) **54,5** **Nessun limite previsto**	Manganese (µg/l) **< 5,0** Valore di parametro: **50**	Ferro (µg/l) **< 20** Valore di parametro: **200**	Ammonio (mg/l) **< 0,15** Valore di parametro: **0,5**	Nitrito (mg/l) **< 0,03** Valore di parametro: **0,5**
Fluoruro (mg/l) **< 0,15** Valore di parametro: **1,5**	Cadmio (µg/l) **< 1,0** Valore di parametro: **5**	Cromo (µg/l) **< 5,0** Valore di parametro: **50**	Piombo (µg/l) **< 1,0** Valore di parametro: **10**	Alluminio (µg/l) **< 20** Valore di parametro: **200**
Nichel (µg/l) **< 3,0** Valore di parametro: **20**	Arsenico (µg/l) **< 1,5** Valore di parametro: **10**	Antimonio (µg/l) **< 1,0** Valore di parametro: **5**	Mercurio (µg/l) **< 0,20** Valore di parametro: **1**	Selenio (µg/l) **< 1,5** Valore di parametro: **10**
Alcalinità (mg/l HCO_3^-) **187** **Nessun limite previsto**				

Acqua microbiologicamente conforme

Data ultimo aggiornamento: 17/02/2023

Punto di prelievo: MEDA, PIAZZA CAVOUR

Ecco di seguito il dettaglio dei parametri del punto di prelievo più vicino all'indirizzo che hai ricercato.

I limiti sono riferiti al D.lgs 31/01 e S.M.I.

pH (Unità pH) **7,9** Valore di parametro: **6,5 - 9,5**	Conduttività (µS.cm-1a 20°C) **361** Valore di parametro: **2500**	Cloruro (mg/l) **10,9** Valore di parametro: **250**	Durezza (°F) **18,6** **Consigliato tra 15 e 50**	Magnesio (mg/l) **10,4** **Nessun limite previsto**
Nitrato (mg/l) **21,7** Valore di parametro: **50**	Potassio (mg/l) **0,84** **Nessun limite previsto**	Sodio (mg/l) **6,2** Valore di parametro: **200**	Residuo Secco (mg/l) **258** **Valore max. consigliato: 1500**	Solfato (mg/l) **15,9** Valore di parametro: **250**
Calcio (mg/l) **57,4** **Nessun limite previsto**	Manganese (µg/l) **< 5,0** Valore di parametro: **50**	Ferro (µg/l) **73** Valore di parametro: **200**	Ammonio (mg/l) **< 0,15** Valore di parametro: **0,5**	Nitrito (mg/l) **< 0,03** Valore di parametro: **0,5**
Fluoruro (mg/l) **< 0,15** Valore di parametro: **1,5**	Cadmio (µg/l) **< 1,0** Valore di parametro: **5**	Cromo (µg/l) **< 5,0** Valore di parametro: **50**	Piombo (µg/l) **< 1,0** Valore di parametro: **10**	Alluminio (µg/l) **< 20** Valore di parametro: **200**
Nichel (µg/l) **< 3,0** Valore di parametro: **20**	Arsenico (µg/l) **< 1,5** Valore di parametro: **10**	Antimonio (µg/l) **< 1,0** Valore di parametro: **5**	Mercurio (µg/l) **< 0,20** Valore di parametro: **1**	Selenio (µg/l) **< 1,5** Valore di parametro: **10**
Alcalinità (mg/l HCO_3^-) **345** **Nessun limite previsto**				

Acqua microbiologicamente conforme

Data ultimo aggiornamento: 17/02/2023

Punto di prelievo: MEDA, VIA CIALDINI

Ecco di seguito il dettaglio dei parametri del punto di prelievo più vicino all'indirizzo che hai ricercato.

I limiti sono riferiti al D.lgs 31/01 e S.M.I.

pH (Unità pH) **7,4** Valore di parametro: **6,5 - 9,5**	Conduttività (µS.cm-1a 20°C) **588** Valore di parametro: **2500**	Cloruro (mg/l) **21,6** Valore di parametro: **250**	Durezza (°F) **30,0** **Consigliato tra 15 e 50**	Magnesio (mg/l) **12,9** **Nessun limite previsto**
Nitrato (mg/l) **31,3** Valore di parametro: **50**	Potassio (mg/l) **1,66** **Nessun limite previsto**	Sodio (mg/l) **14,3** Valore di parametro: **200**	Residuo Secco (mg/l) **420** **Valore max. consigliato: 1500**	Solfato (mg/l) **21,6** Valore di parametro: **250**
Calcio (mg/l) **98,7** **Nessun limite previsto**	Manganese (µg/l) **< 5,0** Valore di parametro: **50**	Ferro (µg/l) **< 20** Valore di parametro: **200**	Ammonio (mg/l) **< 0,15** Valore di parametro: **0,5**	Nitrito (mg/l) **< 0,03** Valore di parametro: **0,5**
Fluoruro (mg/l) **< 0,15** Valore di parametro: **1,5**	Cadmio (µg/l) **< 1,0** Valore di parametro: **5**	Cromo (µg/l) **< 5,0** Valore di parametro: **50**	Piombo (µg/l) **< 1,0** Valore di parametro: **10**	Alluminio (µg/l) **< 20** Valore di parametro: **200**
Nichel (µg/l) **< 3,0** Valore di parametro: **20**	Arsenico (µg/l) **< 1,5** Valore di parametro: **10**	Antimonio (µg/l) **< 1,0** Valore di parametro: **5**	Mercurio (µg/l) **< 0,20** Valore di parametro: **1**	Selenio (µg/l) **< 1,5** Valore di parametro: **10**
Alcalinità (mg/l HCO_3^-) **442** **Nessun limite previsto**				

Acqua microbiologicamente conforme

Data ultimo aggiornamento: 17/02/2023

Punto di prelievo: MEDA, VIA DE GASPERI

Ecco di seguito il dettaglio dei parametri del punto di prelievo più vicino all'indirizzo che hai ricercato.

I limiti sono riferiti al D.lgs 31/01 e S.M.I.

pH (Unità pH) 7,5 Valore di parametro: 6,5 - 9,5	Conduttività (µS.cm-1a 20°C) 548 Valore di parametro: 2500	Cloruro (mg/l) 19,8 Valore di parametro: 250	Durezza (°F) 28,2 Consigliato tra 15 e 50	Magnesio (mg/l) 12,6 Nessun limite previsto
Nitrato (mg/l) 29,5 Valore di parametro: 50	Potassio (mg/l) 1,52 Nessun limite previsto	Sodio (mg/l) 12,9 Valore di parametro: 200	Residuo Secco (mg/l) 392 Valore max. consigliato: 1500	Solfato (mg/l) 20,7 Valore di parametro: 250
Calcio (mg/l) 92,2 Nessun limite previsto	Manganese (µg/l) < 5,0 Valore di parametro: 50	Ferro (µg/l) < 20 Valore di parametro: 200	Ammonio (mg/l) < 0,15 Valore di parametro: 0,5	Nitrito (mg/l) < 0,03 Valore di parametro: 0,5
Fluoruro (mg/l) < 0,15 Valore di parametro: 1,5	Cadmio (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 5	Cromo (µg/l) < 5,0 Valore di parametro: 50	Piombo (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 10	Alluminio (µg/l) < 20 Valore di parametro: 200
Nichel (µg/l) < 3,0 Valore di parametro: 20	Arsenico (µg/l) < 1,5 Valore di parametro: 10	Antimonio (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 5	Mercurio (µg/l) < 0,20 Valore di parametro: 1	Selenio (µg/l) < 1,5 Valore di parametro: 10
Alcalinità (mg/l HCO_3^-) 409 Nessun limite previsto				

Acqua microbiologicamente conforme

Data ultimo aggiornamento: 17/02/2023

Punto di prelievo: MEDA, VIA N. BIXIO

Ecco di seguito il dettaglio dei parametri del punto di prelievo più vicino all'indirizzo che hai ricercato.

I limiti sono riferiti al D.lgs 31/01 e S.M.I.

pH (Unità pH) 7,8 Valore di parametro: 6,5 - 9,5	Conduttività (µS.cm-1a 20°C) 226 Valore di parametro: 2500	Cloruro (mg/l) 17,2 Valore di parametro: 250	Durezza (°F) 22,2 Consigliato tra 15 e 50	Magnesio (mg/l) 11,0 Nessun limite previsto
Nitrato (mg/l) 28,7 Valore di parametro: 50	Potassio (mg/l) 1,05 Nessun limite previsto	Sodio (mg/l) 8,7 Valore di parametro: 200	Residuo Secco (mg/l) 329 Valore max. consigliato: 1500	Solfato (mg/l) 21,6 Valore di parametro: 250
Calcio (mg/l) 70,8 Nessun limite previsto	Manganese (µg/l) < 5,0 Valore di parametro: 50	Ferro (µg/l) < 20 Valore di parametro: 200	Ammonio (mg/l) < 0,15 Valore di parametro: 0,5	Nitrito (mg/l) < 0,03 Valore di parametro: 0,5
Fluoruro (mg/l) < 0,15 Valore di parametro: 1,5	Cadmio (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 5	Cromo (µg/l) < 5,0 Valore di parametro: 50	Piombo (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 10	Alluminio (µg/l) < 20 Valore di parametro: 200
Nichel (µg/l) < 3,0 Valore di parametro: 20	Arsenico (µg/l) < 1,5 Valore di parametro: 10	Antimonio (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 5	Mercurio (µg/l) < 0,20 Valore di parametro: 1	Selenio (µg/l) < 1,5 Valore di parametro: 10
Alcalinità (mg/l HCO_3^-) 232 Nessun limite previsto				

Acqua microbiologicamente conforme

Data ultimo aggiornamento: 17/02/2023

Punto di prelievo: MEDA, VIALE TRE VENEZIE

Ecco di seguito il dettaglio dei parametri del punto di prelievo più vicino all'indirizzo che hai ricercato.

I limiti sono riferiti al D.lgs 31/01 e S.M.I.

pH (Unità pH) 7,7 Valore di parametro: 6,5 - 9,5	Conduttività (µS.cm-1a 20°C) 456 Valore di parametro: 2500	Cloruro (mg/l) 17,3 Valore di parametro: 250	Durezza (°F) 23,5 Consigliato tra 15 e 50	Magnesio (mg/l) 11,7 Nessun limite previsto
Nitrato (mg/l) 30,6 Valore di parametro: 50	Potassio (mg/l) 1,10 Nessun limite previsto	Sodio (mg/l) 9,1 Valore di parametro: 200	Residuo Secco (mg/l) 326 Valore max. consigliato: 1500	Solfato (mg/l) 22,2 Valore di parametro: 250
Calcio (mg/l) 74,7 Nessun limite previsto	Manganese (µg/l) < 5,0 Valore di parametro: 50	Ferro (µg/l) < 20 Valore di parametro: 200	Ammonio (mg/l) < 0,15 Valore di parametro: 0,5	Nitrito (mg/l) < 0,03 Valore di parametro: 0,5
Fluoruro (mg/l) < 0,15 Valore di parametro: 1,5	Cadmio (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 5	Cromo (µg/l) < 5,0 Valore di parametro: 50	Piombo (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 10	Alluminio (µg/l) < 20 Valore di parametro: 200
Nichel (µg/l) 3,8 Valore di parametro: 20	Arsenico (µg/l) < 1,5 Valore di parametro: 10	Antimonio (µg/l) < 1,0 Valore di parametro: 5	Mercurio (µg/l) < 0,20 Valore di parametro: 1	Selenio (µg/l) < 1,5 Valore di parametro: 10
Alcalinità (mg/l HCO_3^-) 387 Nessun limite previsto				

Acqua microbiologicamente conforme

Data ultimo aggiornamento: 17/02/2023

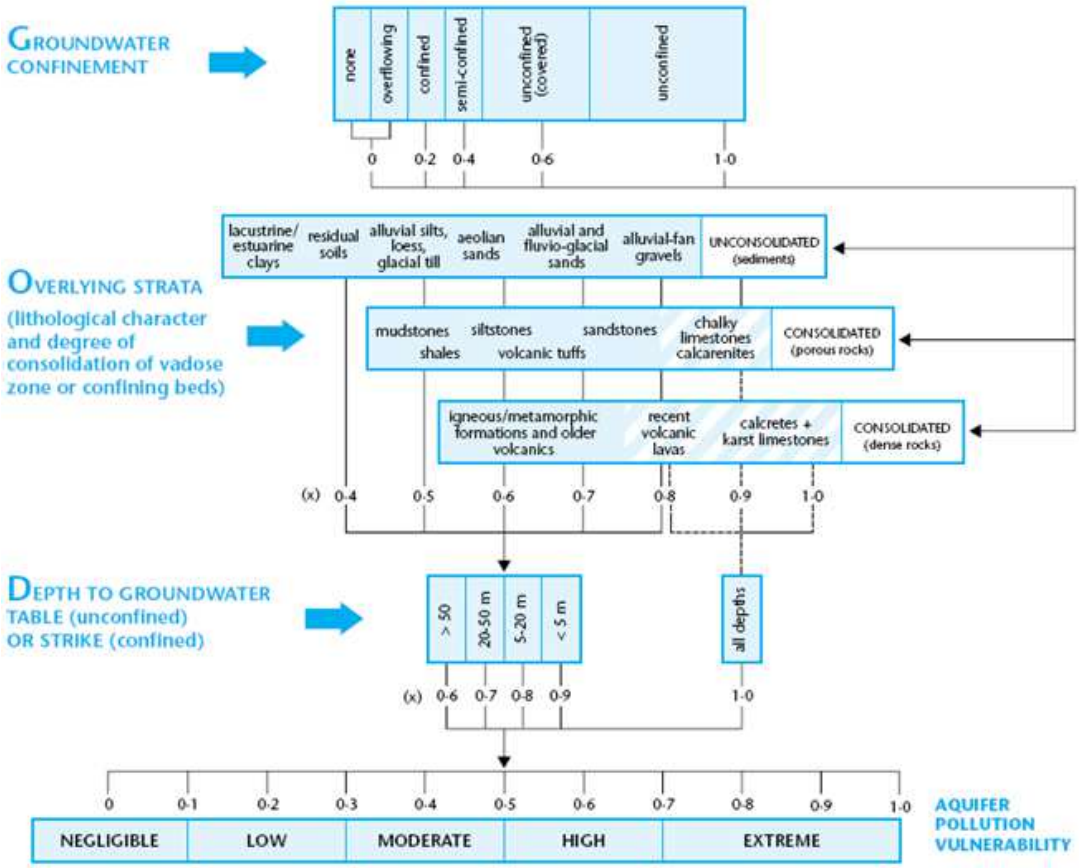
Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento

Con il termine di vulnerabilità si intende la possibilità d'infiltrazione e di propagazione nella falda di eventuali sostanze indesiderabili provenienti in genere dalla superficie, nel caso più generico, oppure da falde più superficiali già compromesse.
Lo stato di potenziale minaccia della qualità originaria delle acque sotterranee risulta pertanto determinato dalle condizioni ambientali (naturali e/o antropiche) esistenti e indipendenti da eventuali sorgenti inquinanti. La vulnerabilità di un acquifero è pertanto funzione della "resistenza" della zona insatura alla infiltrazione e propagazione di eventuali contaminanti provenienti dalla superficie (o da altre falde più superficiali più compromesse) in base al grado di confinamento dell'acquifero, alla profondità del livello di saturazione entro il mezzo poroso permeabile.

Il metodo G.O.D. (acronimo di Groundwater confinement, Overlaying strata, Depth to groundwater table) è stato inizialmente proposto da Foster nel 1987.

Tra i diversi metodi per la valutare la vulnerabilità di un acquifero per il presente studio si adotta un metodo speditivo che prende in considerazione alcuni indici di riferimento denominato con la sigla **GOD**, messo a punto dal British Geological Survey (Foster, 1987) e che, secondo le valutazioni del C.N.R., rappresenta comunque uno dei più importanti ed utili del settore, sviluppato specificatamente per zone le in cui informazioni sul sottosuolo e sul sistema acquifero sotterraneo siano approssimate. Nel presente studio è stata utilizzata una versione più recente, messa a punto da Foster et al. nel 2002.
Il metodo GOD utilizza tre proprietà, indicizzate, del terreno come dati in ingresso il cui prodotto ne rappresenta l'indice di vulnerabilità.
Si tratta di una valutazione puntuale che stimando le condizioni medie, consente di ricavare con buona affidabilità la vulnerabilità idrogeologica senza distinguere il tipo di contaminante.
In ordine al modello idrogeologico descritto in precedenza, i parametri presi in considerazione risultano avere i seguenti valori:

- ***G**roundwater occurrance:* tipo di acquifero:
- ***O**verlying lithology:* substrato litologico dell'insaturo:
- ***D**epth to Groundwater:* profondità della superficie freatica:



Empiric G.O.D method for a fast aquifer vulnerability assessment (Foster & Hirata, 2002)

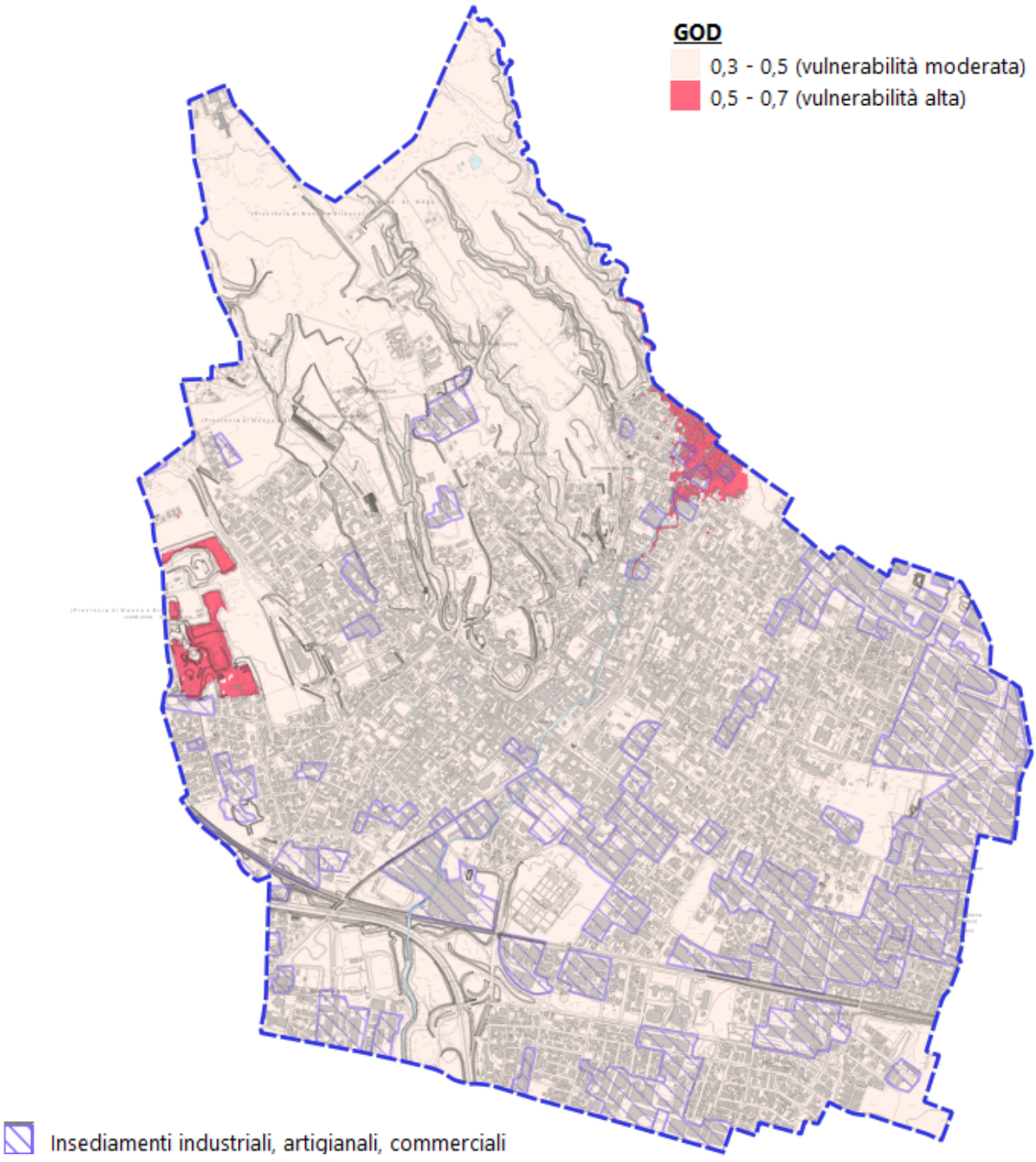
Per la valutazione della natura dei terreni, oltre alla carta geologica del progetto CARG, si fa riferimento alle stratigrafie dei pozzi del territorio di Meda reperite nel geoportale della provincia di Monza Brianza che indicano la prevalenza di sabbie e ghiaie nello strato insaturo superficiale.

Per la falda captata riferita all'acquifero, alla soggiacenza media, si stimano i seguenti parametri:

- Indice di vulnerabilità = G*O*D = 1.0*0.7*D = 0.42-0.63
- D= valore variabile in base alla soggiacenza della falda.

Da tale stima si evince che l'acquifero è localmente caratterizzato da un indice di vulnerabilità moderata, con localizzate aree caratterizzate da un indice di vulnerabilità più alto per minor valore della soggiacenza della falda.

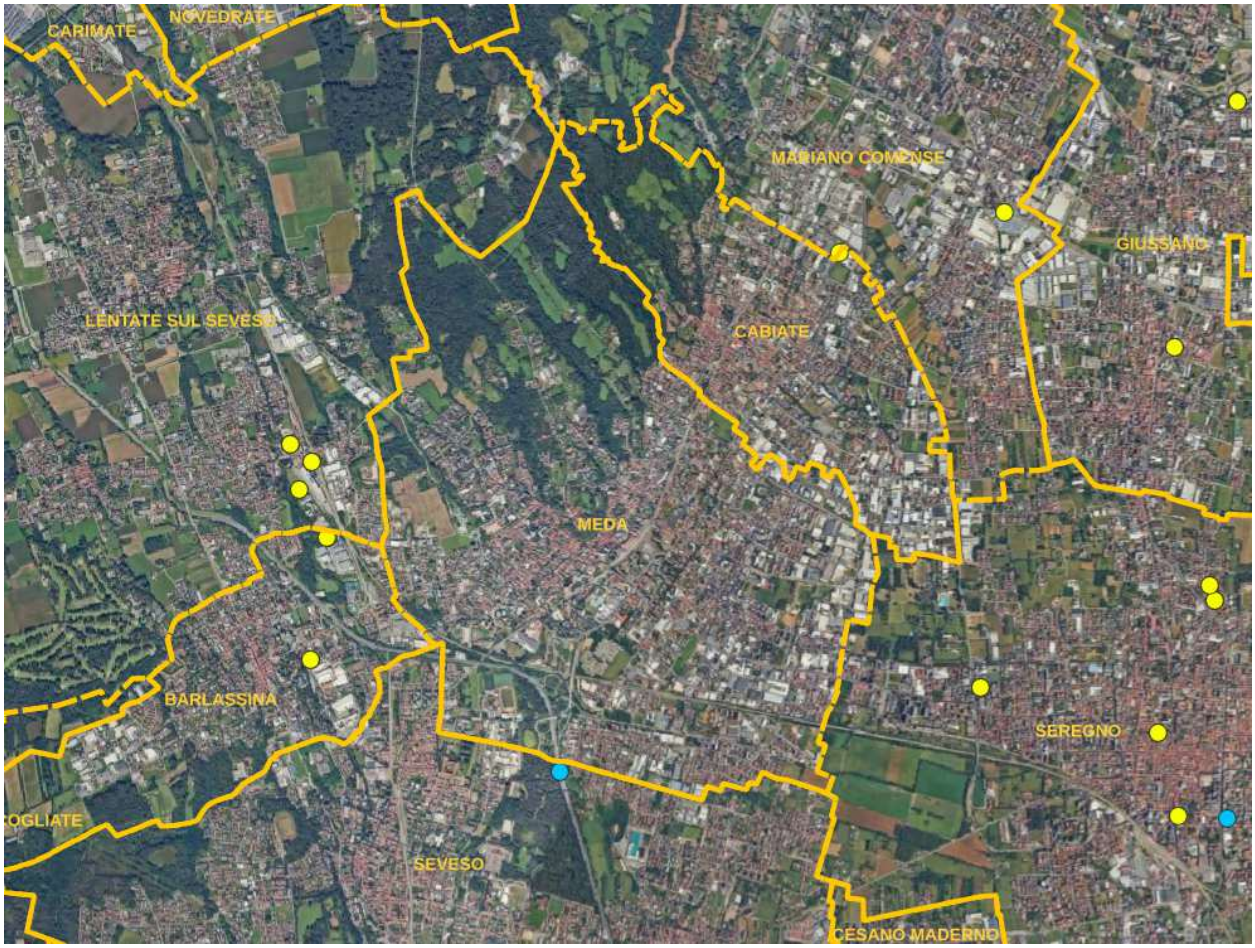
Di seguito si riporta la mappa che rappresenta la vulnerabilità dell'acquifero in relazione alle aree industriali/produttive tratte dalla cartografia DUSAF.



La vulnerabilità dell'acquifero risultante nelle ex aree di cava potrà variare in seguito all'aumento della soggiacenza conseguente ai riempimenti.

Per quanto riguarda la presenza di siti contaminati, la consultazione dei dati riportati nel geoportale di Regione Lombardia non indica la presenza di siti potenzialmente contaminati noti/censiti.

Di seguito si riporta un estratto della mappatura aggiornata al 30 giugno 2024 dei siti contaminati e bonificati sul territorio lombardo:



Siti_bonificati_e_Siti_contaminati

- bonificato
- contaminato

Censimento sorgenti e pozzi sul territorio comunale

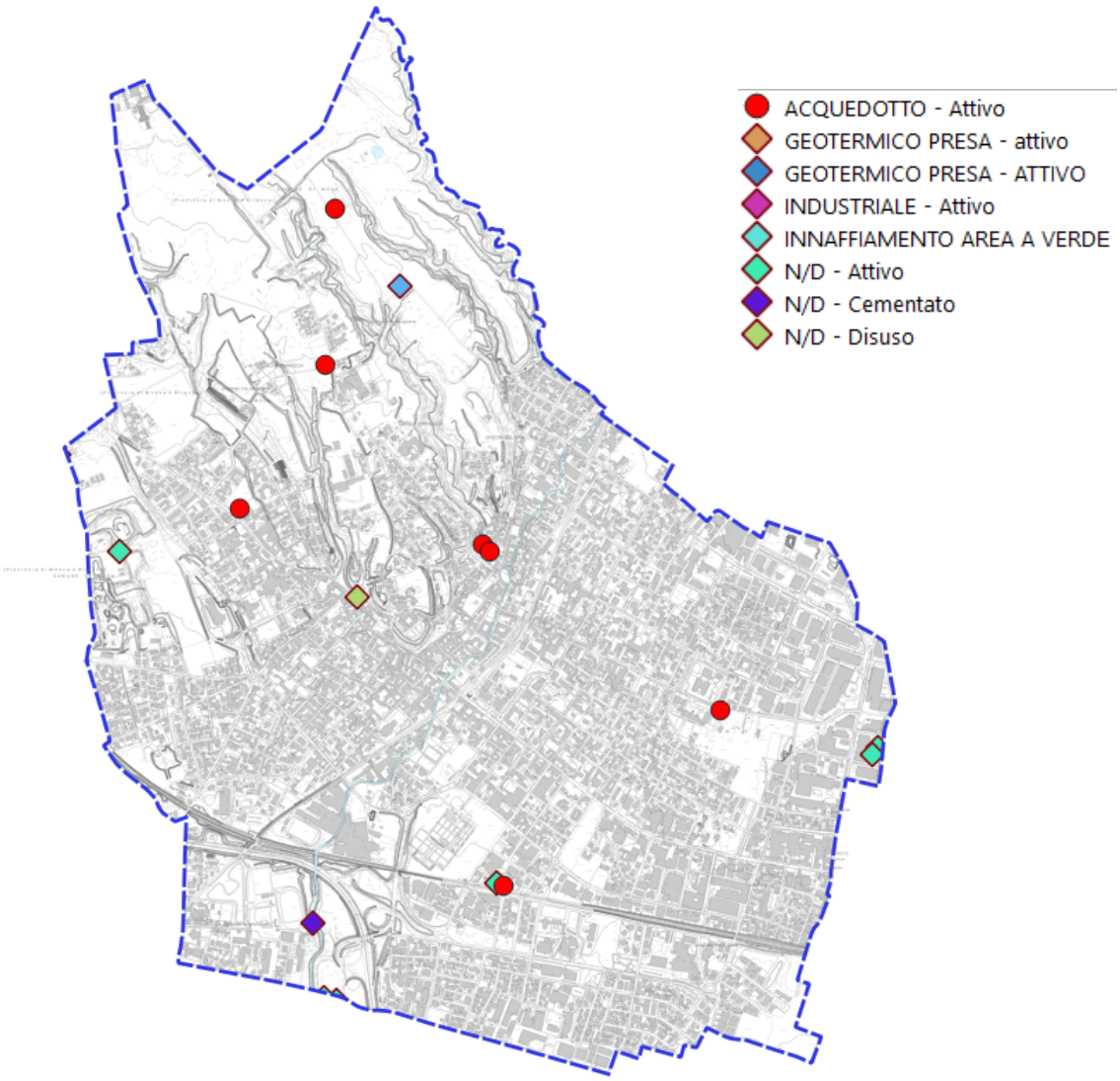
Sorgenti

Sul territorio di Meda non si hanno indicazioni in merito alla captazione ad uso idropotabile di sorgenti.

Pozzi

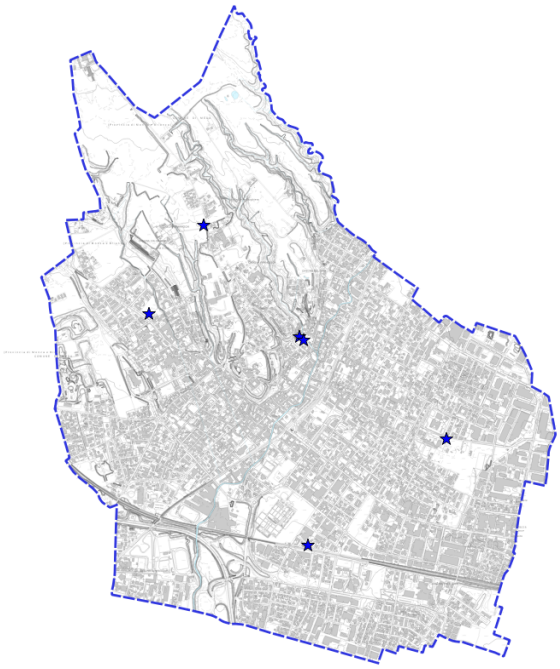
Il comune di Meda è interessato dalla presenza di pozzi pubblici per la captazione di acqua ad uso idropotabile.

Di seguito si riporta l'ubicazione dei pozzi censiti sul territorio comunale tratto dal SIT provinciale:

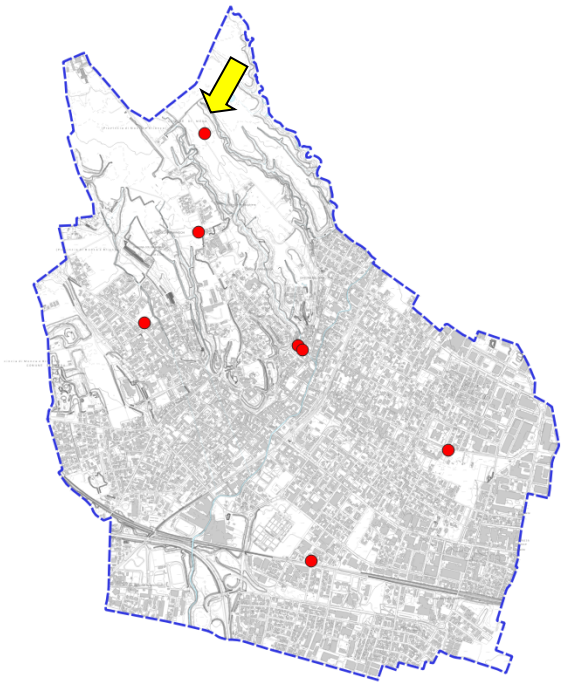


I pozzi censiti sul sito della Provincia di Monza e Brianza sono stati confrontati con il database del gestore della rete idrica; dal confronto è emerso che i pozzi attivi utilizzati per la captazione e distribuzione idrica pubblica sono 6 (uno in meno di quelli indicati dal SIT provinciale).

codsif	indirizzo	utilizzo	tipoprop	tipo	stato	quota p. campagna
151380001	VIA NINO BIXIO	N/D	PUBBLICA	POZZO	ATTIVO	219
151380002	VIA SAN GIUSEPPE I	ACQUEDOTTO	PUBBLICA	POZZO	ATTIVO	227.01
151380004	VIA CIALDINI	ACQUEDOTTO	PUBBLICA	POZZO	ATTIVO	229
151380005	VIA SAN GIUSEPPE II	ACQUEDOTTO	PUBBLICA	POZZO	ATTIVO	226
151380007	VIA SANTA MARIA	ACQUEDOTTO	PUBBLICA	POZZO	ATTIVO	255
151380023	VIA MANZONI PROF. 85 M.	ACQUEDOTTO	PUBBLICA	POZZO	ATTIVO	235



Pozzi attivi idropotabili
indicati dal gestore Brainza Acque



Pozzi attivi idropotabili
indicati dal SIT della Provincia Monza Brianza

Per la determinazione delle fasce di tutela assoluta e di rispetto si è fatto riferimento ai pozzi indicati dal gestore Brianza Acque. Anche per le coordinate dei punti di prelievo si è fatto riferimento al loro rilievo con GPS che, seppur di poco, differiscono da quanto fornito dalla Provincia.

Per quanto riguarda le schede dei pozzi idropotabili captati si rimanda all'estratto della relazione allegata allo studio geologico Ottobre 2016 e allegata anche al presente studio. Per le fasce di rispetto si dovrà far riferimento alla Tav. 3 Carta dei Vincoli.

2.1.4 Carta delle indagini geognostiche e degli studi esterni (Tavv. 1)

A completamento delle carte di inquadramento si è provveduto a redigere una carta (Tav. 1) contenente le stratigrafie e la sintesi di alcune indagini geognostiche distribuite sul territorio comunale.

La carta contiene i seguenti elementi:

- stratigrafie tratte dal database di Regione Lombardia
- indagini geognostiche (Prove penetrometriche dinamiche continue DP) derivanti da studi per interventi edilizi realizzati sul territorio comunale, forniti dall'ufficio tecnico del comune di Meda
- linee isopieze, tratte dal database di Regione Lombardia (aggiornamento anno 2014)

Tali elementi sono la base per una valutazione di insieme dal punto di vista geotecnico del territorio comunale, utili per orientare i tecnici nello sviluppare i propri approfondimenti sito-specifici in fase di progetto; *la caratterizzazione geotecnica rappresentata nella Tav 1 non è da ritenersi sufficiente per il grado di approfondimento necessario in fase di progetto, per il quale sarà necessario programmare puntuali e specifiche indagini svolte in situ, calibrate per ogni singolo intervento edilizio.*

Nella Tav. 1 sono state riportate anche parte delle informazioni contenute nel documento *"Studio di Gestione del Rischio Idraulico"* redatto da BrianzAcque srl nel 2021. Nello specifico sono stati rappresentati gli ambiti interessati da allagamenti per insufficienza della rete fognaria con tempo di ritorno di 10-50-100 anni e le aree non idonee all'infiltrazione con opere disperdenti delle acque meteoriche. Per ulteriori contenuti si rimanda allo specifico studio.

2.1.5 Carta della stabilità di versante (Tav. 2)

ANALISI DI STABILITÀ ALL'EQUILIBRIO LIMITE

Considerata la morfologia del territorio comunale di Meda, è stata condotta un'analisi della stabilità dei versanti collinari sia in condizioni statiche, sia in condizioni dinamiche (sismiche) col metodo del profilo indefinito, così come indicato nell'allegato 2 punto 2.2.2 della DGR 2616/2011, i cui risultati sono rappresentati in Tav 2.

Le analisi per la valutazione della stabilità dei pendii consentono di stimare in modo quantitativo la loro suscettibilità a franare. I metodi all'equilibrio limite studiano le condizioni di equilibrio di volumi di terreno limitati inferiormente da superfici di scorrimento di forma cilindrica analizzando di norma una o più sezioni longitudinali del versante.

Con i metodi all'equilibrio limite il parametro indicativo del grado di stabilità di una frana è il Fattore di Sicurezza (F.S.), ottenuto come il rapporto tra le resistenze disponibili e le resistenze mobilizzate.

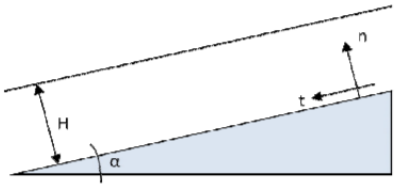
F.S. = resistenza disponibile/resistenza mobilizzante

Il fattore di sicurezza è il valore che si associa alla superficie dove è più probabile che si inneschi il movimento. Quando F.S. assume un valore pari ad 1 risulta verificata la condizione di equilibrio limite, ovvero il versante si trova sul punto di collasso. Nel caso in cui la resistenza mobilizzata è minore di quella disponibile, il pendio risulta stabile ed F.S. assume un valore maggiore di 1.

Le verifiche sono state condotte considerando valori dei parametri geotecnici medi (valori caratteristici) derivanti da dati bibliografici. *Tale grado di dettaglio può ritenersi sufficiente per una valutazione a scala di pianificazione territoriale, mentre richiederà indagini specifiche per valutazioni di dettaglio a scala di progetto nel caso necessitino verifiche di stabilità del versante.*

LO SCHEMA DI PENDIO INDEFINITO

Lo studio di stabilità del pendio ha richiesto la formulazione di schemi semplificati che permettano la definizione delle forze agenti sul sistema. Di largo utilizzo è lo schema di pendio indefinito che parte dalla definizione di un sistema di riferimento solidale con il pendio, cioè inclinato di un angolo α sull'orizzontale, di cui siano t ed n i versori rispettivamente tangenziale e normale al pendio, mentre y quello ortogonale a entrambe ed idealmente uscente dal foglio.
Si ipotizza che il pendio sia indefinitamente esteso nelle direzioni y e t e sia delimitato inferiormente da un substrato rigido come mostrato in figura:



Pur comportando una semplificazione della reale geometria del problema, lo schema di pendio indefinito si può considerare realistico in diversi casi non poco comuni in cui lo spessore dello strato superficiale di terreno potenzialmente a rischio di frana sia trascurabile rispetto all'estensione del pendio stesso. Questo schema semplificato è dunque applicabile al caso di frane di scorrimento allungate, in cui l'influenza delle porzioni di sommità e di piede è trascurabile. La stabilità delle coltri di terreno alluvionale o detritico, di piccolo spessore rispetto alla lunghezza della frana, poste su un

terreno di fondazione più rigido è di norma trattata con risultati soddisfacenti in riferimento allo schema di pendio indefinito

METODO GLOBALE DELL'EQUILIBRIO LIMITE IN CONDIZIONI STATICHE

Nell'ipotesi di superficie di scorrimento piana, in condizioni statiche, la soluzione del metodo globale dell'equilibrio limite fornisce la seguente equazione del fattore di sicurezza

$$Fs = \frac{c' + (\gamma z \cos^2\alpha - u)\tan\varphi}{\gamma z \sin\alpha}$$

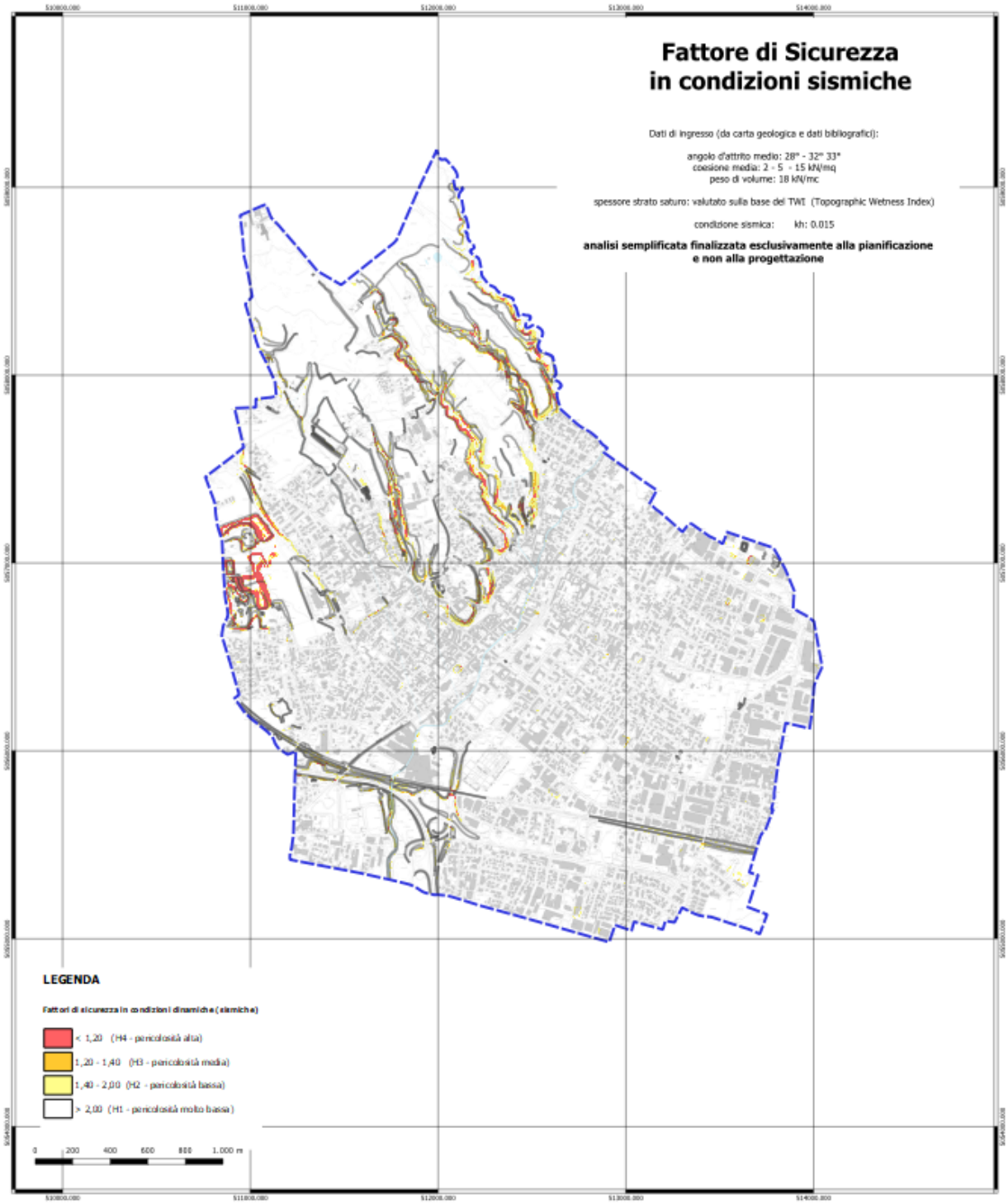
Dove:
- z è la profondità della superficie di scorrimento
- γ è il peso dell'unità di volume del terreno
- *u* è la pressione neutra media che agisce sulla superficie di scorrimento
- c' è la coesione
- φ 'è l'angolo di attrito del terreno
- α è l'inclinazione del pendio

Per la valutazione della saturazione dei terreni è stato seguito un approccio di tipo topografico/morfologico che considera l'altezza della falda idrica espressa come una funzione di un indice topografico, noto in letteratura come TWI (Topographic Wetness Index). Esso è definito come il rapporto tra l'area contribuente specifica (Area contribuente a monte del pendio per unità di larghezza) e la pendenza del versante che consente di individuare le regioni sature in maniera efficace e speditiva: maggiore è il valore del TWI, maggiore è la tendenza dell'area alla saturazione. Da una simile metodologia deriva la definizione di un criterio morfologico di controllo che permetta di valutare quale sia l'influenza delle forme geomorfologiche sull'idrologia satura/insatura e sul franamento superficiale. L'influenza della forma del versante sulla suscettibilità a franare risiede nella distribuzione del contenuto d'acqua: versanti piani o convessi risultano essere più stabili di quelli concavi, nei quali è favorita la formazione di una falda idrica, con conseguente tendenza della pressione a crescere più rapidamente (Sidle et al., 1985). Tali differenze aumentano all'aumentare dell'area contribuente e della pendenza del versante, in virtù della maggiore tendenza alla distribuzione laterale del flusso.

METODO GLOBALE DELL'EQUILIBRIO LIMITE IN CONDIZIONI DINAMICHE

In condizioni sismiche dinamiche la verifica tiene conto del coefficiente sismico orizzontale Kh pari a:

$$k_h = \beta_s \frac{a_{max}}{g} = \beta_s \frac{S_s * S_t * ag}{g}$$



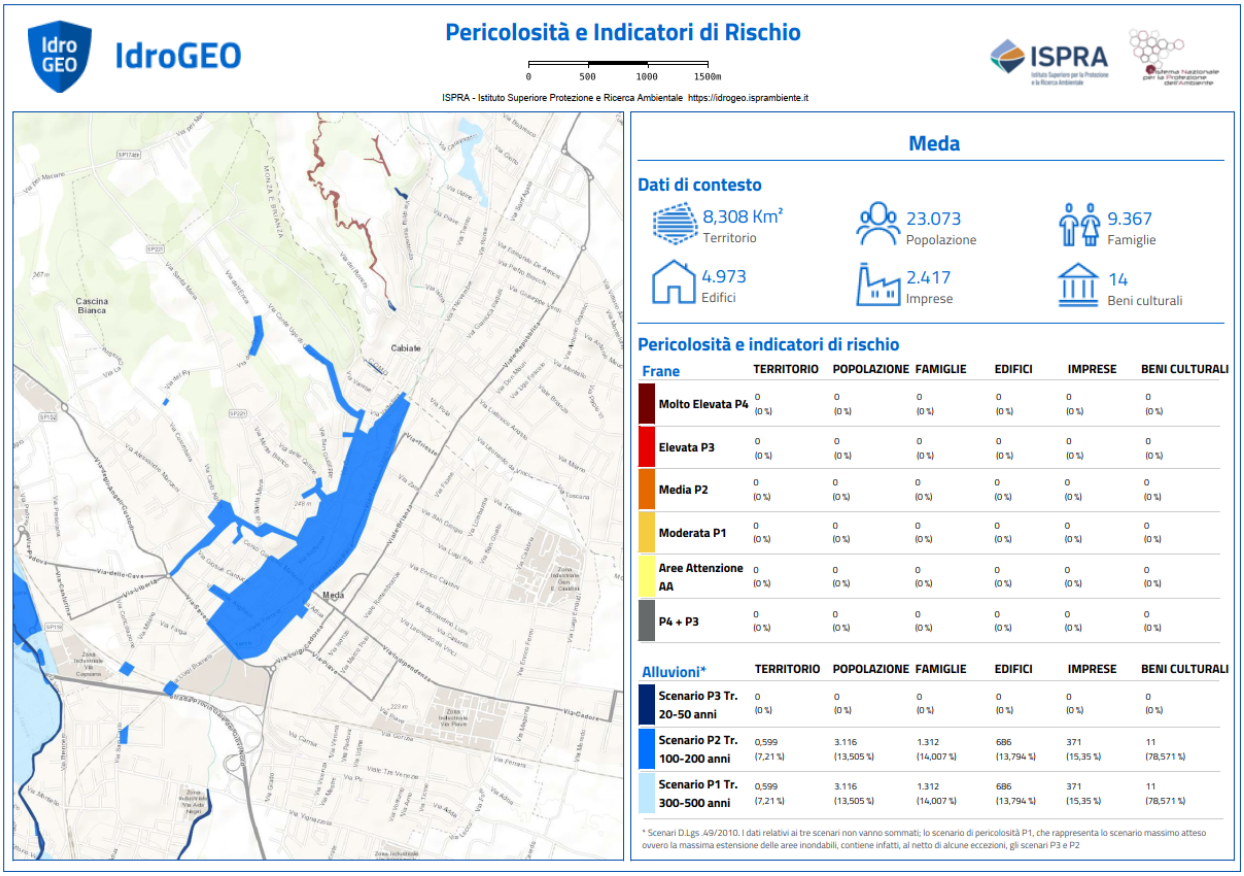
Si precisa che i risultati ottenuti sono significativi a scala di pianificazione e non a scala di progettazione locale del singolo intervento, in quanto la caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata condotta esclusivamente su dati bibliografici con approccio analitico semplificato (metodo del pendio indefinito). In fase di progetto di singoli interventi si dovranno condurre analisi specifiche.

NB: nella tavola, redatta utilizzando la topografia del DBT, risultano esistenti alcuni gradoni nelle aree di cava che attualmente risultano riempite/recuperate e quindi non costituiscono più elementi di pericolo relativamente alla stabilità delle relative scarpate.

2.1.6 Dissesto idrogeologico ISPRA

Il Rapporto sul dissesto idrogeologico in Italia presenta le "mosaicature nazionali" della pericolosità per frane e alluvioni realizzate dall'ISPRA sulla base dei dati forniti dalle Autorità di Bacino Distrettuali, il nuovo rilievo sullo stato e sulle variazioni delle coste italiane e gli indicatori relativi a popolazione, famiglie, edifici, aggregati strutturali, imprese e beni culturali a rischio. La metodologia adottata per la produzione degli indicatori risponde a criteri di trasparenza e replicabilità e restituisce i dati su base nazionale, regionale, provinciale, comunale, per macro-aree geografiche e per ripartizione dei fondi strutturali.

Di seguito si riportano gli estratti delle mappe del progetto ISPRA riferite al territorio oggetto di studio:



Si precisa che il Rapporto sul dissesto di ISPRA ad oggi <u>non è ancora stato aggiornato</u> alle nuove perimetrazioni PAI e PGRA di novembre 2024.

2.1.7 Sinkhole e cavità sotterranee (Tav. 3)

Al fine di migliorare l'azione regionale in tema di prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici nella pianificazione territoriale in attuazione dell'art. 55 della l.r. 12/2005 relativamente alla categoria di dissesti legata agli sprofondamenti (*sinkhole*), sono stati integrati i "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio" (d.g.r. 30 novembre 2011, n. 2616) con le linee guida sviluppate nella d.g.r. XI/7564 del 15-12-2022 costituite dai seguenti documenti:

- Allegato A "*Sinkhole* e cavità sotterranee - Integrazione al testo dei Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio";
- Allegato B "*Sinkhole* e cavità sotterranee – Linee guida per l'individuazione delle aree, la valutazione della pericolosità e le indagini sito specifiche";
- Allegato B1 "Scheda per il censimento dei *sinkhole*".

Di seguito si riporta un estratto delle definizioni tratte dagli allegati sopracitati.

<u>*Classificazione degli sprofondamenti (sinkhole)*</u>

Secondo la classificazione proposta da ISPRA (Fig. 1) in base alla casistica italiana, i *sinkhole* o potenziali *sinkhole* possono essere suddivisi in due grandi categorie: naturali e antropogenici.

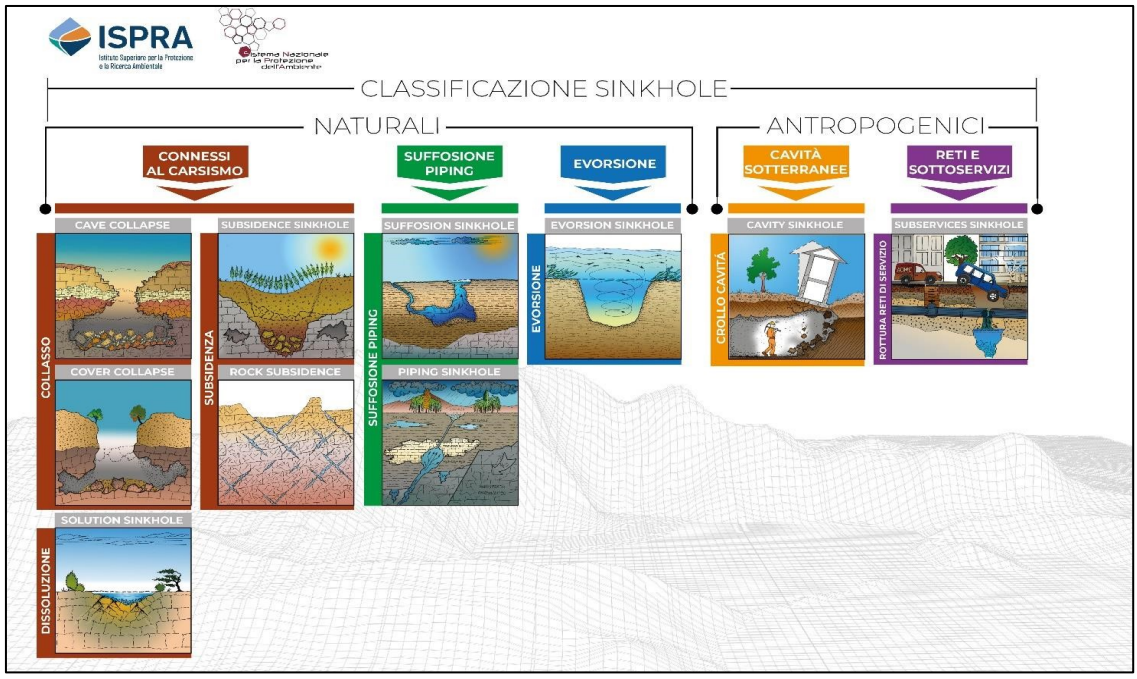


Fig. 1 – Classificazione *sinkhole* secondo ISPRA

I *sinkhole* naturali sono voragini, generalmente di forma sub-circolare con diametro variabile da alcuni metri a poche centinaia di metri. Il processo di formazione della voragine è in genere rapido ed avviene nell'arco di poche ore. Il *sinkhole* può essere colmato rapidamente da acqua di falda o di risalita trasformandolo nell'arco di un certo periodo di tempo in un piccolo lago. I *sinkhole* naturali possono essere suddivisi, in base ai processi genetici, nelle seguenti categorie:

a) *Sinkhole* di origine carsica: questi fenomeni corrispondono alle doline, che si originano per fenomeni solamente carsici di dissoluzione della roccia. I meccanismi che determinano la formazione della cavità in superficie sono i seguenti:

- la sola dissoluzione o solution
- la lenta subsidenza o subsidence
- il crollo o collapse.

b) *Sinkhole* di suffosione superficiale: si tratta di cavità di forma circolare che si realizzano in terreni sciolti per fenomeni di erosione dal basso con formazione di condotti verticali e/o sub-orizzontali che possono interessare i primi metri della copertura eluviale colluviale e/o i terreni sciolti sottostanti. In questa categoria sono stati classificati gli "occhi pollini", *sinkhole* potenzialmente in evoluzione, corrispondenti a cavità od orizzonti di debolezza sotterranei presenti nell'alta pianura lombarda fino a profondità di circa 20 metri che, pur non manifestando necessariamente evidenze superficiali, potrebbero evolvere in tal senso fino allo sprofondamento;

c) *Sinkhole* per piping: caratteristica distintiva è un meccanismo profondo di erosione dal basso che investe spessori notevoli di copertura. Questa tipologia è rappresentata da cavità colmate d'acqua, attraverso il processo di annegamento, che si aprono su coperture a granulometrie variabili ma prevalentemente fini (argille siltose o limi con spessori superiori ai cento metri) impermeabili o semipermeabili, in cui è improbabile una filtrazione verso il basso. Ciò che distingue questi *sinkhole*, è il fatto che l'acqua di riempimento, mineralizzata e con risalita di gas, presenta una prevalenza tale da renderla a volte artesiana al piano campagna o al di sopra di esso, generando quindi delle sorgenti. La coesistenza di acque mineralizzate e di emissioni gassose, sostanzialmente riconducibili a CO2, H2S, assente o limitata nei *sinkhole* classificati nelle altre categorie, induce ad invocare un modello genetico ed evolutivo che si discosta da quelli comunemente accettati. Si può ipotizzare un ruolo attivo e di primo piano svolto dal "fattore A/G" (Artesianismo/Gas), sia nella genesi che nello sviluppo di questo tipo di fenomeni. In particolare, si pensa che, al momento della formazione di questi fenomeni, la risalita di acque miscelate a gas di origine profonda possa aver meccanicamente contribuito in maniera determinante all'attivazione degli sprofondamenti. In Regione Lombardia, al momento, non sono noti fenomeni di questo tipo;

d) *Sinkhole* di evorsione: sono relativi a processi erosivi provocati da turbolenze ad asse verticale (dall'alto verso il basso), mulinelli, che si verificano generalmente in grandi piane alluvionali (es. Pianura Padana) in seguito a rotte arginali, denominati anche "bugni", "gorghi", "laghetti di rotta". Le forme risultanti da tali processi possono essere depressioni asciutte o laghetti sub-circolari in aree di pianura, di dimensioni osservate con diametri variabili da 30 a 100 m e profondità fino a un massimo di 13 -15 m. Tali forme risultano collocate ove si può ritenere che si sia prodotta la confluenza di notevoli quantità d'acqua, ai piedi di un argine fluviale in corrispondenza di una rotta, o in un territorio depresso nel luogo di convogliamento di acque tracimate, oppure in punti in cui queste hanno dovuto attraversare strutture lineari come argini, dossi, cordoni litoranei. Queste cavità si formano su terreni in cui è presente una grande percentuale di sabbia. In tali condizioni possono anche associarsi processi di suffosione superficiale e sifonamento; infatti, in condizioni di elevata pressione idrostatica, in tali ambienti e negli stessi punti, è anche frequente la formazione di "fontanazzi".

I *sinkhole* antropogenici sono voragini di forma e dimensioni varie, originate dalla presenza di un vuoto sotterraneo (cavità) realizzato dall'uomo per un particolare fine (es. cave/miniere sotterranee costituite da reti di gallerie a volte non bonificate dopo il loro utilizzo) o generatosi indirettamente a causa di attività umane (es. dilavamento dei terreni sciolti al di sotto del manto stradale dovuto a disfunzioni della rete dei sottoservizi) o dal sommarsi di entrambe le cause.

Cause predisponenti e innescanti

I *sinkhole* si originano in contesti di complesse situazioni geologico-strutturali ed idrogeologiche del territorio che ne costituiscono le cause predisponenti. Vengono innescati per motivi di diversa natura quali un sisma, un periodo di siccità, o una alluvione o l'emungimento di grandi quantitativi di acqua dal sottosuolo che possono provocare variazioni rapide del livello piezometrico.

Le cause, molteplici e spesso concomitanti, possono essere appunto distinte in predisponenti ed innescanti il fenomeno, così come di seguito riassunte in via indicativa e non esaustiva:

Cause predisponenti

- presenza di un substrato carbonatico o costituito da roccia solubile (calcari, dolomie, evaporiti o rocce solfatiche) sottoposto a fenomeni carsici; presenza di una morfologia del bedrock accidentata, sia a piccola che a grande scala, con macroforme carsiche (doline, uvala, crepacci e grotte) e con cavità carsiche presenti al tetto del substrato (interfaccia suolo/roccia) risultato di processi corrosivi e pedogenetici per i *sinkhole* di origine carsica e per piping;
- presenza di un pacco di sedimenti impermeabili o semi-permeabili al tetto del substrato costituito da limi, argille, sabbie a differente granulometria omogenee o eterogenee per i *sinkhole* di evorsione e per piping;
- Scadenti caratteristiche fisico-meccaniche (consolidazione, addensamento, resistenza) dei materiali costituenti il manto superiore per i *sinkhole* di evorsione e per piping;

- presenza di un reticolo di fratture o faglie che permettano una maggiore circolazione idrica e una notevole erosione meccanica per i *sinkhole* di evorsione, suffosione, piping e carsici;
- presenza di abbondanti acque di circolazione sotterranea per i *sinkhole* di suffosione superficiale, piping e carsici;
- presenza di gas nel sottosuolo, generalmente CO_2 e H_2S, che consentano la dissoluzione dei materiali di copertura e la risalita delle acque per i *sinkhole* di piping;
- scarsa presenza di un manto vegetale che possa esercitare un effetto limitante nei confronti della mobilizzazione dei terreni;
- presenza di cavità sotterranee di origine antropica (siti minerari/aree interessate da attività estrattive passate) per i *sinkhole* antropogenici.

Cause innescanti

- intensità elevata delle precipitazioni piovose e alternanza di periodi secchi e piovosi con conseguente incremento della circolazione d'acqua nel sottosuolo, oscillazioni del livello piezometrico, ecc.;
- scosse sismiche;
- carichi superficiali;
- attività antropiche (estrattive, emungimenti di acqua, etc.). Il forte emungimento per uso irriguo ed idropotabile fa sì che si sviluppino, in prossimità dei pozzi, coni di depressione tali da far aumentare notevolmente la velocità dei flussi idrici e quindi l'asportazione delle particelle dei sedimenti e la subsidenza delle coperture alluvionali.

Fase 1: Individuazione delle aree a potenziale presenza/evoluzione di cavità sotterranee

Il manifestarsi in superficie di fenomeni di sprofondamento, connessi alla presenza o all'evoluzione di cavità sotterranee, è da ricondurre ai diversi fattori predisponenti e innescanti elencati in precedenza.

Vi sono pertanto delle aree ove questi fattori sono prioritariamente presenti, ad esempio:

- siti minerari/aree interessate da attività estrattive passate;
- siti archeologici;
- aree carsiche;
- aree con presenza di litotipi potenzialmente soggetti a fenomeni di dissoluzione (depositi evaporitici);
- aree con condizioni favorevoli allo sviluppo di occhi pollini; a tale scopo si invita a far riferimento allo studio pilota di "Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della provincia di Monza e della Brianza al fenomeno degli occhi pollini";
- aree individuate da indagini stratigrafiche preesistenti o indagini geognostiche realizzate ad hoc con presenza di livelli/orizzonti a scadenti caratteristiche geotecniche, oppure con cavità vere e proprie, a profondità potenzialmente interferenti con le fondazioni (o anche superiore);
- aree con evidenze di variazioni plano-altimetriche del suolo, ove si sono osservate lesioni/cedimenti negli edifici, nei sottoservizi e nelle sovrastrutture e ove si sono verificati eventi di sprofondamento pregressi.

L'individuazione delle aree a potenziale presenza/evoluzione di cavità sotterranee rientra nella fase di analisi per la redazione/aggiornamento della componente geologica Idrogeologica e sismica del PGT, nell'ambito della quale il territorio comunale viene inquadrato dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico, stratigrafico e strutturale.

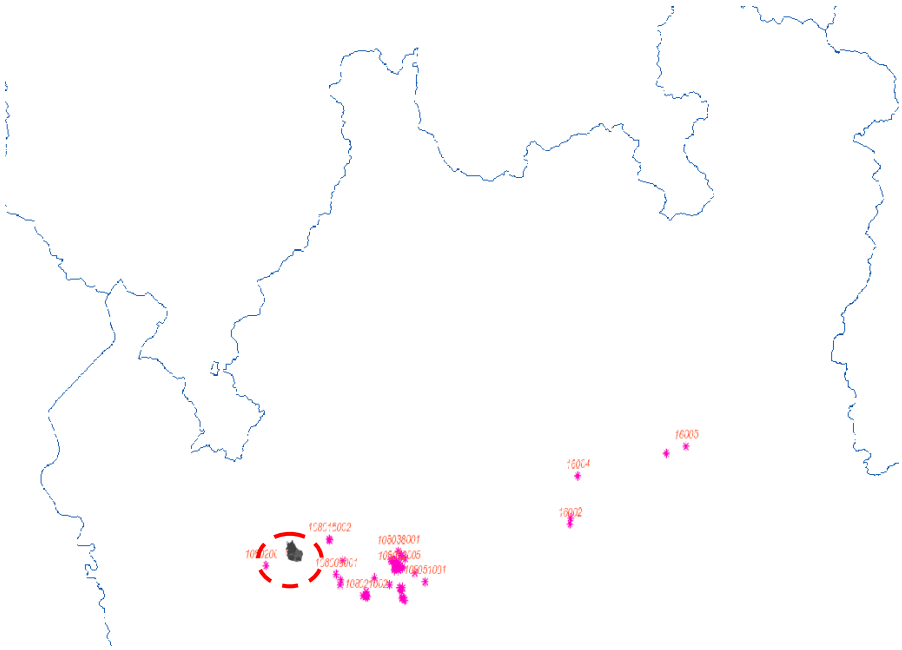
In tale fase devono essere consultate le banche dati tematiche disponibili sul Geoportale della Lombardia quali, in particolare, le seguenti:

Cartografia geologica (Progetto CARG), Banca Dati Geologica di Sottosuolo, Dati interferometria radar, Suscettività al fenomeno degli occhi pollini nel territorio di Monza e della Brianza, Inventario dei fenomeni franosi (IFFI) oltre al Database nazionale dei *sinkhole* e ad altri quadri conoscitivi di riferimento che verranno messi a disposizione a tale scopo attraverso il Geoportale della Lombardia).

Di seguito si riportano estratti cartografici delle banche dati e cartografie consultate:

Database Nazionale Sinkhole Naturali

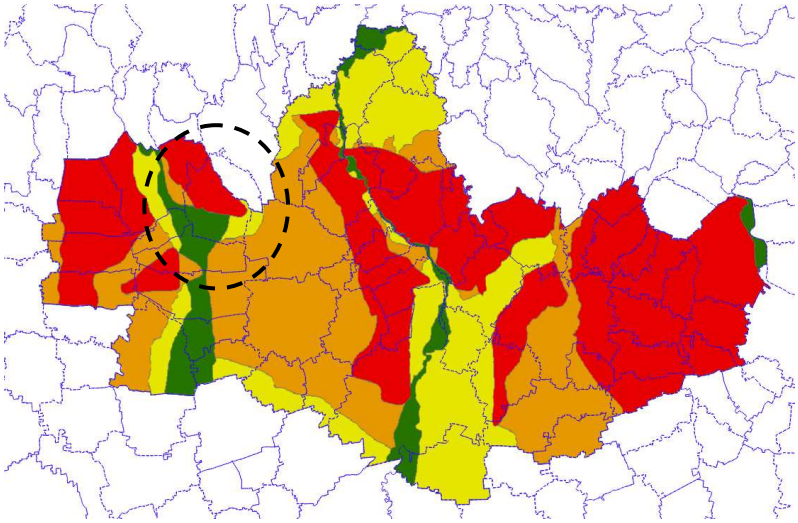
Il Servizio permette di visualizzare l'ubicazione degli sprofondamenti denominati *sinkhole* e censiti dal Servizio Geologico di Italia.



La consultazione del Database Nazionale non indica *sinkhole* naturali sul territorio comunale di Meda; si segnalano un evento a 5 km ad ovest (comune di Cogliate) e uno a 7 km ad est (Carate Brianza).

Pericolosità da occhi pollini nel territorio di Monza e Brianza

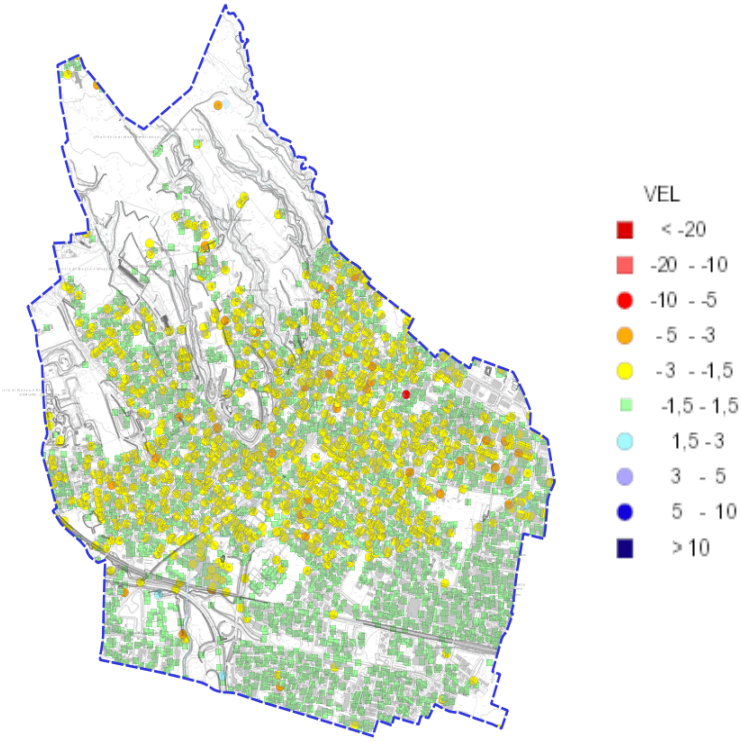
Di seguito si riporta un estratto corrispondente al territorio di Meda della mappa della pericolosità per occhi pollini della Provincia di Monza Brianza aggiornata al nuovo documento 'A*ggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della provincia di Monza e Brianza al fenomeno degli occhi pollini'* giugno 2023.



Interferometrie:

Di seguito si riportano le registrazioni interferometriche disponibili sul territorio di Meda tratte dal geoportale di Regione Lombardia.

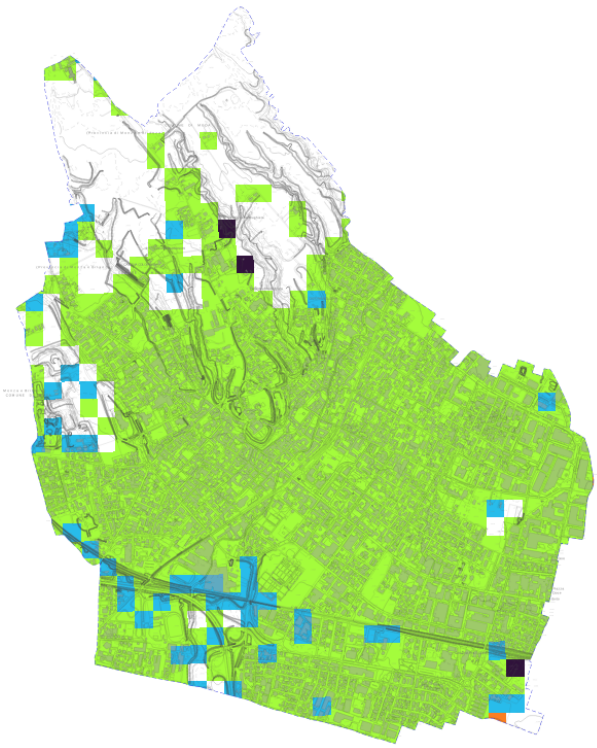
A titolo esemplificativo, di seguito si riportano i grafici di alcune letture registrate negli anni 1999-2014:



Le registrazioni indicano assestamenti con velocità medie di 1-3 mm/anno

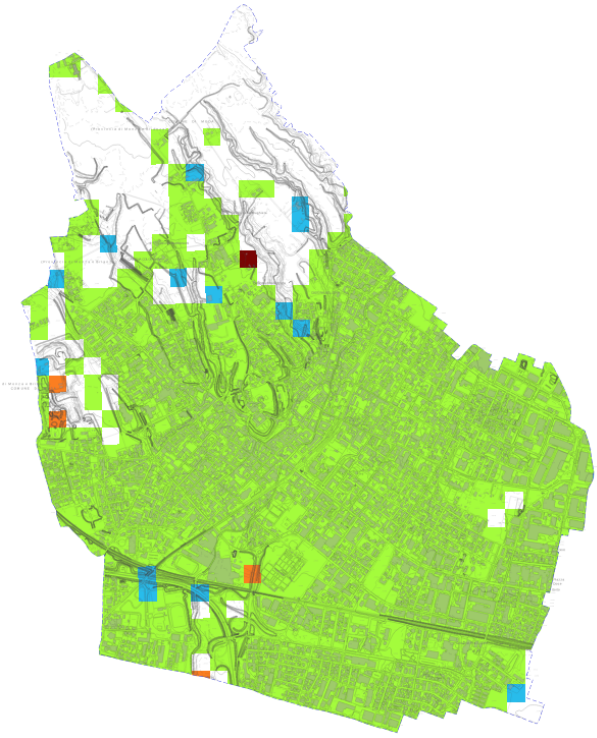
Regione Lombardia non fornisce le interferometrie degli ultimi anni. Pertanto di seguito si riportano le elaborazioni delle registrazioni del periodo 2018-2022 fornite dal progetto Copernicus, sintetizzate nella mappa degli spostamenti della componente verticale e nella mappa degli spostamenti della componente orizzontale Est-Ovest:

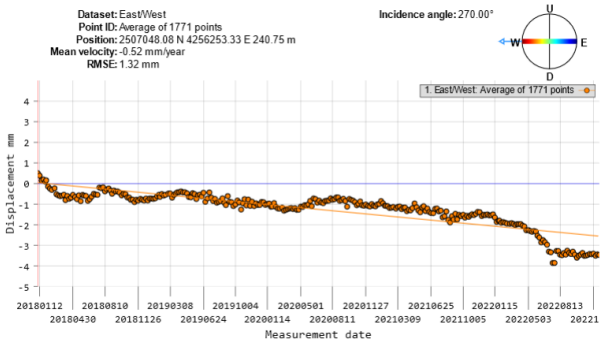
Componente verticale (anni 2018-2022)



mm / anno

Componente orizzontale (anni 2018-2022)



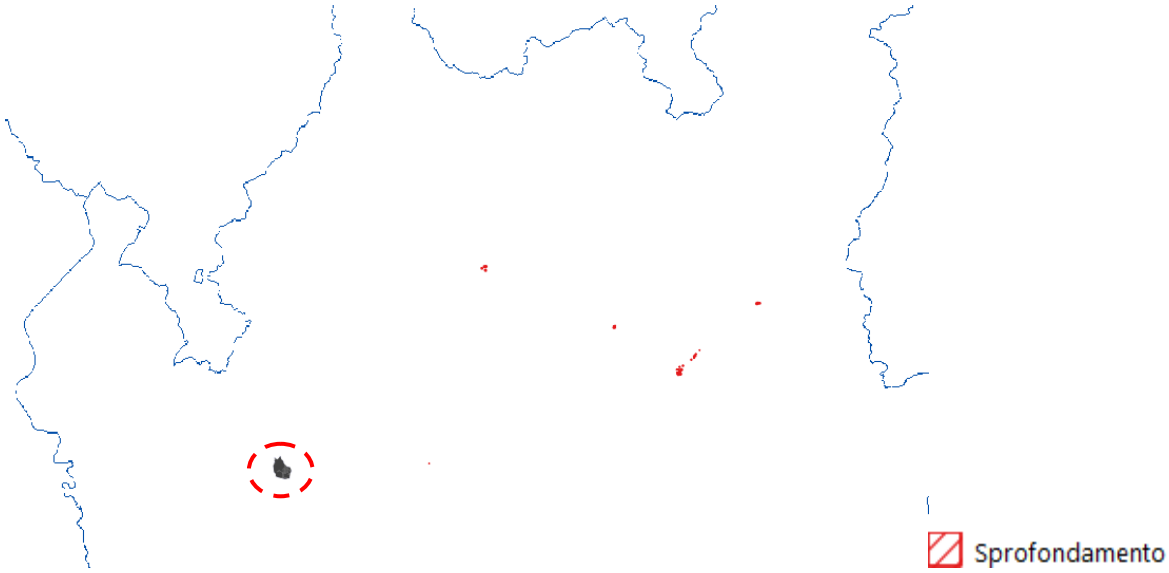


mm / anno

Le registrazioni indicano ridotte o assenti variazioni sia verticali, sia orizzontali mediamente nell'ordine di 1 mm all'anno, raramente di 3 mm all'anno.

Geoiffi

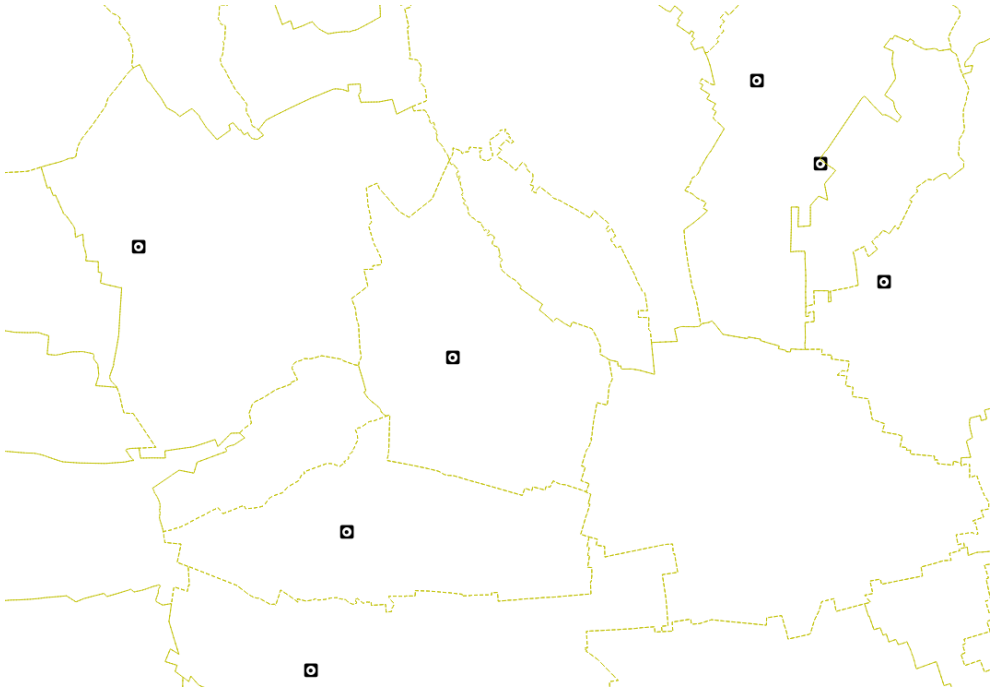
Di seguito si riporta la mappa del territorio di Meda con la rappresentazione delle aree cartografate come "sprofondamenti" nel progetto Geoiffi



Come si evince dall'immagine, non vi sono segnalazioni di sprofondamenti.

Aree archeologiche

Di seguito si riporta la mappa del territorio di Meda con la rappresentazione delle aree di interesse archeologico come indicate nello studio del PTCP di Monza Brianza:



Nel territorio comunale si segnala un sito di interesse archeologico.

Altri studi

Di seguito si riporta la mappa tratta dallo studio "Erosione sotterranea e sprofondamenti nell'alta pianura lombarda: gli "occhi pollini" di Strini Andrea (2004), dal quale si evince che il comune di Meda ricade in aree tipicamente interessata da occhi pollini.

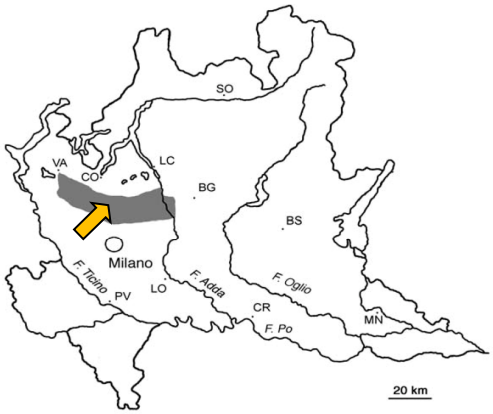
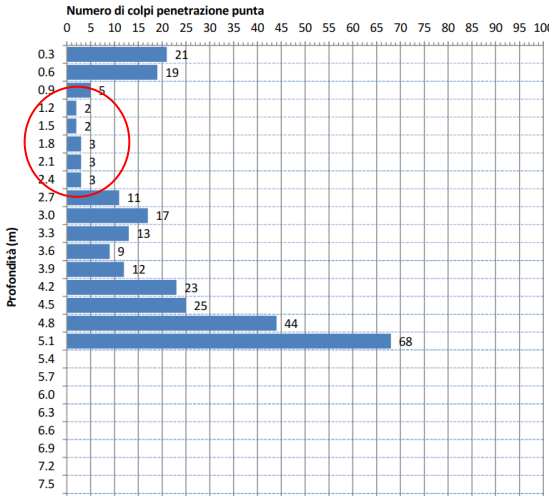


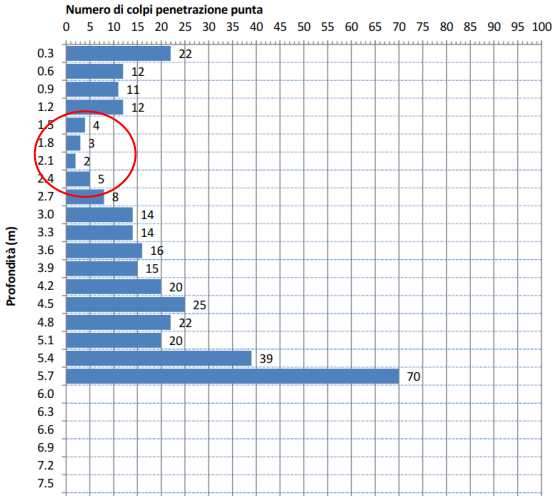
Fig. 1 - Carta schematica della Lombardia con evidenziata, in grigio, l'area di maggior diffusione degli occhi pollini.

Segnalazioni da ufficio tecnico e indagini geognostiche

Una ricerca bibliografica condotta presso l'ufficio tecnico comunale, ha segnalato l'osservazione di un occhio pollino in Via Ferrari. Di seguito si riporta l'ubicazione dell'evento:

Di seguito si riportano i grafici delle prove penetrometriche fornita dall'ufficio comunale realizzata in corrispondenza del *sinkhole*:





<u>Fase 2: Zonazione della pericolosità entro le aree a potenziale presenza di cavità sotterranee</u>

La zonazione di dettaglio della pericolosità è obbligatoria in fase di redazione/aggiornamento della componente geologica del PGT:

- qualora le aree a potenziale presenza/evoluzione di cavità sotterranee delimitate nella Fase 1 interessino l'intero territorio comunale o aree vaste, com'è il caso dell'alta pianura lombarda. Si evidenzia che tale zonazione, per il territorio della Provincia di Monza e della Brianza, è già disponibile negli studi svolti a scala provinciale ed è di riferimento obbligatorio;

- qualora entro le aree a potenziale presenza/evoluzione di cavità sotterranee delimitate nella Fase 1:

  - ricadano aree già edificate, per le quali si condurrà anche una valutazione di dettaglio del rischio;

  - sia prevista la realizzazione di nuovi edifici, soprattutto se strategici e rilevanti (D.d.u.o. 22 maggio 2019, n. 7237).

In base alla normativa, la zonazione della pericolosità dovrà seguire i seguenti punti:

- Ricostruzione geologica di superficie e di sottosuolo;

- Ricostruzione idrogeologica;

- Inquadramento bibliografico relativa al tema "occhi pollini";

- Raccolta dati storici relativi ad eventi di sprofondamento che hanno raggiunto la superficie con aperture di voragini o abbassamenti della superficie del terreno o che sono stati messi in luce durante l'apertura di scavi, o ancora che hanno interessato i sottoservizi attraverso interviste con tecnici delle

amministrazioni locali, gestori del servizio idrico integrato e analisi delle componenti geologiche degli strumenti urbanistici comunali;

- Raccolta capillare di dati stratigrafici preesistenti relativi a indagini dirette (sondaggi, pozzi) e indirette (prove penetrometriche statiche, dinamiche, indagini geoelettriche, indagini sismiche tipo Masw);

- Georeferenziazione delle indagini, catalogazione, normalizzazione e analisi integrata dei dati stratigrafici raccolti con individuazione e ricostruzione di livelli a potenziale presenza di occhi pollini in profondità e arealmente;

- Analisi delle relazioni tra distribuzione dei livelli a potenziale presenza di occhi pollini, geologia di sottosuolo, di superficie, relazioni con la falda;

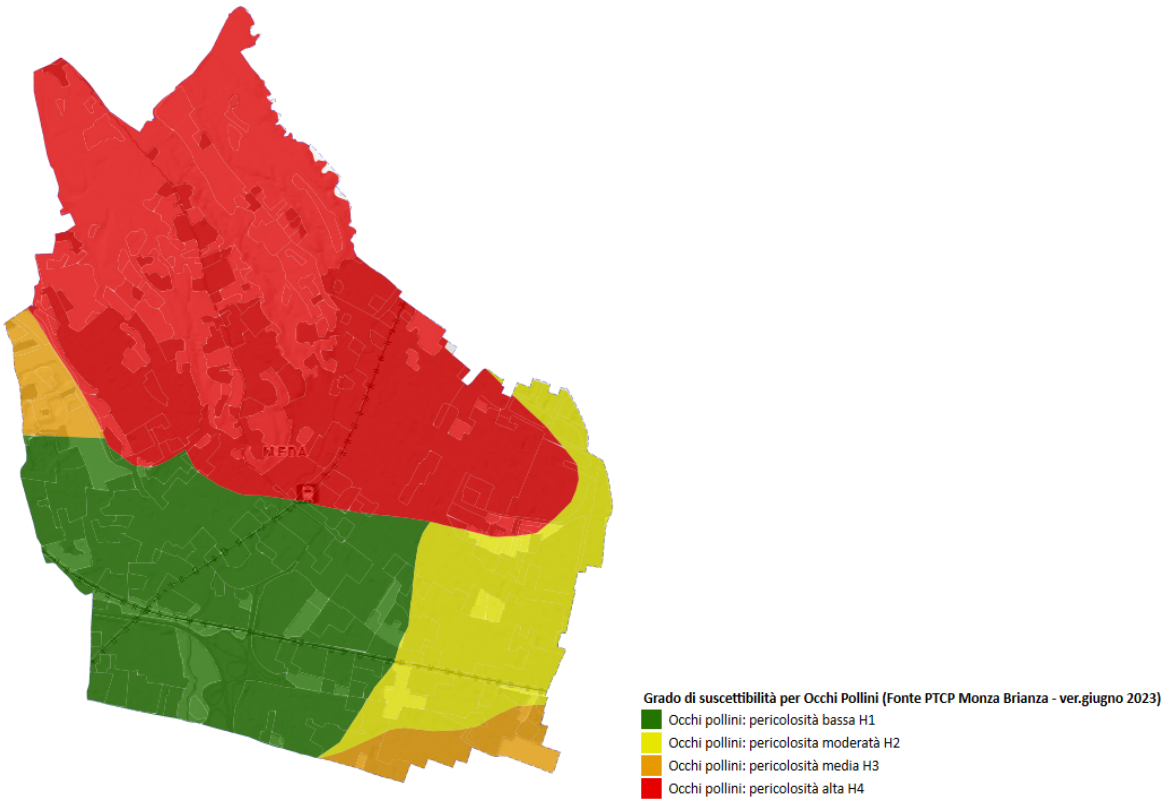
- Rappresentazione cartografica della **pericolosità** rispetto al fenomeno degli occhi pollini utilizzando 4 classi: *H4-alta, H3-media, H2-moderata e H1- bassa* in base al contesto geologico di superficie e di sottosuolo ricostruito in base ai dati disponibili e tenendo in considerazione il modello genetico di sviluppo delle cavità;

- Rappresentazione cartografica del **rischio** attraverso l'attribuzione di un valore di danno coerente con quello indicato nell'Allegato 4 alla d.g.r. 2616/2011 per gli studi di approfondimento entro le aree esposte al rischio idraulico, e vulnerabilità a ciascuna categoria di uso del suolo, utilizzando la banca dati DUSAF;

- Definizione di indirizzi preliminari finalizzati a migliorare l'azione di prevenzione del rischio legato alla possibile presenza o insorgenza di occhi pollini, definiti tenendo conto del diverso grado di pericolosità, e articolati in azioni rivolte alla migliore identificazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni e azioni rivolte alla gestione delle acque meteoriche allo scopo di limitare l'insorgenza e/o lo sviluppo del fenomeno.

- Tra gli indirizzi relativi all'esecuzione delle indagini, viene indicata ad esempio la necessità di indagini specifiche anche nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, a maggior cautela rispetto alle NTC2018 - par. 6.6.2. se ricadenti in aree classificate come H4 e H3;

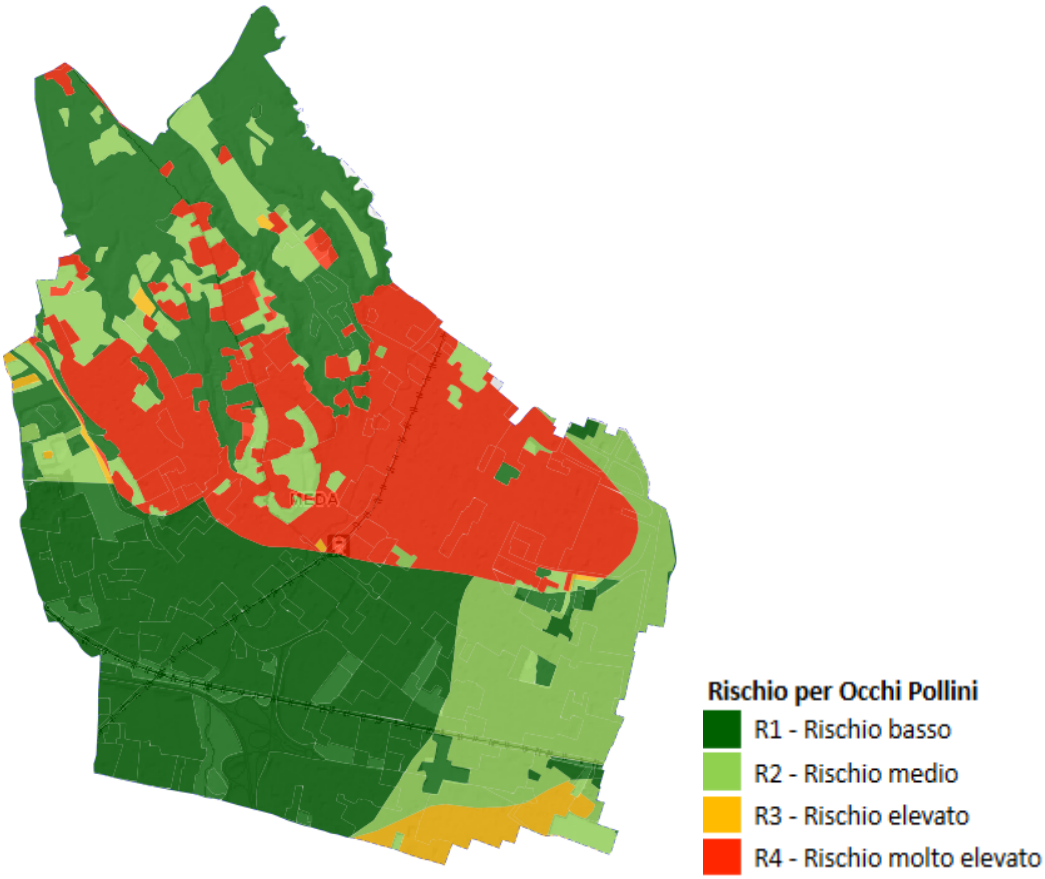
Per il territorio della Provincia di Monza e della Brianza quanto sopra è già disponibile negli studi svolti a scala provinciale; così come indicato dalla DGR, di seguito si riporta l'estratto di mappa riferito al comune di Meda, in quanto mappa di riferimento obbligatoria.



La consultazione della cartografia indica l'esistenza di potenziale criticità con grado variabile relativamente alla presenza di occhi pollini sul territorio comunale.

Di seguito si riporta la carta del rischio per occhi pollini elaborata tenendo conto della carta del pericolo sopra riportata e dell'uso del suolo dedotto da cartografia DUSAF7 (Copertura del Suolo 2021).

Per la valutazione del rischio si è fatto riferimento alle seguenti matrici di ingresso (H=pericolo, E=classe d'uso, R=rischio):



	H 4	H 3	H 2	H 1
E 4	16	12	8	4
E 3	12	9	6	3
E 2	8	6	4	2
E 1	4	3	2	1

	H 4	H 3	H 2	H 1
E 4	R 4	R 3	R 2	R 1
E 3	R 3	R 2	R 2	R 1
E 2	R 2	R 2	R 1	R 1
E 1	R 1	R 1	R 1	R 1

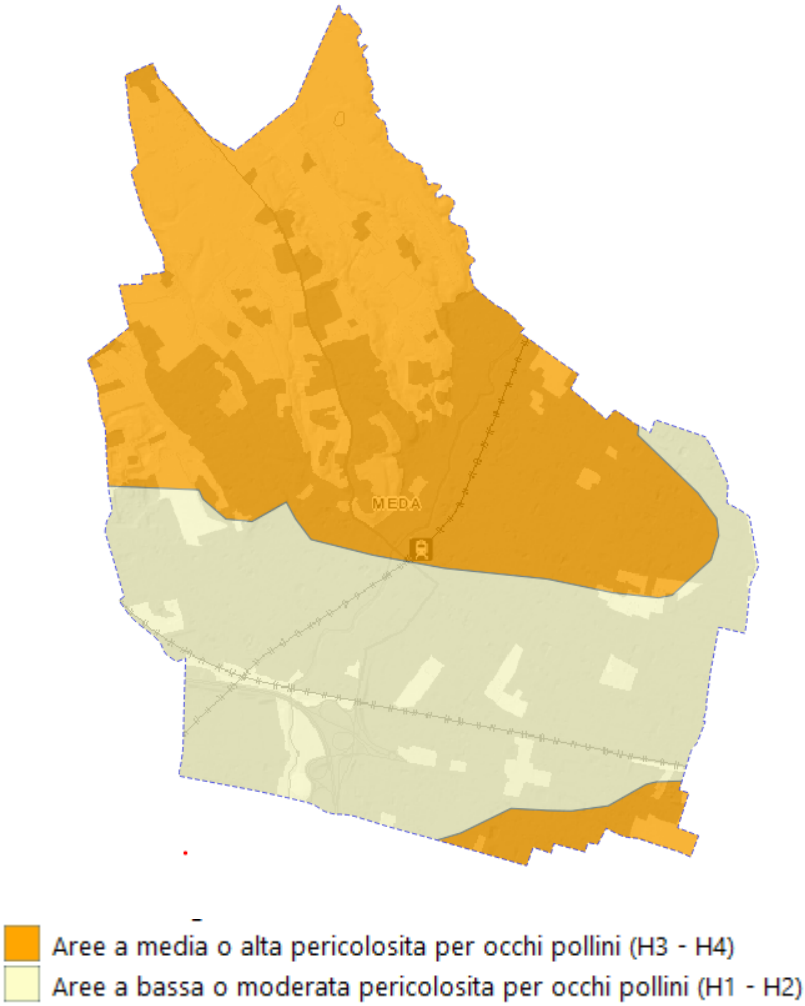
Rischio superiore a 15	R4 (rischio molto elevato)
Rischio tra 15 e 10	R3 (rischio elevato)
Rischio tra 9 e 6	R2 (rischio medio)
Rischio inferiore a 6	R1 (rischio basso o nullo)

Conclusioni

Nel territorio del comune di Meda l'analisi bibliografica e la consultazione di banche dati e cartografia si è conclusa con la suddivisione del territorio di due zone:

- Aree a bassa o moderata pericolosità per occhi pollini (H1 - H2)

- Aree a media o alta pericolosità per occhi pollini (H3 - H4)



Non si è proceduto con la modifica della carta di suscettibilità per occhi pollini redatta dalla Provincia di Monza Brianza, in quanto la segnalazione di un unico fenomeno (peraltro già in area H3-H4) è insufficiente per apportare modifiche significative alla mappatura; tale dato andrà tenuto conto nelle successive valutazioni.

Sulla base di quanto sopra, nella carta di sintesi sono state inserite tali suddivisioni alle quali è stata attribuita una specifica classe di fattibilità geologica. Per ogni intervento edificatorio, in fase di progetto andrà approfondito l'aspetto del pericolo per *sinkhole*, seguendo gli approfondimenti indicati nell'Allegato B – Fase 3 dalla DGR 7564/2022.

2.2 FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE

La fase di sintesi/valutazione è definita tramite:

- la **carta dei vincoli**, che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico
- la **carta di sintesi**, che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geomorfologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica

La Carta dei Vincoli deve essere redatta su tutto il territorio comunale alla scala dello strumento urbanistico comunale. Devono essere rappresentate su questa carta le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore con contenuto prettamente geologico, con particolare riferimento a:

- *Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino PAI - PGRA*
- *Vincoli derivanti dal PTR*
- *Vincoli derivanti dal PTCP*
- *Presenza di Geositi*
- *Vincoli di polizia idraulica*
- *Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile*

La Carta dei Vincoli è stata aggiornata tenendo conto dei nuovi vincoli dettati dal PGRA (revisione novembre 2024), aggiornando l'ubicazione dei pozzi captati ad uso idropotabile pubblico e i vincoli di carattere geomorfologico dettati dal PTCP e dal Parco delle Groane. Sono state inoltre riportate le fasce di rispetto del RIM aggiornato al 2025.

La Carta di Sintesi è stata redatta su tutto il territorio comunale, ad una scala tale da poter rappresentare i contenuti di seguito descritti.

La Carta di Sintesi deve rappresentare le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera. Pertanto, tale carta deve essere costituita da una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geomorfologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee. La sovrapposizione di più ambiti determina dei poligoni misti per la coesistenza di pericolosità determinata da più fattori limitanti. La delimitazione dei poligoni avviene sulla base delle valutazioni sulla pericolosità e sulle aree di influenza dei fenomeni desunte dalla fase di analisi descritta sopra e per i casi specificati derivanti da "Studi di dettaglio". Nella Carta di Sintesi vanno inserite anche le opere realizzate per la mitigazione del rischio.

2.3 FASE DI PROPOSTA

La fase di proposta è definita attraverso la redazione della **Carta della Fattibilità Geologica** e delle relative **Norme di Attuazione**. Tale fase prevede modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geomorfologica e geotecnica nonché per vulnerabilità idraulica e idrogeologica, individuati nella fase di sintesi, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico.

La Carta della Fattibilità Geologica deve essere redatta alla stessa scala dello strumento urbanistico e si riferisce all'intero territorio comunale.
La Carta di Fattibilità Geologica viene desunta dalla Carta di Sintesi e dalla Carta dei Vincoli (per gli ambiti ricadenti entro le fasce fluviali e le aree in dissesto PAI e le aree PGRA) attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono. Al mosaico della fattibilità geologica devono essere sovrapposte, con apposito retino "trasparente", le aree soggette ad amplificazione sismica locale (Fattore di amplificazione maggiore del Limite di soglia comunale), che non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma alle quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del PGT.

La Carta di Fattibilità Geologica è dunque una *carta di pericolosità* che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni circa le destinazioni d'uso del territorio.
La carta deve essere utilizzata congiuntamente alle "**Norme Geologiche di piano**" che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, necessità di opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di emergenza).

L'attribuzione della classe di fattibilità avviene attraverso due fasi:

- nella prima fase, a ciascun poligono della Carta di Sintesi, in base al/i fattore/i di pericolosità/vulnerabilità presente/i viene attribuita una classe di fattibilità (valore di ingresso) seguendo le indicazioni della Tabella 1-1bis-2 dell'allegato B della D.G.R.2616/2011;
- successivamente il professionista può aumentare o diminuire il valore della classe di fattibilità in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito, ad eccezione di alcune categorie di pericolo specificate nella normativa. La diminuzione della classe di fattibilità rispetto alla classe di ingresso deve essere compiutamente documentata e motivata da specifiche indagini sulla pericolosità del comparto.

Nel caso in cui in un'area omogenea per pericolosità/vulnerabilità vi sia la presenza contemporanea di più fenomeni, deve essere attribuito il valore più alto tra le classi di fattibilità previste; la relativa normativa associata deve contenere le prescrizioni che considerano la sussistenza di tutti i fenomeni evidenziati.

Ogni classe di fattibilità può essere, per maggiore chiarezza, suddivisa in sottoclassi riguardanti ambiti omogenei. Tale suddivisione si rende necessaria laddove le sottoclassi individuino aree sottoposte a particolari normative (es. aree in dissesto ex art. 9 delle N.d.A. del PAI e aree ricadenti all'interno delle Fasce Fluviali o del PGRA).

La Relazione Geologica del PGT deve essere composta da:

- *Relazione illustrativa*
- *Norme geologiche di piano*

La Relazione Illustrativa raccoglie la documentazione cartografica prodotta e tutte le informazioni di base utilizzate per lo studio che non sono state oggetto di apposita cartografia o che nella cartografia sono state aggregate o sintetizzate in vario modo. In particolare, raccoglie:

- *gli esiti della ricerca storica e le relative schede;*
- *l'inquadramento meteo climatico e nivologico;*
- *una descrizione dei corsi d'acqua naturali e artificiali sotto l'aspetto idrografico, idrologico e idraulico;*
- *una descrizione dell'assetto geologico e strutturale dell'area in esame tenendo conto delle finalità applicative dello studio geologico;*
- *una descrizione delle principali forme e processi geomorfologici;*
- *una descrizione dell'assetto idrogeologico dell'area;*
- *una descrizione degli ambiti di pericolosità omogenea come individuati cartograficamente nella carta di sintesi;*
- *una descrizione delle aree riconosciute come passibili di amplificazione sismica;*
- *una descrizione delle opere realizzate (idrauliche, di sistemazione dei dissesti ecc.).*

Come già specificato, la presente revisione recepisce i contenuti di inquadramento geologico, morfologico, idrogeologico e climatico presenti nella Relazione Geologica della precedente versione, la quale continua quindi ad essere parte integrante della componente geologica del P.G.T. comunale. Vengono approfonditi gli aspetti sulla analisi della sismicità del territorio secondo l'allegato 5 della D.G.R.26165/2011.

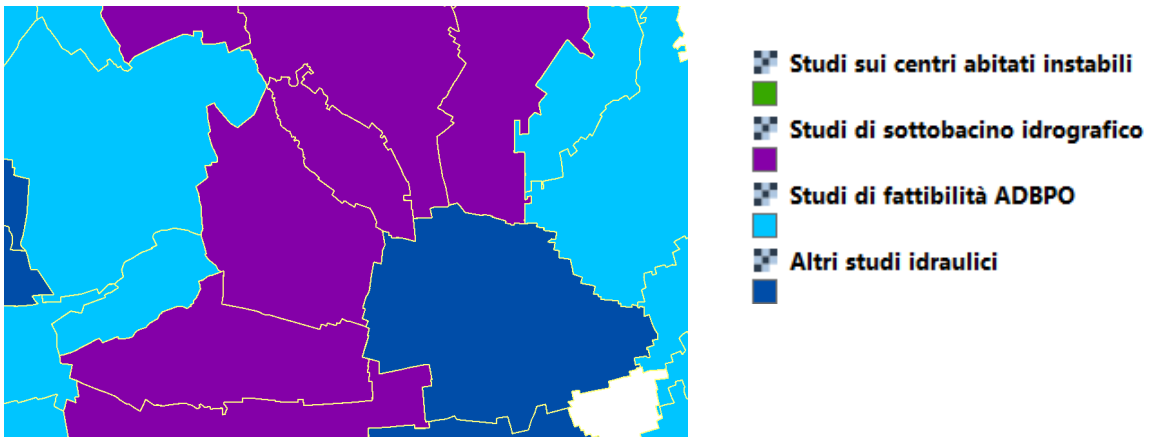
Sono stati inoltre affrontati i temi richiesti per il raccordo con il PTCP della Provincia di Monza Brianza vigente.

Le "Norme Geologiche di piano" devono essere riportate integralmente nel Piano delle Regole oltre che nel Documento di Piano del P.G.T. Contengono la normativa d'uso della carta di fattibilità geologica ed il richiamo alla normativa derivante dalla carta dei vincoli. Riportano, per ciascuna delle classi di fattibilità, indicazioni in merito alla richiesta di indagini di approfondimento, alle prescrizioni per le tipologie costruttive e alle eventuali opere di mitigazione del rischio da realizzarsi. L'aggiornamento ha introdotto nuove classi di fattibilità rispetto alla precedente versione e, ove ritenuto necessario, ne ha modificato e/o integrato le prescrizioni.

3 STUDI E DATI GEOGRAFICI DI RIFERIMENTO

Con d.g.r. n. 3007 del 2024 - Studi e dati geografici di riferimento per la componente geologica dei PGT e della pianificazione di protezione civile, è stato approvazione dell'allegato 1 "studi e dati geografici di riferimento per la redazione e l'aggiornamento della componente geologica dei PGT e della pianificazione di protezione civile" in aggiornamento dell'allegato 1 alla d.g.r. IX/2616/2011.

Per il presente studio sono stati consultati i nuovi gli studi e dati geografici di riferimento per la redazione e l'aggiornamento della componente geologica dei PGT.
Di seguito si riporta un estratto dal geoportale di Regione Lombardia nel quale sono riportate le aree interessate da studi di riferimento:

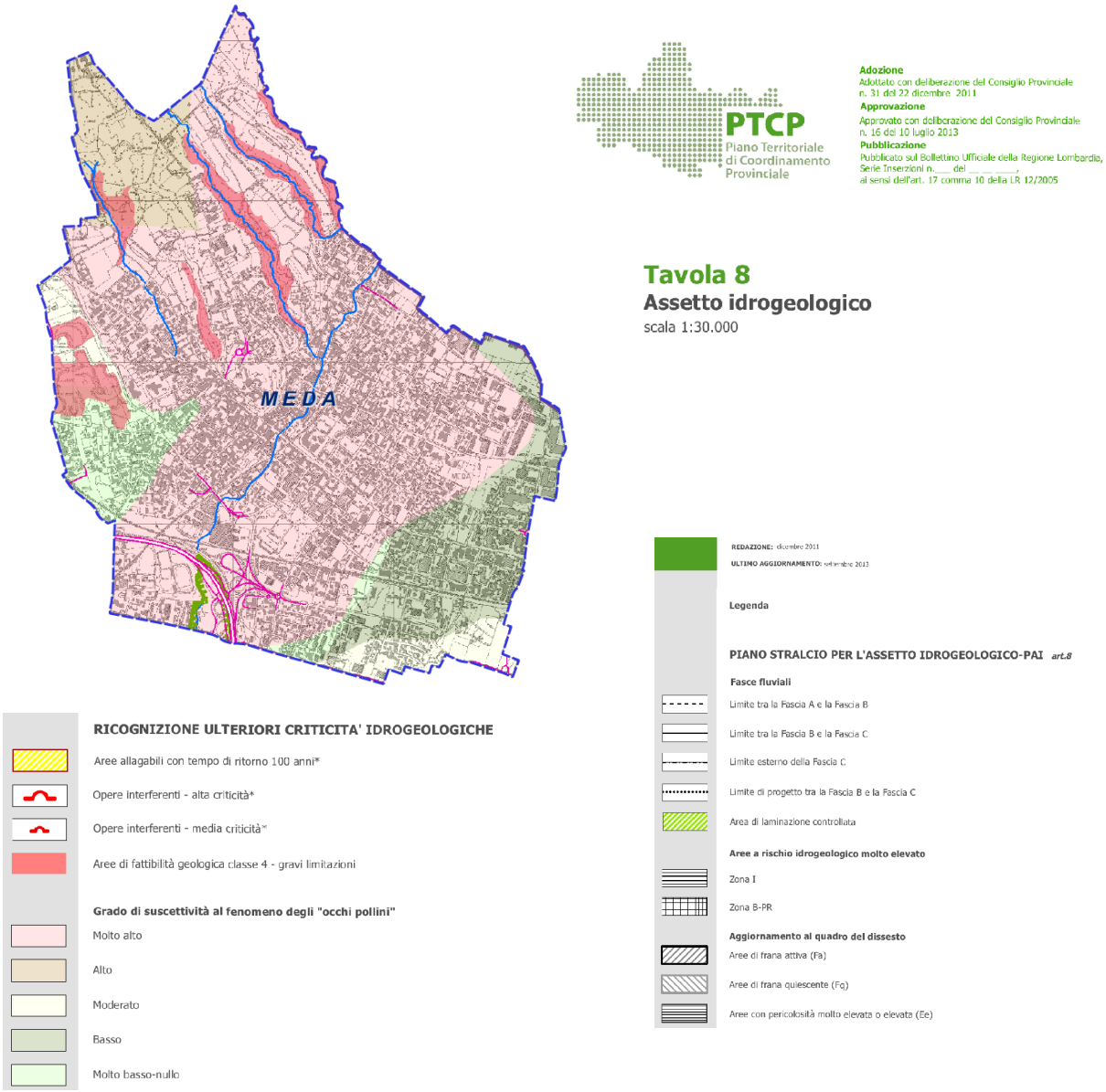


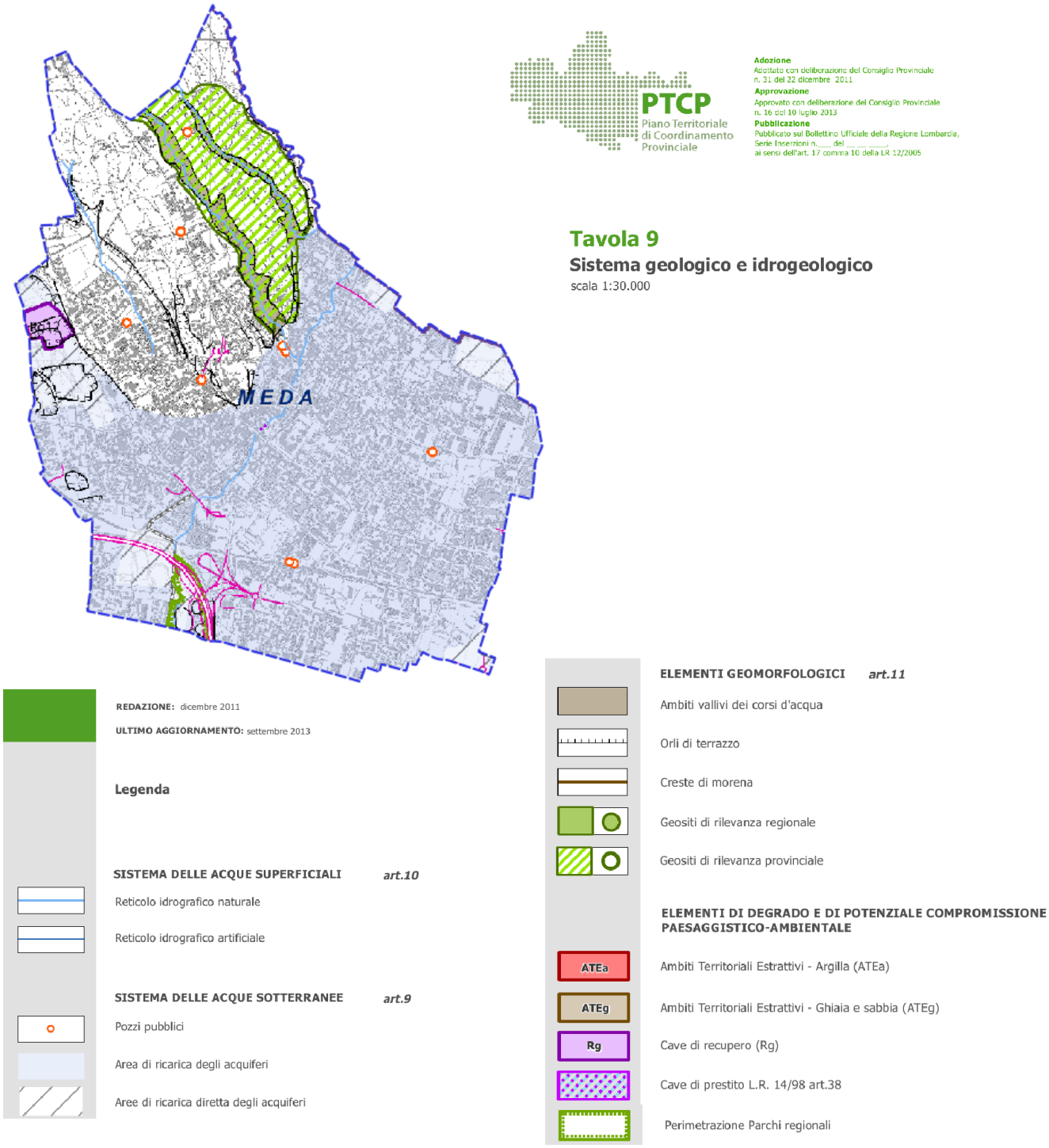
- Elaborazione e sintesi del quadro ambientale del sottobacino del Torrente Seveso - Fondazione Lombardia per l'Ambiente, 2017
- Progetto di sistemazione idraulica dei Torrenti Terrò, Certesa ed affluenti – 2018
- Studio idrogeologico, idraulico e ambientale dei Torrenti Terrò, Certesa e Roggia Vecchia (CO, MB), affluenti del Seveso, finalizzato alla definizione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico e di manutenzione fluviale - 2018

4 RACCORDO CON IL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (P.T.C.P.) (Tav. 12)

Il presente capitolo è redatto per aggiornare lo studio geologico comunale ai contenuti delle norme di piano del P.T.C.P. della provincia di Monza Brianza, approvato il 10 luglio 2013 (Deliberazione Consiliare n.16/2013) ed è efficace dal 23 ottobre 2013 (Burl n.43 del 23/10/2013). Il piano è stato redatto dalla Provincia MB - Settore Pianificazione territoriale e Parchi, in collaborazione con altri Settori dell'Ente e con importanti contributi specialistici esterni coordinati dal Centro Studi PIM. Successivamente sono state approvate modifiche e varianti. In particolare, si richiamano la variante alle Norme del piano (Burl-Sac n.1 del 2 gennaio 2019), la variante del PTCP per l'adeguamento alla soglia regionale di riduzione del consumo di suolo ai sensi della LR 31/2014 (Burl-Sac n.14 del 6 aprile 2022) e la variante in materia di infrastrutture per la mobilità (BURL-SAC n.34 del 23 agosto 2023).

Di seguito si riporta un estratto delle tav. 8 e tav. 9 del P.T.C.P., del territorio comunale di Meda:





Per il raccordo a scala comunale degli elementi morfologici del PTCP (art. 11) si rimanda al capitolo 6.3.

5 VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO COMUNALE (art 14 del R.R. n° 7 del 23-11-2017 e successivi aggiornamenti – Invarianza Idraulica)

Il comune di Meda è dotato di "Studio di Gestione del Rischio Idraulico" ai sensi del regolamento regionale n° 7 del 23/1 1/2017 e successive modifiche, fornito da Brianza Acque, redatto da nel marzo 2021. BRIANZACQUE S.r.l., quale gestore del ciclo idrico integrato dell'intero comprensorio provinciale di
Monza e Brianza – a seguito di accordi con ATO della Provincia di Monza e Brianza - ha assunto in carico il ruolo di soggetto estensore del suddetto "Studio per la Gestione del Rischio Idraulico" di cui al comma 7 dell'art. 14 del Regolamento Regionale n. 7, di 53 dei 55 Comuni della Provincia.

BrianzAcque

COMUNE DI MEDA
PROVINCIA DI MONZA E DELLA BRIANZA

progetto:
STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO R.R. 23 NOV. 2017 N.7 – art. 14 c.7

titolo elaborato:
RELAZIONE TECNICA

BrianzAcque
Settore Progettazione e Pianificazione Territoriale
via G. Mazzini, 41 - 20871 Vimercate (MB)
tel. 039 6898860 prog-brianzacque@legalmail.it

timbro:

Dirigente:
Dott. Ing. Massimiliano Ferazzini
Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del T.U. 445/2000 e del D.Lgs 82/2005 e rispettive norme collegate

cod. commessa:
FOTC192543

Supporto di: RTP J+S Srl (capogruppo mandataria)
STUDIOSPS SRL, Idrostudi srl (mandanti)
Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del T.U. 445/2000 e del D.Lgs 82/2005 e rispettive norme

data:
Marzo 2021

elaborato:
A.1

rev.	data	note			
A					
B					
C					
D					
E	01/03/2021	PRIMA BOZZA REV.0	SPS	DD+GV	MFe

redatto: | verificato: | approvato:

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato, in tutto o in parte, senza il consenso scritto di BrianzAcque srl. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norme di legge. This document may not be copied, reproduced or published either in part or entirely without the written permission of BrianzAcque srl. Unauthorised use will be persecuted by law.

Per lo sviluppo delle attività occorrenti per l'elaborazione dello Studio, Brianzacque S.r.l. si è avvalsa della collaborazione, quale supporto tecnico-scientifico-metodologico e di ricerca, dei seguenti soggetti, in funzione delle specifiche competenze:

✓ Attività di supporto tecnico-scientifico-metodologico di carattere urbanistico con il contributo dell'Istituto Nazionale di Urbanistica;

✓ Attività di supporto tecnico-scientifico-metodologico e di ricerca per la redazione della Carta d'infiltrazione e permeabilità del suolo, con il contributo dell'Università degli Studi di Milano Bicocca - Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra.;

✓ Attività di supporto tecnico-scientifico-metodologico e di ricerca per l'individuazione dei Criteri, procedure e standard metodologici nelle analisi idrauliche e nella definizione dei relativi interventi, con il contributo dell'Università degli Studi di Brescia - Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica;

✓ Attività di supporto tecnico-scientifico-metodologico e di ricerca per l'individuazione dei Criteri/Linee Guida/Procedure/Specifiche/Best Practices nella realizzazione delle opere a verde (Green Infrastructure) con il contributo dell'Università degli Studi di Milano Agraria - Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia;

Attività specialistica di contenuto geologico-urbanistico, con il contributo dello studio tecnico Land&Cogeo s.r.l.;

Attività specialistica di ingegneria modellistico-idraulica, con il contributo dell'RTP di società di ingegneria J+S s.r.l. - Idrostudi s.r.l. - Studio SPS s.r.l.

In base all'art 14 comma 5 del regolamento, "*gli esiti dello studio comunale di gestione del rischio idraulico e, per i comuni ricadenti nelle aree a bassa criticità idraulica di cui all'articolo 7, gli esiti del documento semplificato del rischio idraulico comunale devono essere recepiti nel PGT approvato ai sensi dell'articolo 5 comma 3 e comma 4, quinto periodo, della l.r. 31/2014*".

Per ottemperare a tali richieste, nella Carta dei Vincoli della componente geologica sono stati riportate le aree segnalate per allagamenti per insufficienza della rete fognaria individuate dallo studio di gestione del rischio idraulico.

Area insufficienza rete fognaria

- Aree con criticità rete fognaria (Tr 10 anni)
- Aree con criticità rete fognaria (Tr 50 anni)
- Aree con criticità rete fognaria (Tr 100 anni)

Per la redazione dei progetti di invarianza idraulica a supporto di ogni intervento edilizio, si raccomanda la consultazione dello studio integrale con particolare attenzione ai seguenti contenuti:

- Carta della permeabilità
- Carta delle porzioni di territorio non adatte o poco adatte all'infiltrazione
- Criticità idrauliche evidenziate
- Interventi strutturali

Nello studio di gestione del rischio idraulico sono state valutate le aree inadatte alla dispersione in situ delle acque meteoriche.

Di seguito si riporta la tabella di sintesi tratta dallo studio citato:

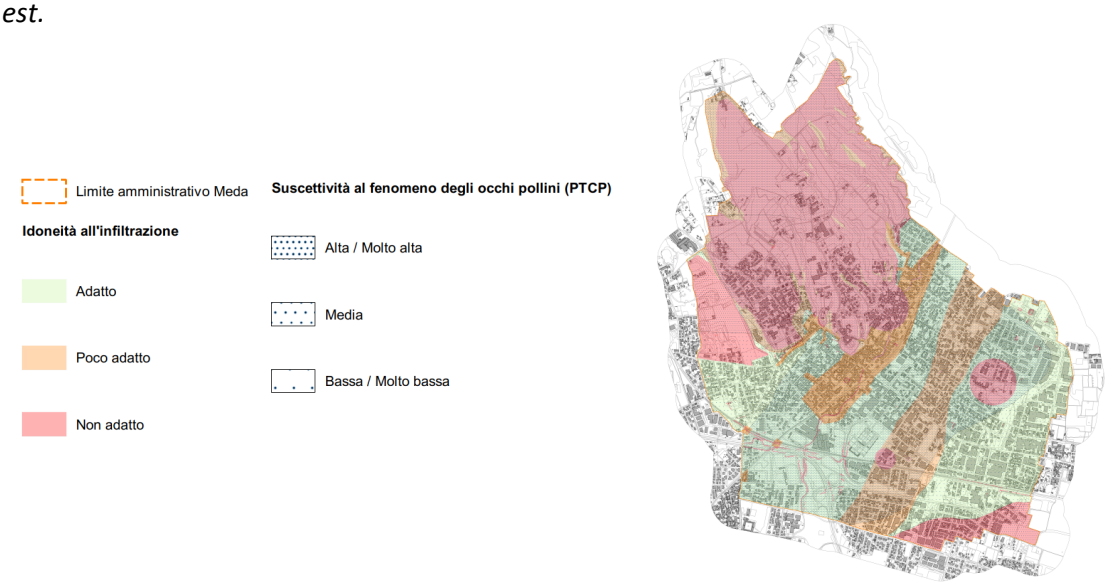
AMBITI DI ESCLUSIONE AI PROCESSI DI INFILTRAZIONE			
Descrizione voce	**Dato disponibile**	**Dato consegnato**	**Note**
Area con presenza del fenomeno degli Occhi Pollini			Riferimento al PGT
Aree con fenomeni di instabilità e/o dissesti superficiali dei versanti			
Aree caratterizzate da presenza di materiali scadenti			
Aree a rischio per la vulnerabilità degli acquiferi			
Aree soggette all'art. 94 del D. Lgs 152/2006 "Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano"			

Di seguito si riporta un estratto della relazione allegata allo "STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO R.R. 23 NOV. 2017 N.7".

Nel comune di Meda il 39% del territorio è occupato da settori adatti all'infiltrazione, il 20% da settori poco adatti e il 41% da settori non adatti all'infiltrazione.

Questi ultimi sono legati alla presenza di:

(i) litologie a potenziale di infiltrazione molto basso nella zona nord-occidentale del comune e, in piccola parte, nella zona meridionale, riconducibili all'Allogruppo di Venegono e alla Formazione di Guanzate (ii) sei aree di rispetto di pozzi ad uso idropotabile; (iii) un'ampia aree di cava posta nel settore occidentale del comune; (iv) alcune zone a pendenza elevata e comunque superiore a 10°; (v) un'area a rischio idraulico che taglia il comune in direzione nord sud e (vi) alcune zone a rischio di esondazione nel settore nord est.



Tali prescrizioni sono state recepite nelle norme tecniche associate alle classi di fattibilità geologiche.

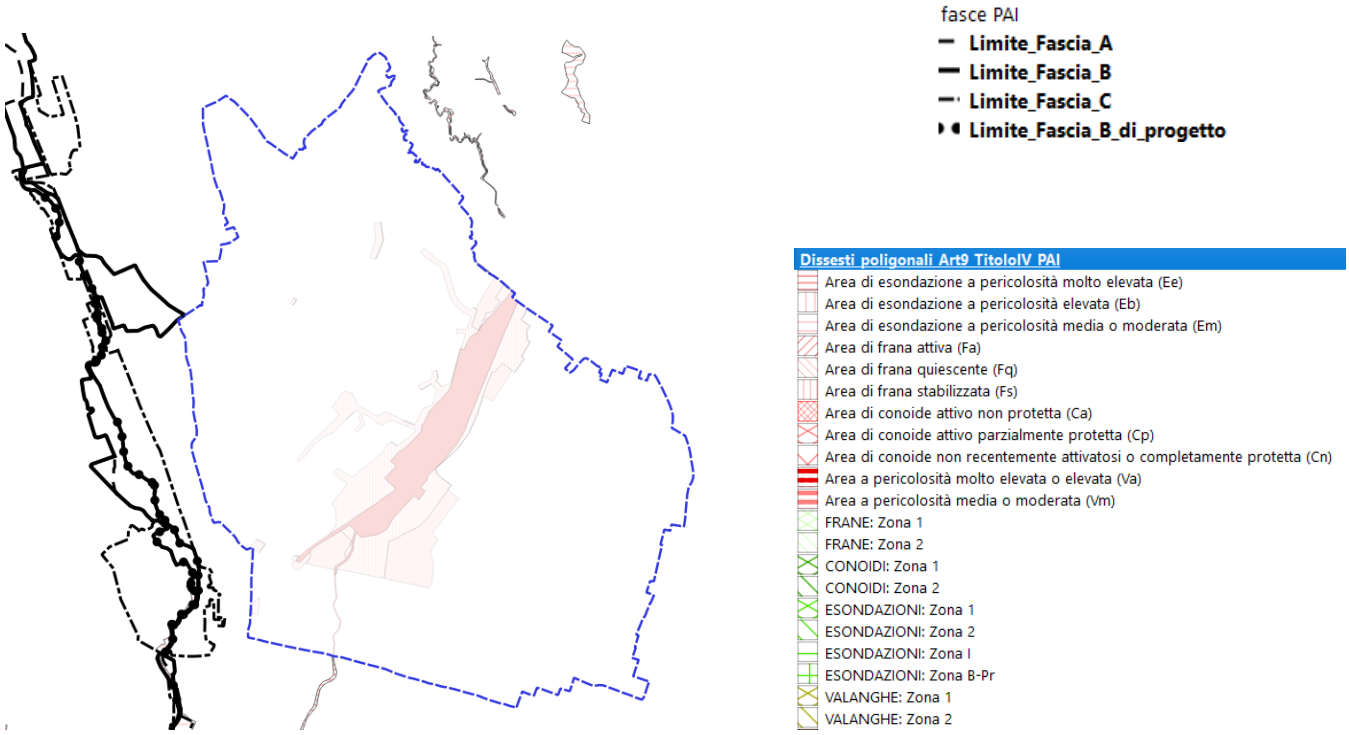
6 AGGIORNAMENTO CARTA DEI VINCOLI (Tav. 4)

Questa carta deve riportare i vincoli di "interesse geologico" presenti sul territorio comunale, anche con riferimento a quelli derivanti dalla pianificazione sovraordinata quali:

- P.A.I. (elaborato 8: fasce fluviali - d.p.c.m. 24 maggio 2001)
- Piano di gestione del Rischio Alluvioni (PGRA - Direttiva Alluvioni Variante nella revisione novembre 2024)
- Vincoli derivanti dal P.T.R. (2023) contenuti nella tabella dell'elaborato SO1
- Vincoli derivanti dal P.T.C.P. 2018-2022
- Piano Cave della Provincia di Monza Brianza
- Vincoli di Polizia Idraulica (vedi studio R.I.M. revisione 2025)
- Aree di salvaguardia captazioni idropotabili

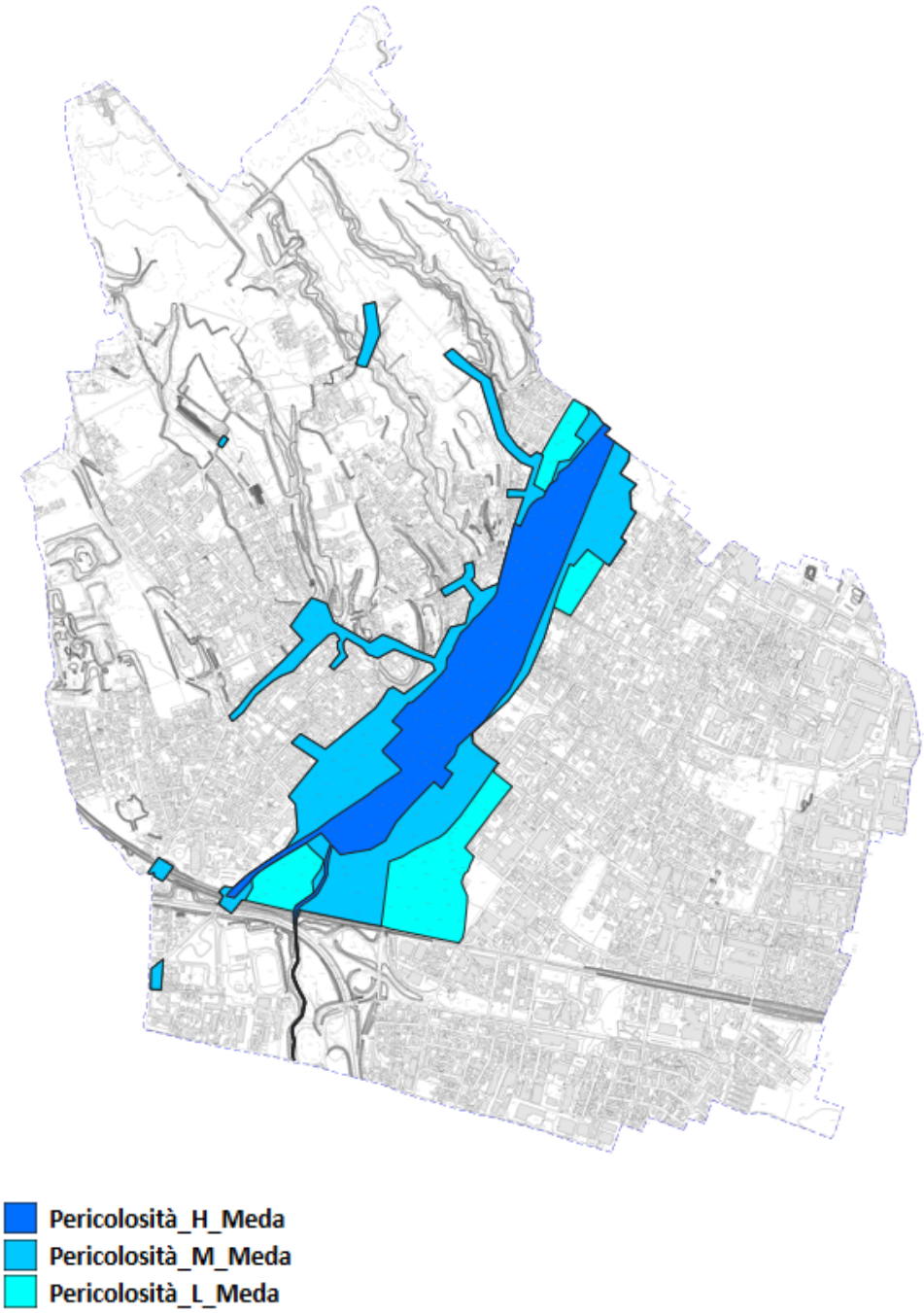
6.1 VINCOLI PAI E PGRA

I tematismi riferiti al PAI sono stati consultati sul Geoportale di Regione Lombardi; il territorio di Meda non è interessato da fasce PAI, ma vi sono aree di esondazione mappane negli ambiti in dissesto.



Per le aree a vincolo PGRA sono stati utilizzati gli shape files forniti al comune di Meda da Regione Lombardia nell'ambito della revisione del novembre 2024.

Si precisa che l'aggiornamento delle nuove perimetrazioni PGRA è vigente dal giorno successivo alla pubblicazione del decreto del Segretario Generale sul sito AdBPo.



Le aree a rischio **R4** del PGRA, fornite al comune di Meda da Regione Lombardia nella fase di revisione del novembre 2024, sono state realizzate identificando gli ambiti del territorio sulla base dell'ortofoto disponibile sul Geoportale di Regione Lombardia, attribuendo la classe d'uso D1-2-3-4, secondo quanto indicato nel "*Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.2010 - II A. Mappatura della pericolosità e valutazione del rischio*", di cui si riportano le tabelle essensiali:

CLASSE D4	
1111	Tessuto residenziale denso
1112	Tessuto residenziale continuo mediamente denso
1121	Tessuto residenziale discontinuo
1122	Tessuto residenziale rado e nucleiforme
1123	Tessuto residenziale sparso
11231	Cascine
1424	Aree archeologiche
12122	Impianti di servizi pubblici e privati
12111	Insediamenti industriali, artigianali, commerciali
12112	Insediamenti produttivi agricoli
12121	Insediamenti ospedalieri
12123	Impianti tecnologici
1222	Reti ferroviarie e spazi accessori
123	Aree portuali
12125	Aree militari obliterate
124	Aeroporti ed eliporti
1421	Impianti sportivi
1423	Parchi divertimento
1422	Campeggi e strutture turistiche e ricettive

CLASSE D3	
133	Cantieri
12124	Cimiteri
132	Discariche
131	Cave
2113	Colture orticole
2114	Colture floro-vivaistiche
2115	Orti familiari

CLASSE D2	
211	Seminativi
1411	Parchi e giardini
221	Vigneti
222	Frutteti e frutti minori
223	Oliveti
3114	Castagneti da frutto
213	Risaie
2313	Marcite
1412	Aree verdi incolte
2241	Pioppeti
2242	Altre legnose agrarie

CLASSE D1	
134	Aree degradate non utilizzate e non vegetate
231	Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive
311	Boschi di latifoglie
312	Boschi conifere
313	Boschi misti
314	Rimboschimenti recenti
331	Spiagge, dune ed alvei ghiaiosi
321	Praterie naturali d'alta quota
322 - 324	Cespuglieti
332	Accumuli detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione
333	Vegetazione rada
411	Vegetazione delle aree umide interne e delle torbiere
3113	Formazioni ripariali
3222	Vegetazione dei greti
3223	Vegetazione degli argini sopraelevati
511	Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali
5121	Bacini idrici naturali
5123	Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda
5122	Bacini idrici artificiali
335	Ghiacciai e nevi perenni

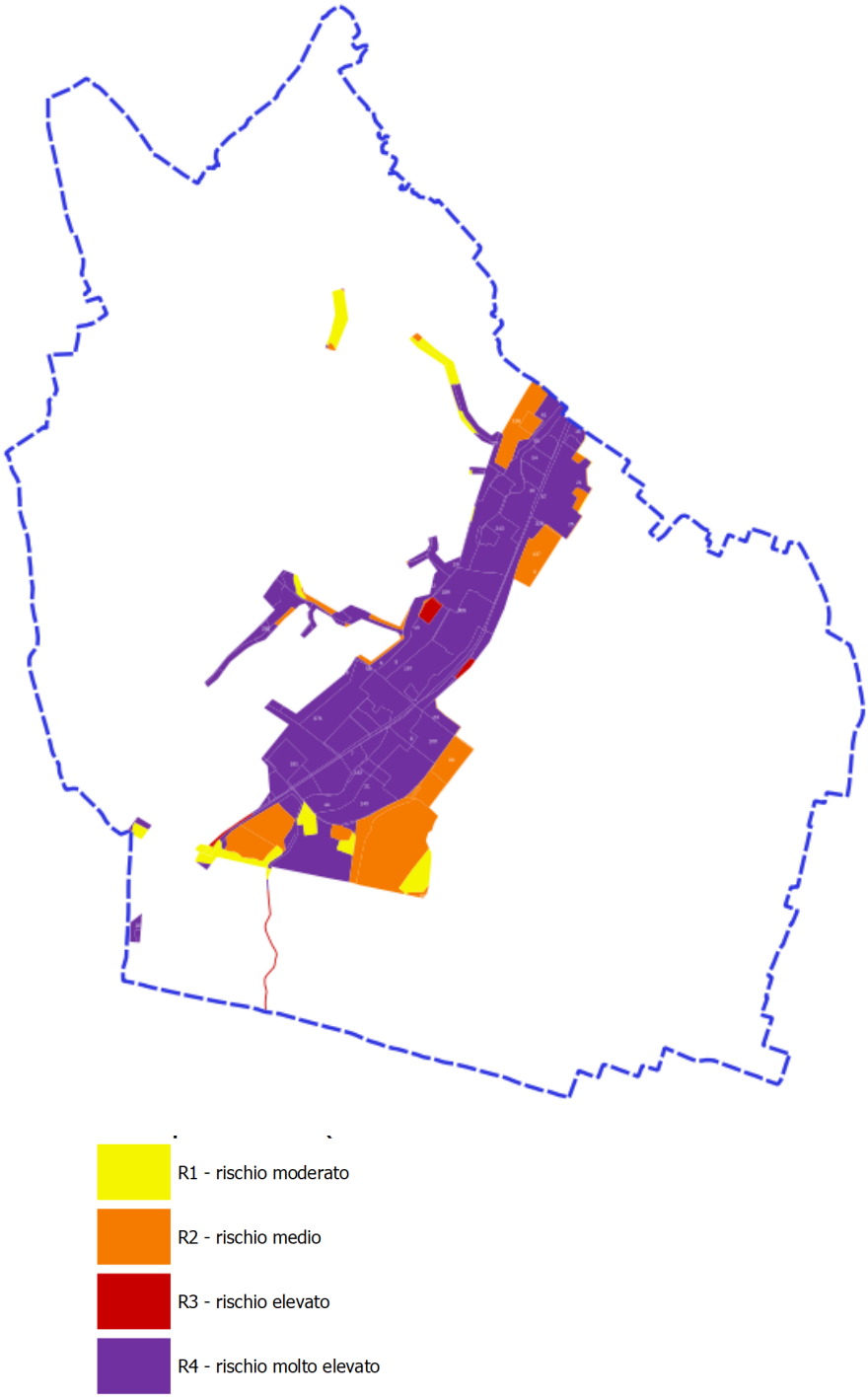
Reti stradali	
D4	Reti primarie: autostrade, strade statali/regionali, strade provinciali
D3	Reti secondarie: strade comunali

Per la Valutazioen del rischio, è stata adottala la seguente matrice:

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

Matrice 1

- Reticolo principale (RP)
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM alpino)


R1 - rischio moderato
R2 - rischio medio
R3 - rischio elevato
R4 - rischio molto elevato

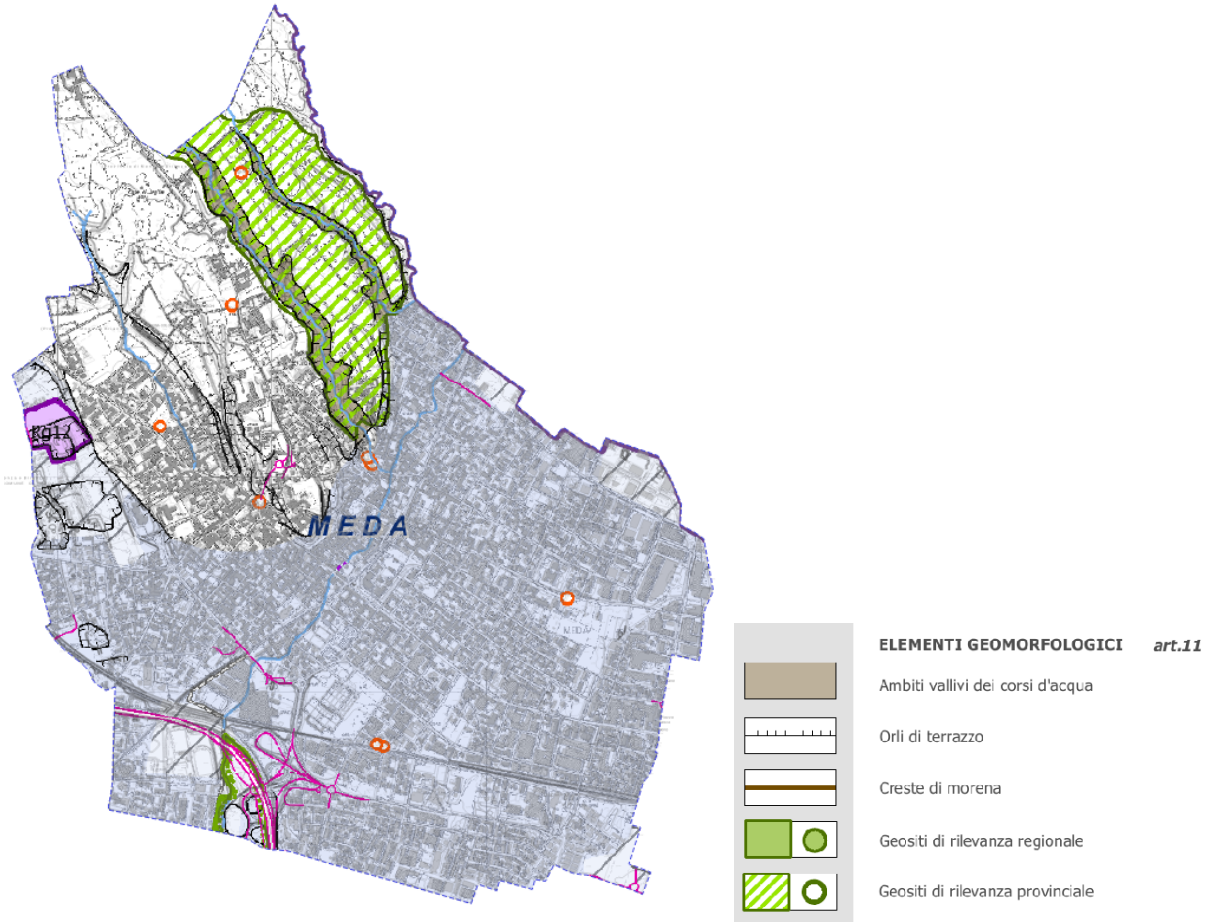
6.2 VINCOLI DERIVANTI DAL P.T.R.

L'ultimo aggiornamento del PTR è stato approvato con d.c.r. n. 42 del 20 giugno 2023 (pubblicato sul Bollettino Ufficiale di Regione Lombardia, serie Ordinaria, n. 26 del 1° luglio 2023), in allegato al Programma Regionale di Sviluppo Sostenibile (PRSS). Per quanto riguarda il P.T.R., devono essere riportati i perimetri delle infrastrutture strategiche di interesse regionale contenuti nella Tabella "Progetti e studi di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo" dell'elaborato SO1 "Obiettivi prioritari di interesse regionale e sovra regionale - Obiettivi prioritari per la difesa del suolo" del Piano Territoriale Regionale.

Sul territorio del comune di Meda non si segnalano vincoli descritti nella Tabella "*Progetti di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo*" contenuta nell'elaborato SO1 (2023).

6.3 VINCOLI DERIVANTI DAL P.T.C.P.

Di seguito si riporta un estratto della Tav. 9 del PTCP di Monza Brianza, la quale individua i principali elementi geomorfologici distinguendo gli ambiti vallivi dei corsi d'acqua, gli orli di terrazzo, le creste di morena e i geositi di rilevanza regionale e provinciale.

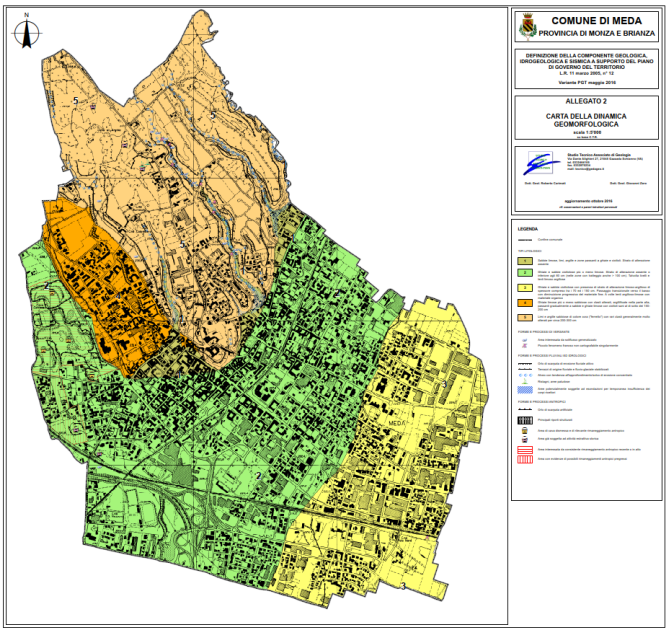


Come indicato all'art. 4 comma 7[1] delle norme tecniche del PTCP, per gli ambiti ricadenti nel Parco Regionale delle Groane, prevale la competenza del Parco.
Pertanto, per la tutela e la salvaguardia della morfologia, dell'orografia e dell'assetto del territorio si applica quanto previsto dall'art 16 delle vigenti Norme Tecniche del parco (vedi norme tecniche cap. 7).

Così come indicato dalle Norme Tecniche del PTCP, si è proceduto al tracciamento di maggior dettaglio. In ottemperanza all'art. 11 delle Norme di attuazione del P.T.C.P. rev. 2022, gli elementi morfologici sono stati individuati sulla base della cartografia di maggior dettaglio adottata dal presente studio rispetto alla base cartografica del P.T.C.P. Per i vincoli di tali ambiti si rimanda alle norme tecniche.

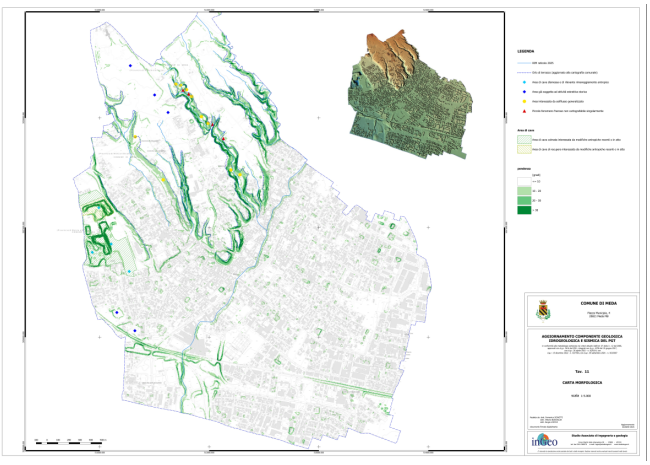
Per tale aspetto, partendo dagli elementi morfologici indicati dal PTCP, si è tenuto conto in modo critico di:

- *<u>carta morfologica</u> allegata al PGT redatta nel 2016:* la carta morfologica redatta a scala 1:10.000 riporta correttamente le forme del territorio sia naturali (orli di terrazzo, orli fluviali, orli glaciali ecc.) a volte anche poco pronunciati, ma anche le scarpate artificiali. Tali elementi sono stati il punto di partenza per poi individuare solo gli elementi naturali più significativi con valenza paesaggistica da tutelare. Tuttavia, la carta morfologica è redatta su una base cartografica diversa da quella attualmente fornita da Regione Lombardia (DBT); pertanto tale carta è stata aggiornata come di seguito descritto.



[1] *In applicazione dell'articolo 15, comma 7 della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 «Legge per il governo del territorio» il PTCP, fermi restando i casi di prevalenza del PTCP di cui all'art.18 della medesima legge regionale, non disciplina le aree comprese nel territorio delle aree regionali protette, intendendosi i relativi strumenti di pianificazione totalmente recepiti nel PTCP medesimo.*

- *carta morfologica aggiornata al presente PGT rev. 2025:* la carta morfologica rev. 2016 è stata aggiornata tenendo conto della nuova cartografia (DBT) e del modello 3D del terreno generato dal DTM fornito da Regione Lombardia. E' stata inoltre prodotta la carta delle pendenze, utile per individuare gli orli morfologici più significativi. Su tale carta sono stati riportati anche alcuni elementi della carta rev 2016.



- *lidar 1 x 1 di Regione Lombardia*: il LIDAR regionale ha permesso la ricostruzione 3d del modello del territorio favorendo la visualizzazione degli elementi morfologici presenti sul territorio

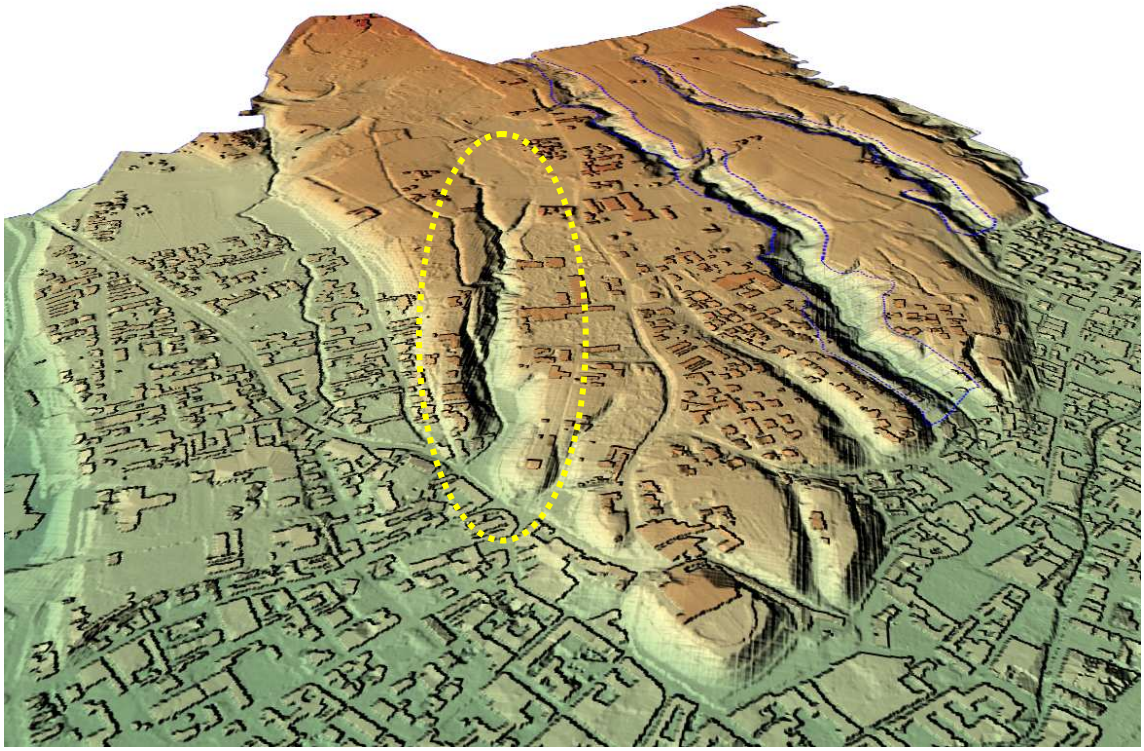
- *DBT di Regione Lombardia*: Gli elementi morfologici sono stati tracciati seguendo le isoipse rappresentate nel DBT regionale. Ciò ha comportato un aggiustamento rispetto a quanto rappresentato nella carta morfologica redatta su una base cartografica differente.

-*Sopralluoghi in situ*: Gli elementi morfologici sono stati osservati durante i sopralluoghi condotti sul territorio comunale.

Di seguito si riporta il modello 3D ricostruito per supportare un adeguato tracciamento degli orli di terrazzo da tutelare:

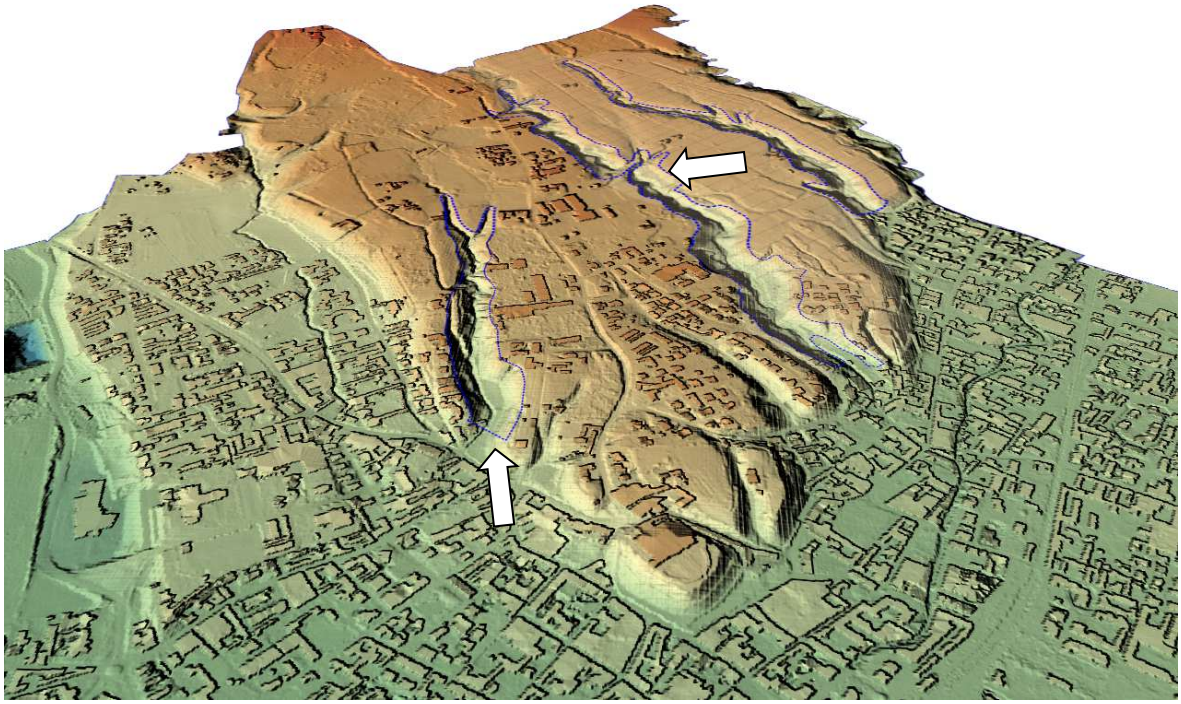
Le frecce indicano le aree con evidenze morfologiche di orli di terrazzo

La mappa indica il tracciamento degli orli di terrazzo



La mappa rappresenta l'ambito vallivo proposto nel PTCP vigente

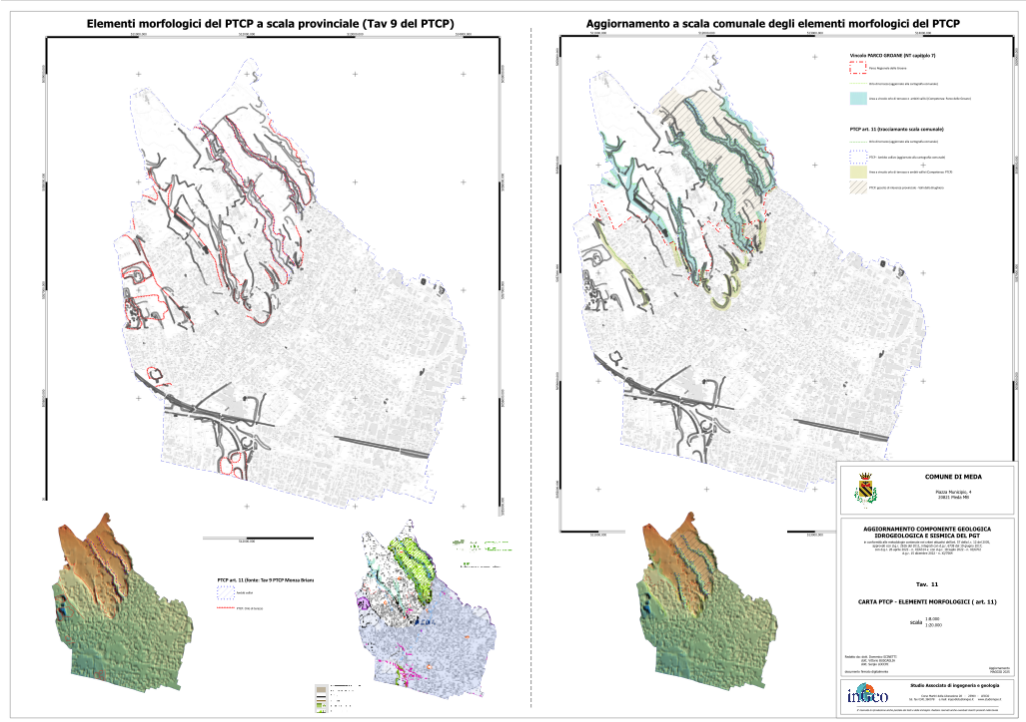
Si osservano alcune lacune e mancanze rispeto al modello 3D del sito



La mappa rappresenta l'ambito vallivo indicato nel PTCP:

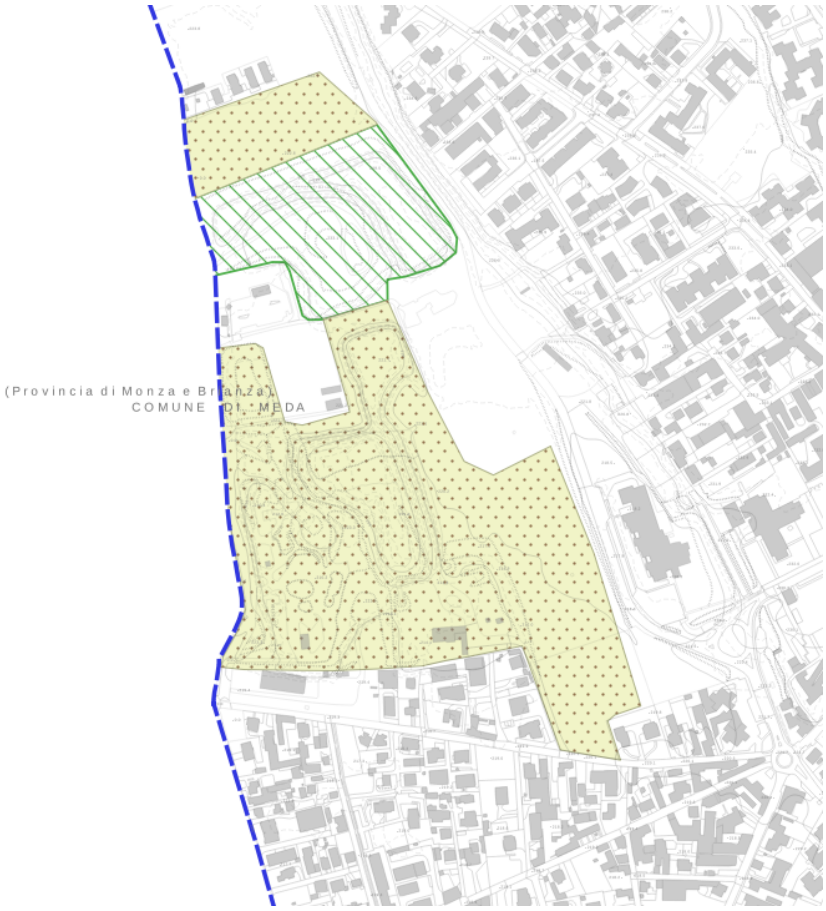
le frecce bianche indicano i principali punti oggetto di aggiornamento a scala comunale

La Tav. 12 allegata al presente studio geologico comunale rappresenta il confronto degli elementi morfologici (art. 11) proposti dal PTCP della provincia di Monza Brianza, valutati a scala comunale, così come indicato dall'art. 11 comma 5 lettere a-b.



6.4 PIANO CAVE DELLA PROVINCIA DI MONZA BRIANZA

Nel settore occidentale cel comune di Meda, al confine con il comune di Lentate sul Seveso, vi è un'area un tempo interessata da attività di estrazione, attualmente colmata o in via di recupero.



Area di cava

- Area di cava colmata interessata da modifiche antropiche recenti o in atto
- Area di cava di recupero interessata da modifiche antropiche recenti o in atto

Con delibera del consiglio regionale n.10/1316 del 22-11-2016 è diventato vigente il "Nuovo piano cave della provincia di Monza e Brianza". Sul territorio di Meda è presente l'ambito "*Cava di recupero Rg6*". L'ambito è cartografato nella Carta dei Vincoli.

Nella carta della fattibilità geologica si tiene conto della presenza sia dell'ambito di cava colmata sia della cava di recupero ancora in atto e quindi oggetto di modifiche morfologiche.

Di seguito si riporta un estratto del vigente piano cave della Provincia di Monza Brianza, di interesse sul territorio di Meda:

CAVE DI RECUPERO

Cava di recupero	Rg6	Meda

DATI GENERALI

Settore merceologico	Sabbia e ghiaia
Cava	
Comuni interessati	Meda
Località	
Sezione CTR	8583

CARATTERISTICHE DELL'AMBITO

Nuovo inserimento	
Ambito preesistente	
Area complessiva dell'ambito (mq)	55.000 mq
Area estrattiva (mq)	20.000 mq
Quota media piano campagna (m slm)	224 m s.l.m.
Quota massima prevedibile della falda (m slm)	198 m s.l.m.
Vincoli	
Contesto	

PREVISIONI DI PIANO

Volumi disponibili nell'ambito (mc)	100.000 mc
Produzione prevista nel decennio (mc)	
Riserve residue (mc)	

MODALITA' DI COLTIVAZIONE

Tipologia di coltivazione	A fossa, a secco
Quota massima di scavo (m slm)	.
Quota minima di scavo (m slm)	200 m s.l.m
Note	

MODALITA' DI RECUPERO FINALE

Destinazione finale	secondo progetto art. 11 L.R.14/98 con riempimento a piano campagna
Recupero scarpate	
Recupero fondo cava	inerbimento
Altre prescrizioni per il recupero finale	

PRESCRIZIONI DELLA GIUNTA REGIONALE

Nel progetto devono essere previsti adeguati interventi di compensazione ai sensi dell'art. 43, l.r. 31/2008 L'attività estrattiva non potrà essere esercitata nelle aree interessate da fasce boscate.

6.5 CENSIMENTO SORGENTI E POZZI SUL TERRITORIO COMUNALE

La disciplina delle aree di salvaguardia delle captazioni superficiali e sotterranee ad uso potabile è contenuta nell'art. 94 del Decreto Legislativo n.152/2006 dove vengono definite la Zona di Tutela Assoluta (ZTA), la Zona di Rispetto (ZdR) e le attività consentite all'interno delle stesse.

Regione Lombardia ha emanato due Deliberazioni di Giunta Regionale, n. VI/15137 del 27 giugno 1996 e n. VII/12693 del 10 aprile 2003, in cui ha disciplinato rispettivamente le modalità di delimitazione delle fasce di rispetto e le attività ammissibili all'interno delle stesse.

Nella carta dei vincoli vengono quindi riportati solo i pozzi e le sorgenti captati per uso idropotabile.

Tali elementi sono stati aggiornati sulla base della nuova mappatura fornita dal gestore (Brianza Acque). Nello specifico, i pozzi idropotabili sono stati ubicati secondo la geolocalizzazione fornita dal gestore. E' stato, inoltre, eliminato il vincolo attorno al pozzo ex 0151380009, in quanto non più indicato tra i pozzi idropotabili pubblici captati.

Per le zone di tutela assoluta e le fasce di rispetto si dovrà far riferimento alla Tav.4 Carta dei Vincoli 2025 del presente studio.

6.6 VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA (RIM)

Come richiesto della D.G.R.IX/2616 del 30 novembre 2011, le fasce di rispetto dei corsi d'acqua identificati nello studio del R.I.M. vanno riportate nella Carta dei Vincoli. Il presente aggiornamento allo studio geologico recepisce i contenuti e le aree mappate nel documento di polizia idraulica vigente.

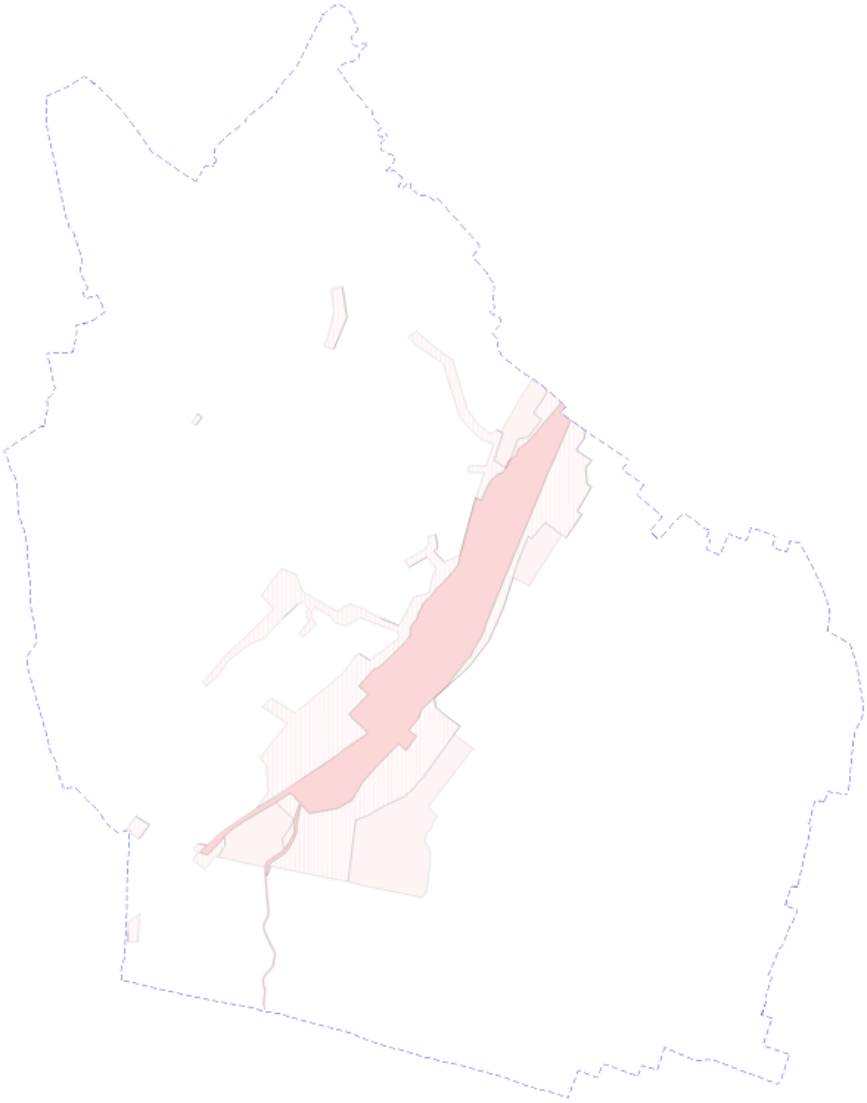
Per quanto riguarda l'aspetto normativo, si rimanda al documento di Polizia Idraulica Comunale vigente redatto nel 2025 dallo Studio Associato dott. Carimati e Zaro, costituito da una parte cartografica con l'individuazione del reticolo idrografico e delle rispettive fasce di rispetto e da una parte normativa con l'indicazione delle attività vietate e soggette ad autorizzazione.

7 CARTA PAI-PGRA (Tav. 5)

Nel presente studio si aggiorna la carta PAI-PGRA tenendo conto della variante approvata nel novembre 2024.

7.1 PAI

Coerentemente con la variante al PGRA, sono state apportate modifiche alle perimetrazioni PAI. Di seguito si riporta la mappa delle aree modificate a seguito del percorso partecipativo terminato nel novembre 2024:



Esondazioni e dissesti di carattere torrentizio

ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata (Ee)
ESONDAZIONI: Area a pericolosità elevata (Eb)
ESONDAZIONI: Area a pericolosità media o moderata (Em)

7.2 PGRA

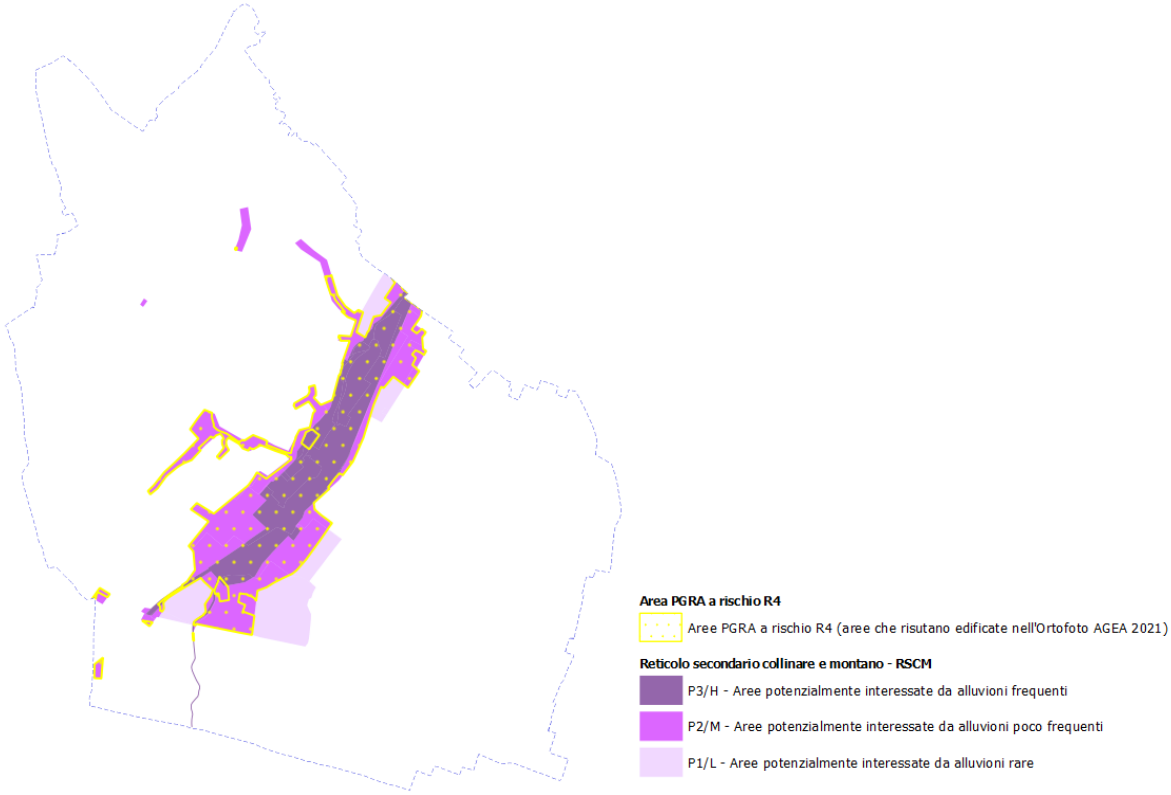
A seguito dell'approvazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, avvenuta con d.p.c.m. 27 ottobre 2016, Regione Lombardia ha approvato con D.G.R. n. 6738 del 19 giugno 2017, le disposizioni regionali sull'attuazione del PGRA nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza che integrano quelle approvate con D.G.R. n. 2616 del 30 novembre 2011.

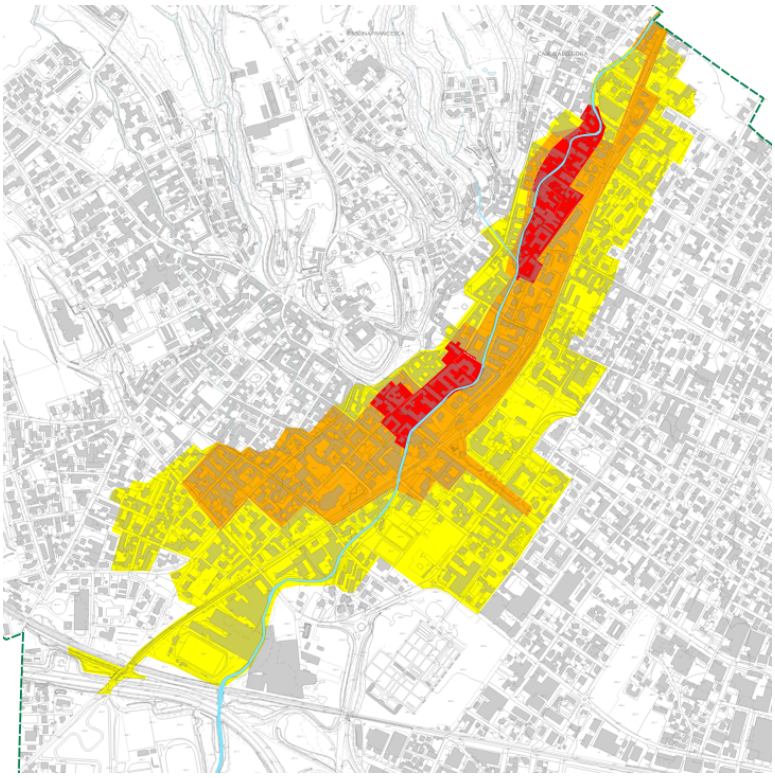
I Comuni sono tenuti:

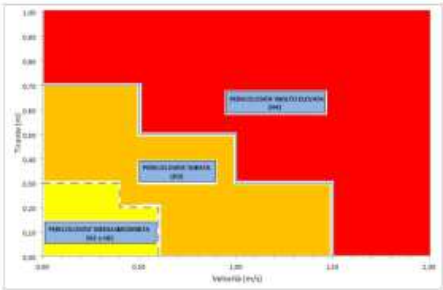
- ad applicare da subito la normativa riportata nella D.G.R. n. 6738 del 2017 sulle aree allagabili così come presenti nelle mappe di pericolosità del PGRA (accessibili attraverso il Geoportale della Lombardia - Servizio di mappa Direttiva alluvioni - revisione 2019);
- a effettuare entro le aree R4 - rischio molto elevato -, una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali e a trasmettere tale valutazione a Regione Lombardia oppure a verificare quella già svolta in passato e, ove necessario, aggiornarla sulla base dei nuovi dati (portate, livelli, topografia) utilizzati per la mappatura delle aree allagabili del PGRA
- per i corsi d'acqua del reticolo idrico principale, entro le aree R4 - rischio molto elevato -, nelle more dell'adeguamento del PGT, a svolgere valutazioni preliminari della pericolosità e del rischio, oppure ad applicare le norme riguardanti le aree P3/H e P2/M (fasce A e B) oppure richiedere che gli interventi edilizi siano supportati da uno studio di compatibilità idraulica
- ad adeguare il proprio PGT, attraverso il recepimento delle aree allagabili e relative norme, entro e non oltre i termini stabiliti dall'art. 5 "Norma transitoria" della l.r. n. 31 del 2014 sul consumo di suolo.

I tematismi riferiti alle PGRA2022 hanno subito modifiche con la variante in corso adottata in agosto 2023 e oggetto di modifiche a seguito del percorso partecipativo terminato nel novembre 2024. Nel comune di Meda sono presenti aree PGRA relative al reticolo secondario collinare e montano RSCM, mentre non si hanno aree PGRA relativi a reticolo principale di pianura (RP), reticolo secondario di pianura (RSP) e aree costiere lacuali (ACL).

Da regione Lombardia sono state fornite al comune di Meda le aree in ambiti R4, per le quali è richiesto uno studio idraulico di dettaglio per la valutazione del pericolo e del rischio per alluvione. Per tale aspetto si rimanda ad apposito elaborato (*relazione valutazione condizioni di pericolosità e rischio idraulico*), di cui si riportano di seguito alcuni estratti.


Area PGRA a rischio R4
Aree PGRA a rischio R4 (aree che risutano edificate nell'Ortofoto AGEA 2021)
Reticolo secondario collinare e montano - RSCM
P3/H - Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti
P2/M - Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti
P1/L - Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare

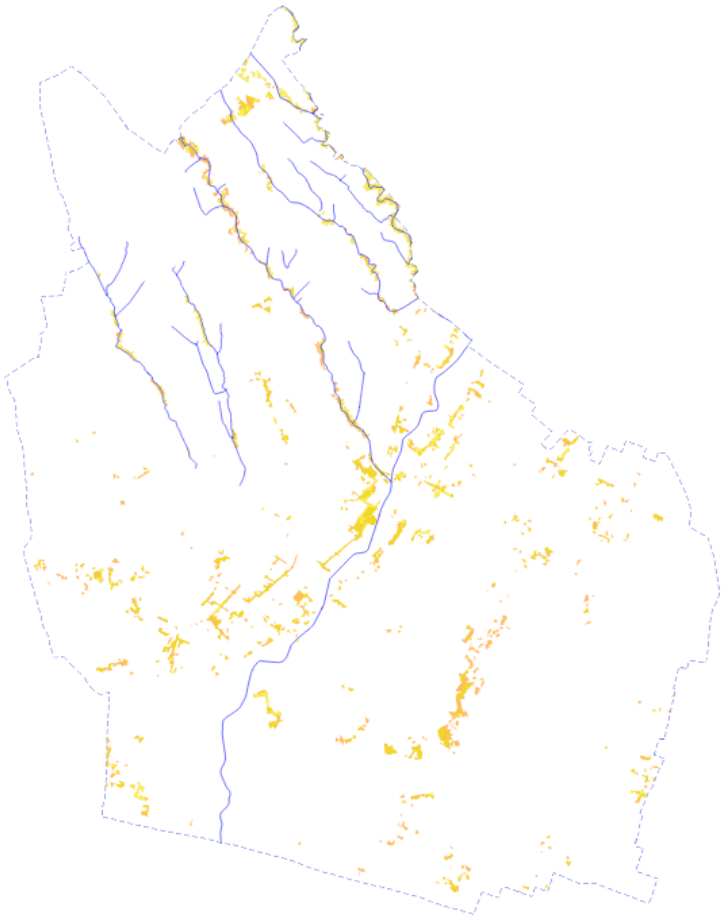

Pericolo idraulico Tr 100
H2 - pericolo medio
H3 - pericolo elevato
H4 - pericolo molto elevato



7.3 STUDIO DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Nella tav 4 sono stati riportati parte delle informazioni contenute nel documento "Studio di Gestione del Rischio Idraulico" redatto da BrianzAcque srl nel 2021.

Nello specifico sono stati rappresentati gli ambiti interessati da esondazioni per insufficienza della rete fognaria con tempo di ritorno di 10-50-100 anni.



Area insufficienza rete fognaria

- Aree con criticità rete fognaria (Tr 10 anni)
- Aree con criticità rete fognaria (Tr 50 anni)
- Aree con criticità rete fognaria (Tr 100 anni)

8 AGGIORNAMENTO CARTA DI SINTESI (Tav. 6)

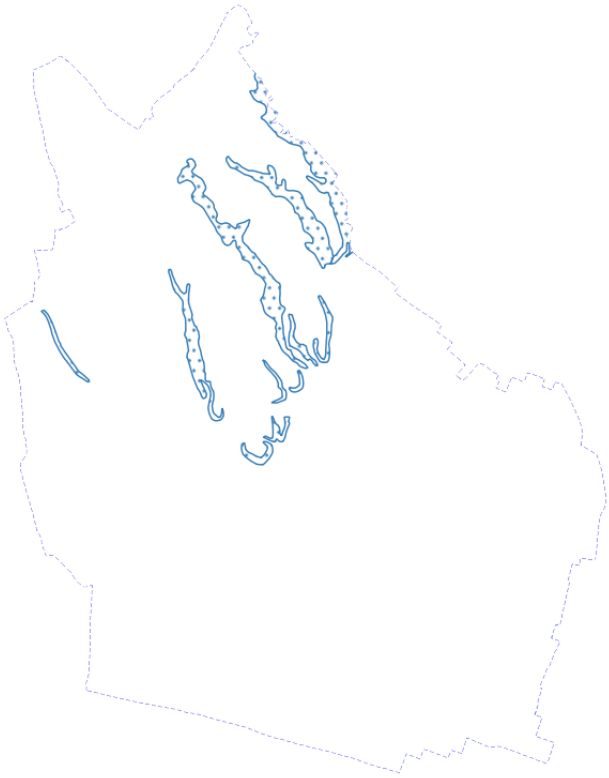
La Carta di Sintesi è stata redatta su tutto il territorio comunale, ad una scala tale da poter rappresentare le aree omogenee attraverso una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geomorfologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica-idrogeologica omogenee.

L'aggiornamento di questo elaborato ha comportato numerose modifiche dei limiti tra i poligoni già definiti nello studio geologico precedente sia per quanto riguarda l'aggiornamento dei contenuti esistenti, sia per l'inserimento e la caratterizzazione di nuovi ambiti precedentemente non considerati.

In generale, gli ambiti di pericolosità e vulnerabilità sono individuati in base agli scenari descritti al capitolo 2.2 dell'allegato B della D.G.R. n° IX/2616 del 30 novembre 2011.

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

In questa categoria rientrano gli ambiti del territorio interessati da dissesti in atto o potenziali riconosciuti da rilievi in situ, dall'analisi cartografica o da analisi di dettaglio facente parte della documentazione pregressi. In questa categoria rientrano anche le aree instabili cartografate e classificate nei dissesti PAI. Nel comune di Meda gli unici ambiti instabili corrispondo alle aree acclivi del territorio dedotte dall'elaborazione tramite programma GIS della carta della stabilità con metodo semplificato del pendio indefinito (vedi Tav 2), realizzata sulla base del DTM, in applicazione dell'allegato 2 della DGR 2616/2011.

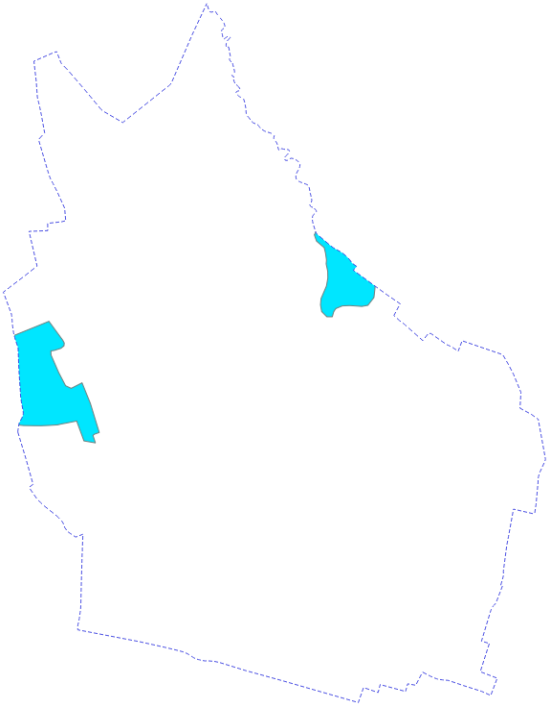


Aree acclivi potenzialmente instabili

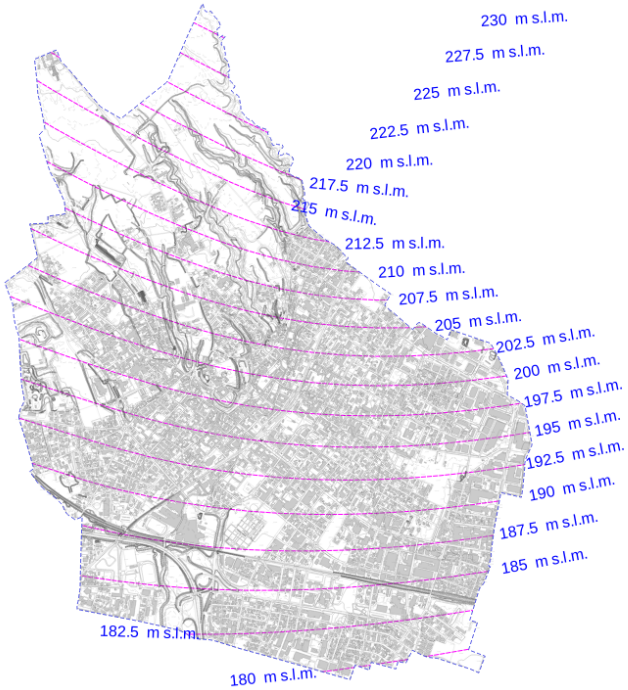
Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

In questa categoria ricadono gli ambiti del territorio interessati da vulnerabilità idrogeologica derivanti dall'analisi della vulnerabilità descritta nel capitolo 2.1.2.

La valutazione si bassa sulla natura litologica dei terreni e sulla soggiacenza della falda. Al fine di individuare le aree a bassa soggiacenza, è stato confrontato il DTM comunale con il raster delle isopieze ricostruite sulla base delle mappe fornite dal geoportale di Regione Lombardia.



Area a vulnerabilita' dell'acquifero

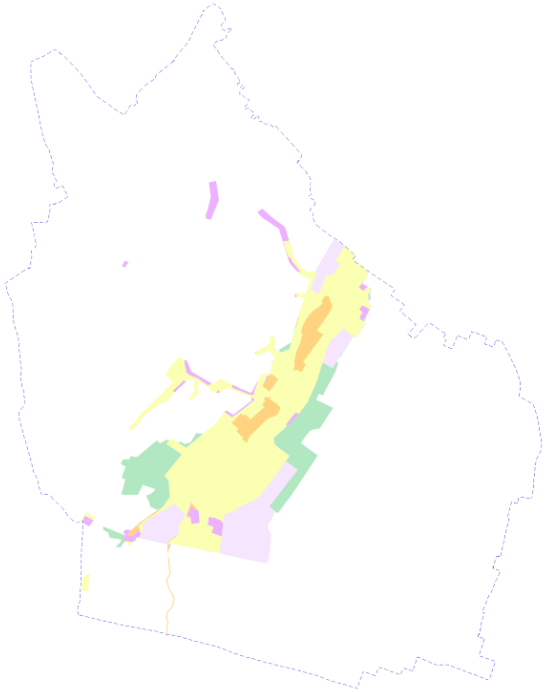


Isopieze (Maggio 2014)

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

In questa categoria sono stati inseriti gli ambiti del territorio interessati da dinamiche fluviali e/o torrentizie. Sono state mappate le aree direttamente occupate da alvei e le aree adiacenti ai corsi d'acqua: tali ambiti corrispondono alle fasce di rispetto del reticolo minore e rappresentano porzioni del territorio interessate da pericolo per la dinamica idraulica/torrentizia.

In questa categoria rientrano anche le aree interessate da esondazione torrentizie cartografate e già classificate nelle carte del PGRA. In tale ambito si riportano anche le conclusioni derivanti dallo studio idraulico per la valutazione della pericolosità degli ambiti PGRA.



Aree interessate da alluvioni a pericolosita H1-H2-H3 (non inserite nel PGRA)
Aree interessate da alluvioni a pericolosita H1-H2-H3-PGRA-M-H/R4 (inserite nel PGRA)
Aree interessate da alluvioni a pericolosita H4
Aree interessate da alluvioni a pericolosita PGRA-L
Aree interessate da alluvioni a pericolosita PGRA-M no R4
Aree interessate da alluvioni a pericolosita PGRA-H

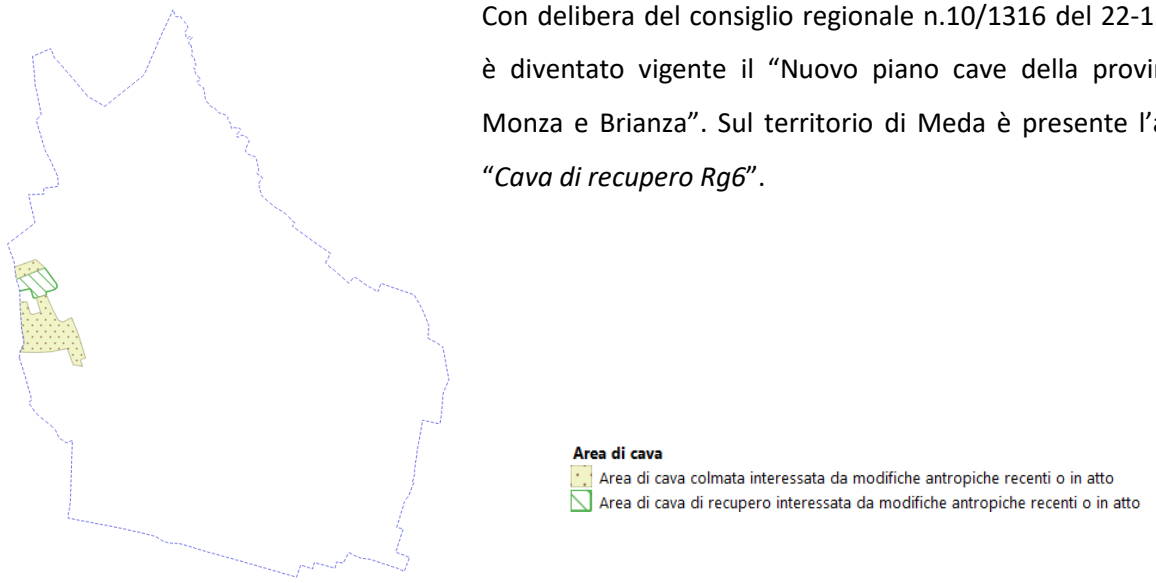
Alveo e fascia di rispetto

AMBITI PGRA

ALVEI TORRENTI

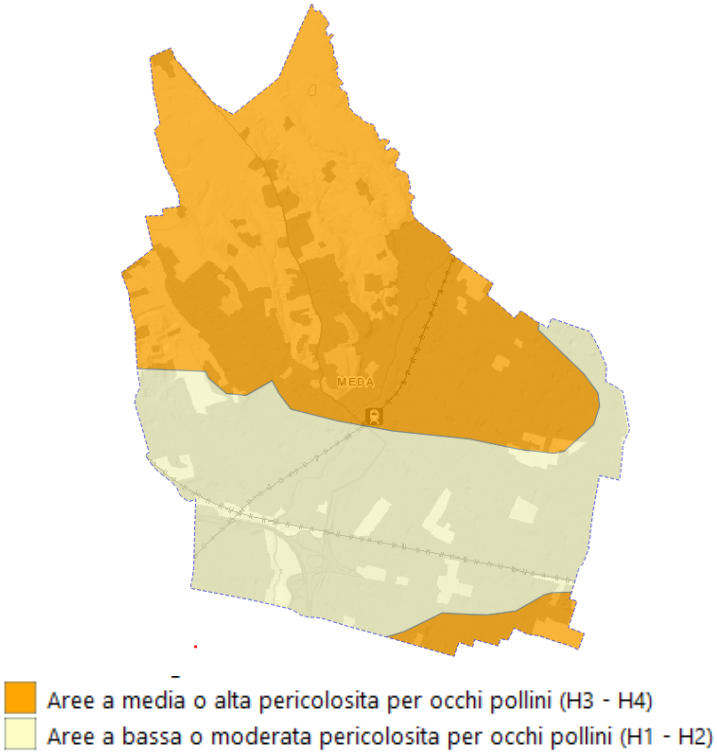
Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

In questa categoria sono stati inseriti gli ambiti del territorio interessati da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche o ambiti con particolari eterogeneità geotecniche così come risultanti dalle carte di analisi consultate.



Con delibera del consiglio regionale n.10/1316 del 22-11-2016 è diventato vigente il "Nuovo piano cave della provincia di Monza e Brianza". Sul territorio di Meda è presente l'ambito "*Cava di recupero Rg6*".

Il territorio di Meda è interessato dalla potenziale presenza di occhi pollini. La loro possibile distribuzione sul territorio è stata valutata consultando la carta della pericolosità per occhi pollini del PTCP di Monza Brianza aggiornata al giugno 2023.



9 AGGIORNAMENTO CARTE PERICOLOSITA' SISMICA (Tavv. 7-8)

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*, pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. Tale Ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005, data coincidente con l'entrata in vigore del D.M. 14 settembre 2005 *"Norme tecniche per le costruzioni"*, pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005, Supplemento ordinario n. 159 che prevede di tener conto dell'azione degli eventi sismici nell'ambito della progettazione di nuove strutture, essendo stata eliminata la classe dei comuni "non sismici". Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

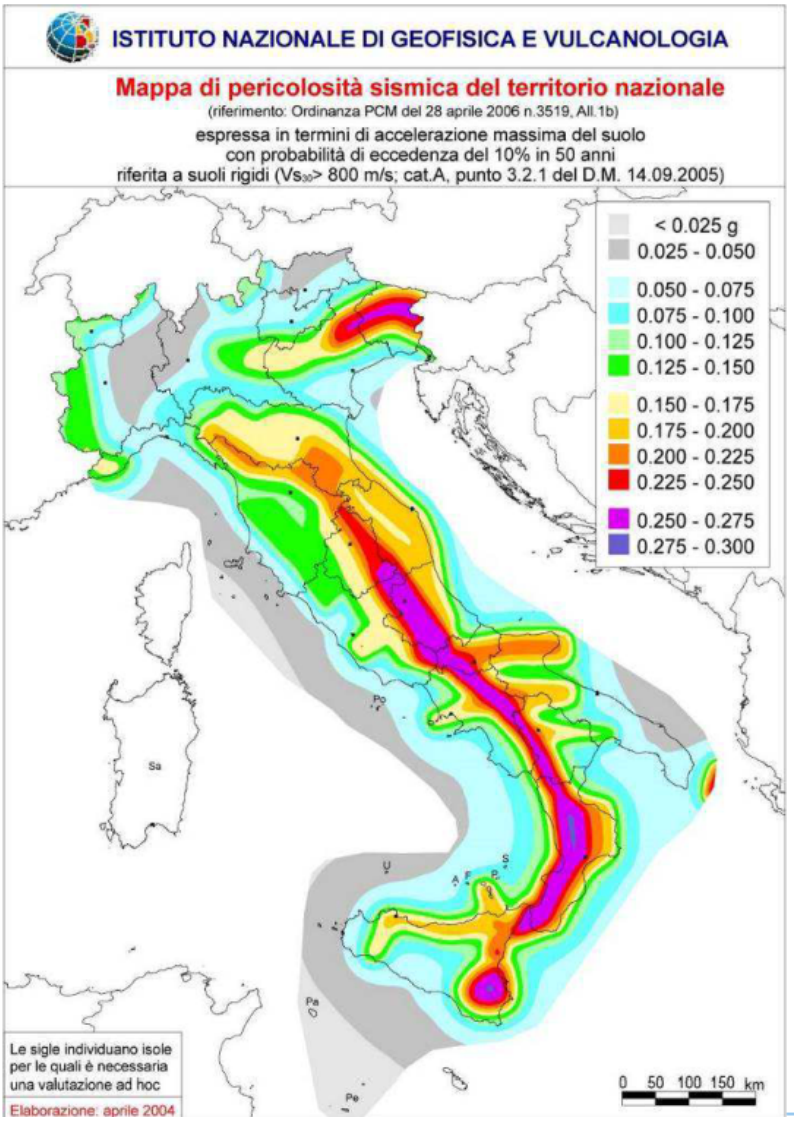
Per l'applicazione della normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003) l'intero territorio nazionale è suddiviso in zone sismiche, con grado di pericolosità crescente da 4 a 1 (vedi allegato A della normativa: classificazione sismica dei comuni italiani); ciascuna zona è contrassegnata da un valore del parametro di accelerazione di picco orizzontale al suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/06 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'11/05/06 Serie Generale Anno 147° - n. 108 (Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone) adotta come riferimento ufficiale una nuova mappa di pericolosità sismica e definisce i criteri generali per la classificazione delle zone sismiche.

Costituiscono parte integrante dell'ordinanza:

- Allegato 1A - Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone
- Allegato 1B - Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale.

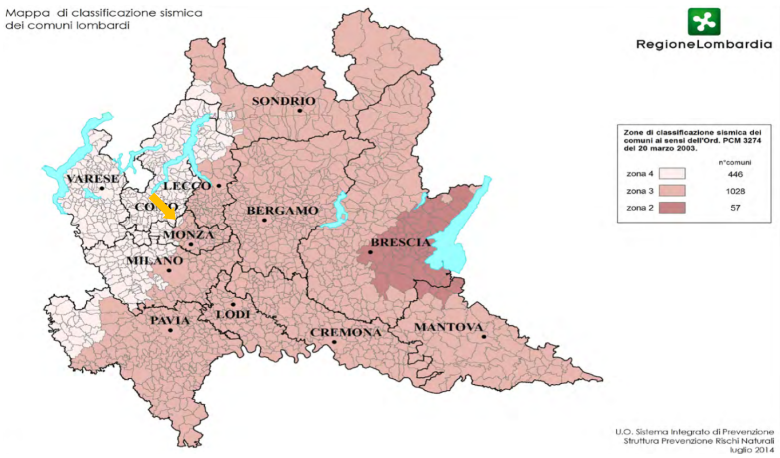
Di seguito si rappresenta la mappa riportata nell'Allegato 1B, rappresentante graficamente la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (ag), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi caratterizzati da VS30 > 800 m/s.



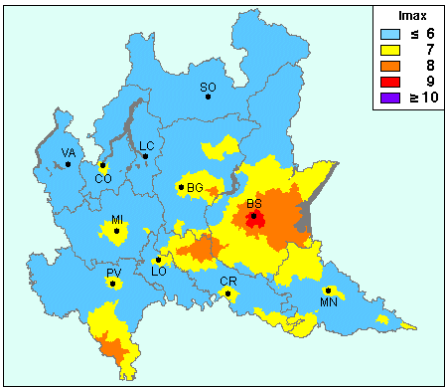
La Regione Lombardia, con la D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 ha recepito la classificazione sismica dei singoli comuni proposta dalla O.P.C.M. citata.

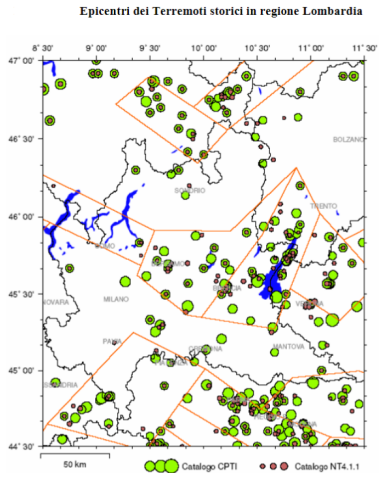
Con DGR n. 2129 del'11 luglio 2014 Regione Lombardia ha provveduto a riclassificare il proprio territorio dal punto di vista sismico. La nuova zonazione sismica (D.g.r. 11 luglio 2014 n° 2129) e la L.R. 33/2015 sono entrambe efficaci dal 10 aprile 2016. In data 30 marzo 2016 con la D.G.R. n. X/5001, Giunta Regionale ha approvato le linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica, ai sensi degli artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della L.R. 33/2015.

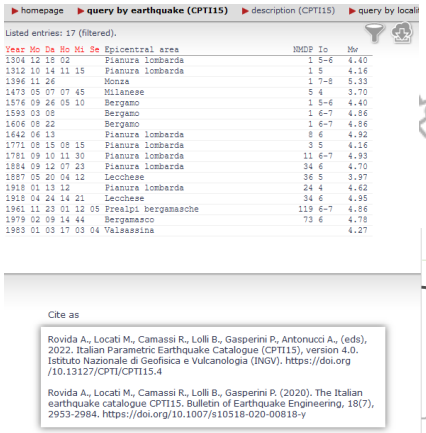
La riclassificazione sismica dei comuni operata da Regione Lombardia (D.g.r. 11 luglio 2014 n° 2129) ha classificato il comune di Meda in **Zona Sismica 4**.



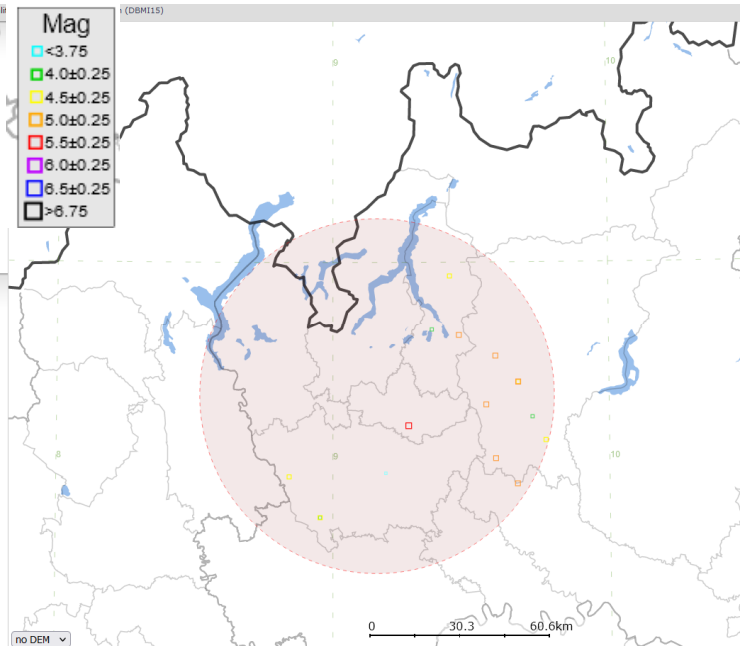
Di seguito si riporta la mappa con le intensità sismiche ed epicentri dei terremoti registrati in Regione Lombardia.







Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
1304	12	18	02			Pianura lombarda	1	5-6	4.40
1312	10	14	11	15		Pianura lombarda	1	5	4.16
1396	11	26				Monza	1	7-8	5.33
1473	05	07	07	45		Milanese	5	4	3.70
1576	09	26	05	10		Bergamo	1	5-6	4.40
1593	03	08				Bergamo	1	6-7	4.86
1606	08	22				Bergamo	1	6-7	4.86
1642	06	13				Pianura lombarda	8	6	4.92
1771	08	15	08	15		Pianura lombarda	3	5	4.16
1781	09	10	11	30		Pianura lombarda	11	6-7	4.93
1884	09	12	07	23		Pianura lombarda	34	6	4.70
1887	05	20	04	12		Lecchese	36	5	3.97
1918	01	13	12			Pianura lombarda	24	4	4.62
1918	04	24	14	21		Lecchese	34	6	4.95
1961	11	23	01	12	05	Prealpi bergamasche	119	6-7	4.86
1979	02	09	14	44		Bergamasco	73	6	4.78
1983	01	03	17	03	04	Valsassina			4.27



9.1 RISPOSTA SISMICA LOCALE – GENERALITÀ

In occasione di eventi sismici, le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare la pericolosità sismica di base, producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

Per definire l'azione sismica di progetto si valuta l'effetto della risposta sismica locale, intesa come insieme delle modifiche che il moto sismico sito subisce, in termini di ampiezza, contenuto in frequenza, durata, dovute alle condizioni locali stratigrafiche e topografiche. L'approccio semplificato si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, come schematizzato nelle tabelle 3.2 II del D.M. 17-01-2018 T.U. edilizia e sull'individuazione della categoria topografica schematizzata nelle tabelle 3.2 III del D.M. 17-01-2018 (T.U. edilizia).

Categoria SUOLO	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
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.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle NTC 17-01-2018. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale (analisi di III livello) per la definizione delle azioni sismiche.

Categoria TOPOGRAFICA	Descrizione
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilevati isolati con inclinazione media i <= 15°
T2	Pendii con inclinazione media i >15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°<= i <=30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i >30°

Tali effetti sono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione dello scenario presente in una determinata area.

In funzione delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono quindi due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

Effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che il moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base, può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il substrato, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- *gli 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 si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi sostituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;
- *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 faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

Effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito:

- Nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di *riattivazione o neoformazione di movimenti franosi* (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innesco del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.
- Nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.
- Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili *cedimenti* a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei *fenomeni di liquefazione*.
- Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale è riportata nell'allegato 5 *"Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T."* del D.G.R.22/12/2005 n°8/1566 *"Criteri attuativi della L.R. 12/05, - Componente geologica idrogeologica e sismica del PGT",* e successivo aggiornamento D.G.R. del 30 novembre n° IX/2616.
Sono previsti tre livelli successivi di approfondimento da applicarsi in funzione della zona sismica di appartenenza del comune. Nel caso di un comune in Zona Sismica 4, come Meda, sono previsti come <u>obbligatori</u> il **1° livello** della procedura, che prevede il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica locale con la redazione della carta della pericolosità sismica locale (P.S.L.). Il **2° livello** è obbligatoriamente da applicarsi per edifici strategici o rilevanti. *Per scelta del comune si è proceduto con analisi di 2° livello su tutto il territorio al fine di fornire uno strumento approfondito aggiuntivo che può essere utile strumento ai professionisti in fase di progettazione.*

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
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)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

9.1.1 Analisi di 1° Livello: Carta PSL (Tav. 7)

Il 1° livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area (quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Nell'ambito del territorio comunale di Meda le informazioni stratigrafiche sono tratte dalla stratigrafia di pozzi e sondaggi geognostici tratti dal geoportale di Regione Lombardia, da dati relativi ad indagini geognostiche note (in particolare prove penetrometriche) eseguite nell'ambito della realizzazione di nuove edificazioni e dalla carta geologica del progetto CARG.

Nella nuova *Carta della Pericolosità Sismica Locale* aggiornata (Tav. 7) viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, in grado di determinare gli effetti sismici locali, specificate nella Tabella 1 proposta dalla normativa vigente:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL)	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 con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle 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

Tabella 1 – Scenari di pericolosità sismica locale

Nell'ambito del territorio comunale di Meda si sono individuati ambiti con possibili effetti di amplificazione sismica locale riconducibili a:

Effetti relativi ad instabilità

- **Z1c** Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana

Effetti relativi a cedimenti

- **Z2a Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati,** depositi altamente compressibili, ecc.)

Effetti relativi ad amplificazione litologica

- **Z4a** Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi
- **Z4c** Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)

La *Carta della Pericolosità Sismica Locale* di primo livello rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento.

9.1.2 Analisi di 2° Livello: Carta dei fattori di amplificazione (Tav. 8)

Il 2° livello a scala comunale in fase di pianificazione si applica agli scenari suscettibili di amplificazioni sismiche di origine morfologica e litologica (poligoni Z3 e Z4 della carta PSL di 1 livello) ricadenti in ambiti urbanizzati o urbanizzabili.

Dalla carta delle PSL di 1 livello del comune di Meda si evince che non si hanno poligoni Z3, pertanto non verrà condotta nessuna analisi di 2° livello per amplificazioni topografiche

Sebbene non obbligatorio per i comuni in classe sismica 4 come Meda, le aree classificate in Z4 ricadenti in ambiti urbanizzati e urbanizzabili sono state comunque oggetto di analisi di 2° livello a supporto della progettazione di futuri edifici strategici o rilevanti e per supportare con maggior dettaglio i progettisti nell'ambito della progettazione sismica.

Nelle Tavv. 8 si riporta la sintesi dell'analisi di 2° livello a scala comunale.

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di *Fattore di Amplificazione* (Fa); gli studi sono condotti

con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa. Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0.1-0.5 s: questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno, che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0.5-1.5 s.

Di seguito si riporta la metodologia per l'approfondimento di 2° livello nei casi in cui debbano essere applicate sia per l'analisi a scala comunale, sia nell'ambito delle singole pratiche edilizie.

Analisi di 2° livello - Amplificazione litologica

L'analisi di secondo livello prevede una caratterizzazione semi quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree Z4 perimetrate nella "Carta di Pericolosità Sismica Locale" e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni valutando il valore del Fattore di Amplificazione (Fa) come prescritto nell'allegato 5 della D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 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 D.G.R.22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R.28 maggio 2008, n. 8/7374" .

Lo scopo delle analisi di 2° livello è di individuare le aree in cui le sollecitazioni sismiche previste dalla normativa nazionale su suolo rigido risultano insufficienti a salvaguardare le strutture sia esistenti sia future dagli effetti di amplificazione sismica locale; per queste aree si dovrà procedere alle indagini di 3° livello o, in alternativa quando possibile, utilizzare i parametri di progetto previsti dal T.U. edilizia 2018 per la categoria di suolo superiore (da suolo B a suolo C o D / da suolo C a suolo D / da suolo E a suolo D).

Nelle aree di PSL interessate da amplificazione litologica Z4 individuate sul territorio comunale di Meda all'interno dell'abitato e/o in corrispondenza di strutture di pubblico interesse, si è proceduto alla

caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione attesi, secondo l'approfondimento di 2° livello. I valori di Fa ottenuti da apposite indagini sismiche eseguite *in situ* sono confrontati con i Valori di soglia del Fattore di amplificazione (Fs) attribuiti dalla normativa regionale al comune di Meda per le categorie di suolo A-B-C-D-E indicate dal DM 17-01-2018 per due differenti intervalli di periodo T, tra 0.1-0.5 s e tra 0.5-1.5 s.

La procedura richiede i seguenti passaggi:

- ✓ Esecuzione di indagini geofisiche *in situ* (MASW e misure H/V) per individuare il tipo di suolo di fondazione a cui appartengono i depositi dell'area d'interesse in base ai valori di Vs, utilizzando la classificazione del D.M. 17-01-2018 T.U. Edilizia (suolo tipo: A, B, C, D, E);
- ✓ individuare la scheda di valutazione di riferimento tra quelle proposte dalla normativa regionale compatibile con la stratigrafia sismica locale individuata dalle indagini;
- ✓ in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale, all'interno della scheda di valutazione scegliere la curva più appropriata per la determinazione del valore di Fa nell'intervallo 0.1-0.5 s e nell'intervallo 0.5-1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T;
- ✓ calcolare i due fattori Fa per le due diverse classi di periodo (0,1-0,5 e 0,5-1,5 secondi);
- ✓ confrontare i valori di Fa calcolati con i valori soglia Fs forniti dalla Regione Lombardia per il comune in oggetto, con riferimento alla categoria di suolo precedentemente individuata;
- ✓ valutare l'adeguatezza dello spettro sismico proposto dalla normativa per la progettazione.

Le indagini sismiche appositamente condotte per il presente studio hanno indagato 8 siti ritenuti significativi, liberamente accessibili e arealmente ben distribuiti sul territorio urbanizzato del comune.

Per ogni sito si è realizzato uno stendimento per l'acquisizione e l'elaborazione di indagini di tipo MASW e una registrazione con tromografo per la misura del rapporto H/V nello spettro di frequenza dei microtremori. Si considerano inoltre i risultati di alcune indagini sismiche analoghe già realizzate sul territorio e forniteci dagli uffici comunali, reinterpretate con i criteri indicati dalle NTC 2018.

L'attribuzione alla categoria di suolo è stata condotta applicando la seguente relazione:

$$V_s = \frac{H}{\sum_{i-1}^{N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

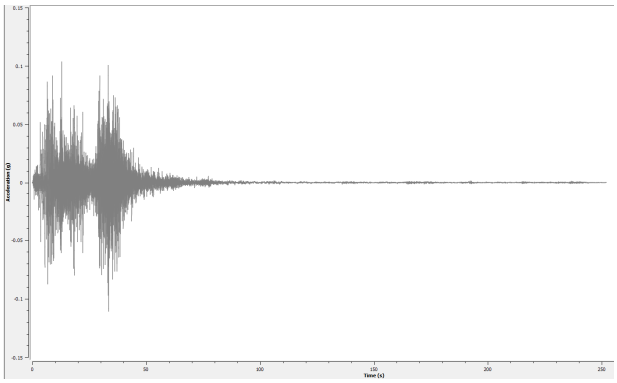
con: hi = spessore dell'i-esimo strato;
V_{Si} = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N = numero di strati;
H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS_{eq} è definita dal parametro VS_{30}, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Come specificato sopra, l'analisi di 2° livello regionale consente una procedura semplificata condotta sulla base di schede tipo per stimare il Fattore di amplificazione Fa del sito. Per un maggior dettaglio,

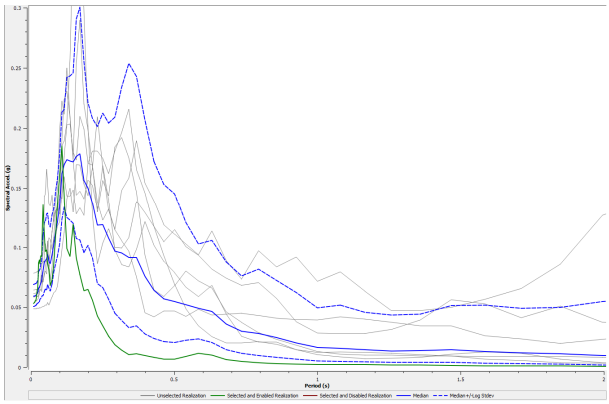
considerato che le schede non sempre soddisfano le condizioni dei luoghi, lo Scrivente ha scelto di procedere con il calcolo del fattore di amplificazione locale Fa mediante analisi degli accelerogrammi locali forniti da Regione Lombardia con la stratigrafia sismica misurata (**RSL**).

Il procedimento per l'analisi monodimensionale di riposta sismica locale (RSL) ha seguito i seguenti step:

- Elaborazione degli eventi sismici naturali raccolti nei database di riferimento. Nell'ambito della Convenzione 2022-2024 tra la Regione Lombardia e Fondazione Eucentre, Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica, è stato definito l'input sismico in termini di accelerogrammi naturali registrati su roccia affiorante (categoria di sottosuolo 'A' secondo le NTC 2018). Tali accelerogrammi sono direttamente utilizzabili come input per analisi dinamiche di opere e sistemi geotecnici e per l'analisi dinamica di strutture situate su terreni di categoria 'A'. Nel caso in cui l'area in esame non sia posta su sito rigido ed affiorante con superficie topografica orizzontale (categoria 'A'), è opportuno utilizzare gli accelerogrammi forniti come input nelle analisi di risposta sismica locale (cap. 3.2.3.6. e cap. 7.11.3 delle NTC18, cap. 3.2.3.1 della Circolare 2019).



- Filtraggio degli accelerogrammi estratti attraverso il profilo Vs ottenuto dalla registrazione in sito;
- Elaborazione di un output (spettro elastico di risposta sismica locale RSL) che rappresenti l'effettiva risposta elastica del suolo. Calcolo del fattore di amplificazione locale.



Per ogni sito interessato da indagine sismica è stato condotto un calcolo di **risposta sismica locale**.

Lo spettro elastico ottenuto per il sito con l'analisi di Risposta Sismica Locale (RSL) è stato condotto a piano campagna e in corrispondenza del *bedrock*.

Il Fattore di Amplificazione è per definizione il rapporto fra l'integrale dello spettro elastico a piano fondazione (*output*) e quello al *bedrock* (*input*), nell'intervallo di periodo T 0,1-0,5 s (breve periodo) e T 0,5-1,5 s (lungo periodo).

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di *Fa* ottenuto dalla RSL con un parametro soglia *Fs* di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (**soglie_lomb. xls**) e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di *Fa* e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia Fa, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di *Fa* ottenuto.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di *Fa* è inferiore al valore di soglia Fs corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di *Fa* è superiore al valore di soglia Fs corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

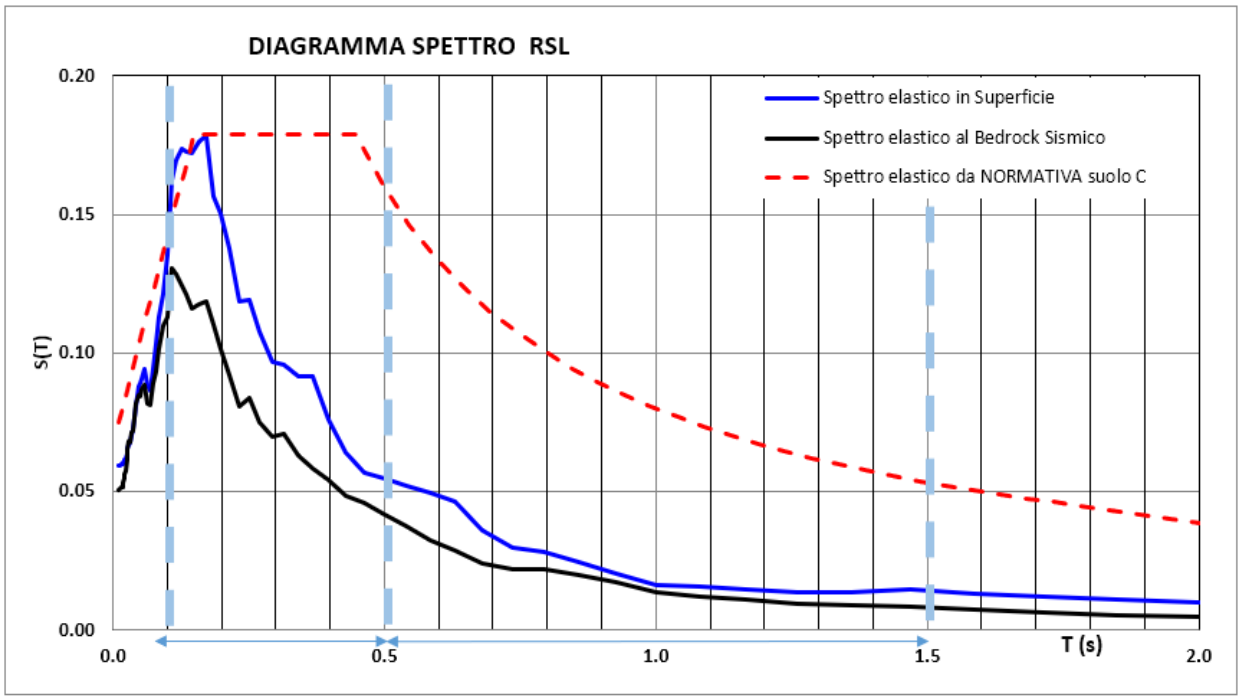
- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

In allegato si riportano i risultati delle analisi di 2° livello eseguite sui siti oggetto di indagine, interpretati secondo i criteri aggiornati del D.M. 17-01-2018 T.U. Edilizia (per l'attribuzione della categoria di suolo) e la D.G.R.n.2616 del 2011 (per il confronto con le soglie di amplificazione).

Per il comune di MEDA la normativa individua le seguenti soglie del valore di Fs:

PERIODO T DELLA STRUTTURA COMPRESO TRA 0.1-0.5 s strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide						
		Valore di soglia per Fs				
COMUNE **MEDA**	Classificazione zona sismica 4	Suolo A	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
		1	1.4	1.8	2.2	2.0
PERIODO T DELLA STRUTTURA COMPRESO TRA 0.5-1.5 s strutture più alte e flessibili						
		Valore di soglia per Fs				
COMUNE **MEDA**	Classificazione zona sismica 4	Suolo A	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
		1	1.7	2.4	4.2	3.1

Nell'allegato si riportano gli spettri calcolati a piano campagna e lo spettro riferito al *bedrock* con il fattore di amplificazione e il confronto con lo spettro del suolo di riferimento. Di seguito si riporta un esempio di tale elaborazione:



Fa calcolato (0.1-0.5)	**1.4**
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.8
Spettro da nomativa adeguato	

Fa calcolato (0.5-1.5)	**1.4**
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	2.4
Spettro da nomativa adeguato	

Dal confronto tra il valore del Fattore di amplificazione (Fc) ottenuto dalle analisi di 2° livello ed il valore di soglia (Fa) previsto dalla normativa sono stati ottenuti i seguenti risultati:

INDAGINE SISMICA	Vs (m/s)	Categoria suolo	PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s			PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s		
			Fa calcolato	Fs Soglia	Fa > / < Fs	Fa calcolato	Fs Soglia	Fa > / < Fs
Indagini eseguite da inGeo per PGT								
sito 1	427	B	1.5	1.4	Fa > Fs	1.7	1.7	**Fa <= Fs**
sito 2	443	B	1.4	1.4	Fa > Fs	1.0	1.7	**Fa < Fs**
sito 3	349	C	1.8	1.8	**Fa <= Fs**	1.7	2.4	**Fa < Fs**
sito 4	377	B	1.9	1.4	Fa > Fs	1.5	1.7	**Fa < Fs**
sito 5	468	B	1.5	1.4	Fa > Fs	1.4	1.7	**Fa < Fs**
sito 6	352	C	1.0	1.8	**Fa < Fs**	1.4	2.4	**Fa < Fs**
sito 7	350	C	1.4	1.8	**Fa < Fs**	1.4	2.4	**Fa < Fs**
sito 8	425	B	1.8	1.4	Fa > Fs	1.5	1.7	**Fa < Fs**
sito 9	368	B	1.9	1.4	Fa > Fs	1.6	1.7	**Fa < Fs**

Sulla base di quanto emerso dall'analisi di 2° livello, è stata redatta una carta delle amplificazioni locali, sulla quale indicare aree sismicamente omogenee distinte sulla base di fattori di amplificazione Fa maggiori o minori rispetto ai valori Fs di soglia comunale.

In base ai risultati si evince che, per periodi compresi tra 0.1 e 0.5 s, il Fattore di amplificazione calcolato frequentemente supera il valore di soglia comunale, mentre per periodi compresi tra 0.5 e 1.5 s, il Fattore di amplificazione calcolato non supera mai il valore di soglia comunale. Per tale rappresentazione si rimanda alle Tavv 8

Per il comune di Meda, stata redatta una carta (Tavv. 8) con l'ubicazione delle indagini sismiche condotte, le isolinee delle velocità Vs interpolate ed i risultati delle analisi di 2° livello (tipo di suolo, valori di soglia calcolato Fs e i valori di frequenza fondamentale del sito). Si riporta inoltre un modello di interpolazione dei valori di Fattore di Amplificazione calcolato (Fa) nel periodo compreso tra 0.1-0.5 s.

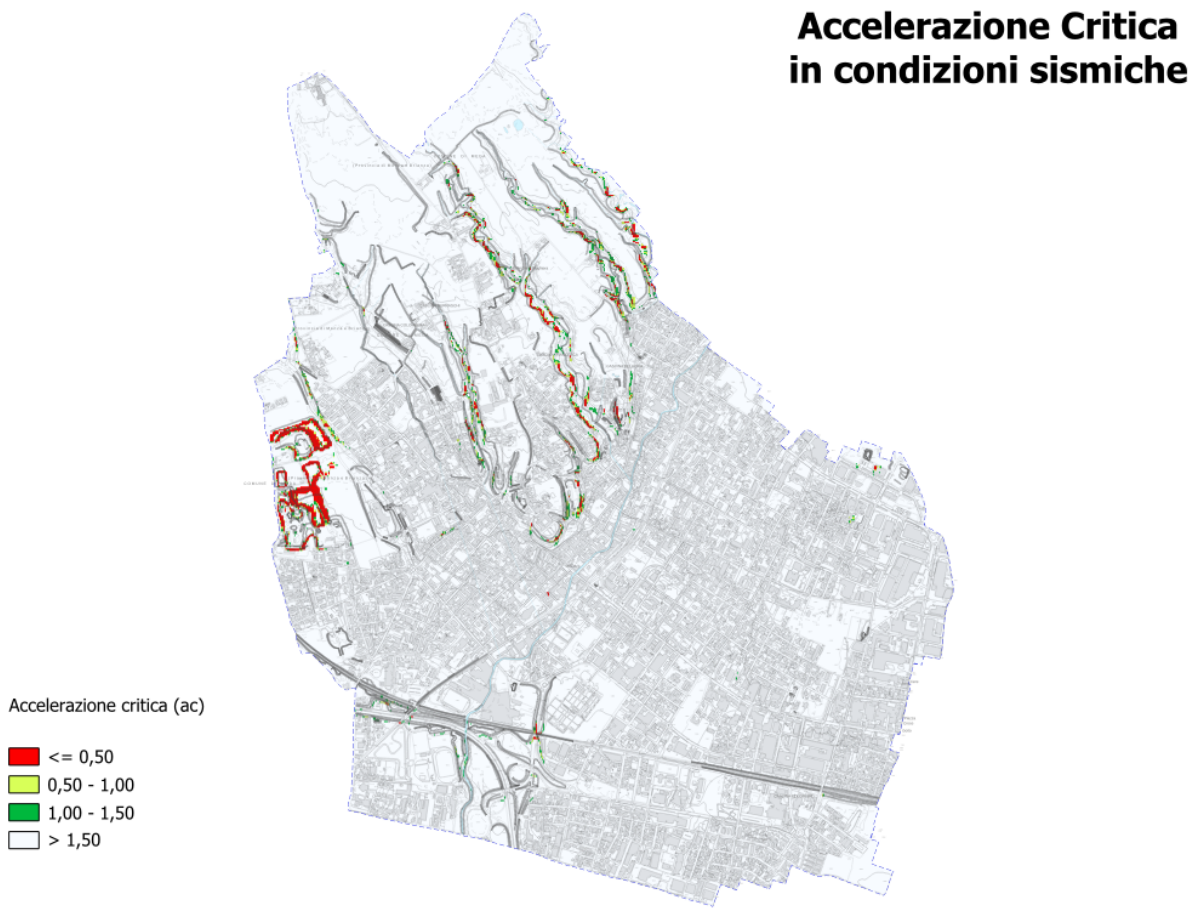
Considerate le variazioni locali sia stratigrafiche sia di condizioni geotecniche dei terreni, i risultati ottenuti sono da ritenersi orientativi in quanto si basano su pochi punti di registrazione, successivamente interpolati su tutto il territorio comunale. Si ritiene comunque che i risultati ottenuti siano adeguati a un livello di pianificazione territoriale.

I risultati rappresentati nelle tavole non sostituiscono le indagini sismiche puntuali (MASW, HVSR, ecc.) da realizzarsi per ogni nuovo intervento edilizio, ma sono da ritenersi il punto di partenza e la base di confronto per gli approfondimenti richiesti dalla normativa.

9.1.3 Analisi di 3° Livello per effetti di instabilità in terreno (Tav. 2)

Sebbene l'approfondimento di 3° livello sia previsto in fase progettuale e non in fase di pianificazione, a titolo preliminare è stata condotta un'analisi della stabilità dei luoghi sia in condizioni statiche, sia in condizioni dinamiche (sismica) col metodo del profilo indefinito.

L'analisi ha, inoltre, calcolato valori di accelerazione critica su tutto il territorio.



Negli gli ambiti acclivi, per edifici strategici o rilevanti si raccomandato approfondimenti di 3° livello di dettaglio da realizzarsi nelle fasi di progetto. I risultati rappresentati nella Tav. 2 sono a supporto degli approfondimenti specifici necessari nella fase di progetto degli interventi sui versanti più acclivi.

NB: nella tavola, redatta utilizzando la topografia del DBT, risultano esistenti alcuni gradoni nelle aree di cava che attualmente sono state riempite/recuperate e quindi non costituiscono più elementi di pericolo relativamente alla stabilità delle relative scarpate.

10 AGGIORNAMENTO CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA (Tav. 9)

A conclusione dell'aggiornamento dello Studio Geologico di supporto alla pianificazione territoriale del Comune di Meda è stata condotta la revisione della perimetrazione delle classi di fattibilità geologica a seguito dell'adeguamento dei poligoni della Carta di Sintesi alla nuova base cartografica, al recepimento delle aree con pericolo idraulico individuate nel PGRA2022 e alla riconsiderazione delle aree di influenza di alcuni dissesti.

Le classi di fattibilità sono individuate in base alle classi di ingresso descritte al punto 3.2, Tab. 1, Tab. 1 bis e Tab. 2 dell'allegato B della D.G.R. n° IX/2616 del 30 novembre 2011.

Tabella 1 – classi di ingresso

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti	
Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4
Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4
Aree di frana attiva (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4
Aree di frana quiescente (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4
Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)	4
Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprensive di aree di distacco ed accumulo)	4
Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4
Aree interessate da trasporto in massa e flusso di detrito su conoide	4*
Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza	4
Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza	3
Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche getecniche dei terreni	3
Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno	4*
Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo (aree di influenza)	3
Aree interessate da valanghe già avvenute	4
Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali	4
Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti	3
Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area	3
Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	
Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero	3
Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili, sorgenti, aree con emergenza della falda)	4
Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese	3
Aree interessate da carsismo profondo (caratterizzate da inghiottitoi e doline)	4
Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	
Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	4
Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua, tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	3
Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezze delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.	4

Aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali nelle quali non siano state realizzate opere di difesa e quando non è stato possibile definire un tempo di ritorno	**4**
Aree soggette ad esondazioni lacuali	**3**
Aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni efficaci ed efficienti, dei quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l'allegato 3 (con portate solido-liquide aventi tempo di ritorno almeno centennale)	**3**
Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	**4**
aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	**3**
Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche	
aree di possibile ristagno, torbose e paludose	**3**
aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante (riportare gli spessori)	**3**
aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali (indicare le ampiezze)	**3**
aree con riporti di materiale, aree colmate	**3**

*classe di fattibilità non modificabile

Tabella 2: Correlazione tra classi di Pericolosità, classi di Fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI.

PERICOLOSITA'/RISCHIO	**CLASSI DI FATTIBILITA'**	**VOCI LEGENDA PAI**
H1 su conoide	Classe 1/2 – senza o con modeste limitazioni	Cn – conoide protetta…
H2 su conoide	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Cn – conoide protetta …
H3 su conoide	Classe 3 – consistenti limitazioni	Cp – conoide parz. protetta[1] Cn – conoide protetta…
H4 – H5 su conoide	Classe 4 – gravi limitazioni	Ca – conoide attiva non protetta
H1 per crolli, crolli in massa e scivolamenti	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Fs – frana stabilizzata
H2 per crolli e crolli in massa H2-H3 per scivolamenti	Classe 4/3 – gravi o consistenti limitazioni	Fq – frana quiescente[2]
H3-H5 per crolli e crolli in massa H4-H5 per scivolamenti	Classe 4 – gravi limitazioni	Fa – frana attiva
H1-H2 per esondazione	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Em – pericolosità media o moderata di esondazione
H3 per esondazione	Classe 3 – consistenti limitazioni (con norma più restrittiva art. 9 comma 6)	Eb – pericolosità elevata di esondazione
H4 per esondazione	Classe 4 – gravi limitazioni	Ee – pericolosità molto elevata
Zona rossa	Classe 4 – gravi limitazioni	Ve, Vm – pericolosità molto elevata o media per valanga
Zona blu	Classe 3 – consistenti limitazioni	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all'Allegato 3
Zona gialla, Zona bianca	Classe 2 – modeste limitazioni	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all'Allegato 3

Sebbene sia lasciata la facoltà al professionista di aumentare o diminuire il valore della classe di fattibilità in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito, lo Scrivente ritiene di attenersi alle attribuzioni indicate dalle tabelle sopra riportate.

Le porzioni di territorio esterne ai poligoni individuati mediante le procedure precedentemente descritte corrispondono a quelle aree per le quali non sono state individuate limitazioni alla modifica dell'uso dei terreni dal punto di vista geologico (classe 1). Tali aree saranno comunque soggette all'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale.

Di seguito si riporta la legenda della carta di sintesi e la conseguente legenda della carta di fattibilità:

CARTA DI SINTESI

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti
- Aree acclivi potenzialmente instabili

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico
- Area a vulnerabilita' dell'acquifero

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)
- Aree interessate da alluvioni a pericolosita H1-H2-H3 (non inserite nel PGRA)
- Aree interessate da alluvioni a pericolosita H1-H2-H3-PGRA-M-H/R4 (inserite nel PGRA)
- Aree interessate da alluvioni a pericolosita H4
- Aree interessate da alluvioni a pericolosita PGRA-L
- Aree interessate da alluvioni a pericolosita PGRA-M no R4

Reticolo minore e fasce di rispetto
- Alveo e fascia di rispetto

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

Area di cava
- Area di cava colmata interessata da modifiche antropiche recenti
- Area di cava di recupero interessata da modifiche antropiche recenti o in atto

Caratteristiche geotecniche
- Aree a media o alta pericolosita per occhi pollini (H3 - H4)
- Aree a bassa o moderata pericolosita per occhi pollini (H1 - H2)

CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

Classe 2
- Fattibilità con modeste limitazioni

Sottoclasse 2
- 2a - Aree a bassa o moderata pericolosita per occhi pollini (H1 - H2)

Classe 3
- Fattibilità con consistenti limitazioni

Sottoclasse 3
- 3a - Aree interessate da alluvioni in ambiti PGRA-M non in R4 (esterni ambiti edificati)
- 3b - Aree interessate da alluvioni a pericolosità H1-H2-H3 da studio idraulico o PGRA/L o H1-H2-H3 in PGRA/R4 (interni ambiti edificati)
- 3c - Aree a vulnerabilita' dell'acquifero
- 3d - Aree a media o alta pericolosita per occhi pollini (H3 - H4)
- 3e - Aree di cava colmata interessate da modifiche antropiche recenti

Classe 4
- Fattibilità con gravi limitazioni

Sottoclasse 4
- 4a - Alveo e fascia di rispetto o Aree interessate da alluvioni a pericolosita H4 o PGRA H esterno ambiti edificati
- 4b - Aree acclivi potenzialmente instabili
- 4c - Aree di cava di recupero interessate da modifiche antropiche recenti o in atto

Come richiesto della D.G.R.IX/2616 del 30 novembre 2011, le fasce di rispetto dei corsi d'acqua identificati nello studio del R.I.M. sono indicate nella Carta dei Vincoli; tale ambito non va obbligatoriamente riportato nella carta della fattibilità geologica. Per il comune di Meda, nella Carta di Sintesi e, conseguentemente, nella Carta della Fattibilità Geologica, si è ritenuto comunque di mantenere l'indicazione del tracciato della fascia di rispetto del RIM.

11 AGGIORNAMENTO NORME TECNICHE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

L'aggiornamento delle Norme Tecniche e la normativa sui vincoli sono contenuti nel fascicolo: "NORME DI FATTIBILITA' GEOLOGICA E VINCOLI" allegato fuori testo che, insieme alla Carta della Fattibilità Geologica (Tav. 9), la Carta dei Vincoli (Tav. 4) e Carta della sismicità (Tav. 7 e 8) a cui fa riferimento, è parte integrante del Piano delle Regole.

Le norme tecniche sono state aggiornate tenendo conto delle nuove normative vigenti (es. PGRA2024, *Sinkhole* ecc.), dello studio idraulico sul torrente Certesa, dello studio di gestione del rischio idraulico e delle nuove classi di fattibilità che sono state introdotte con l'aggiornamento della Carta di Fattibilità Geologica.

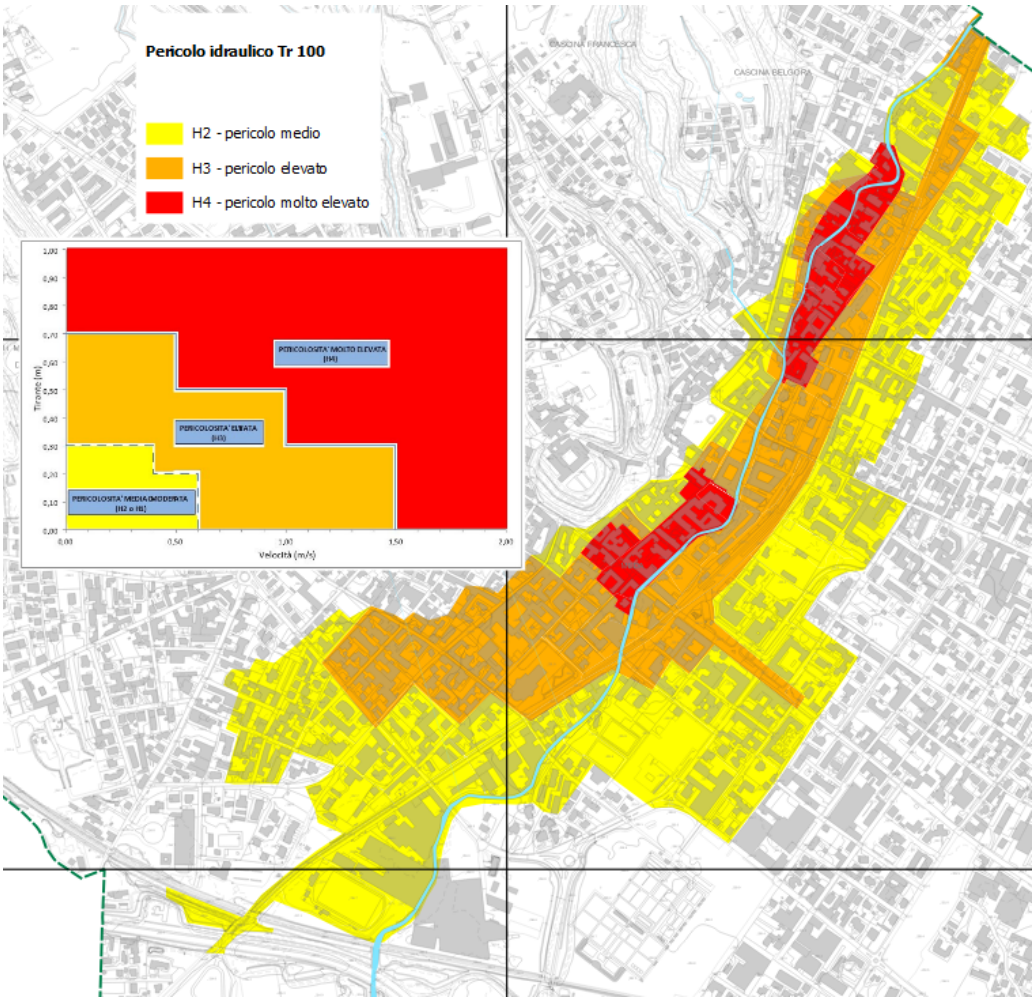
12 DISPOSIZIONI INTEGRATIVE RISPETTO A QUELLE CONTENUTE NELLA D.G.R.VIII/4732/2007 RELATIVE ALL'ATTUAZIONE DELLA VARIANTE NORMATIVA AL PAI NEL SETTORE DELLA PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA ALLA SCALA COMUNALE

Come richiesto dalla D.G.R.X/6738 del 19-06-2017 il Piano di Emergenza Comunale dovrà essere aggiornato alle nuove perimetrazioni individuate dalla direttiva PAI e PGRA su tutto il territorio comunale. Particolare attenzione andrà posta alle aree R4 evidenziate dal PGRA che individuano zone già edificate soggette ad alta pericolosità idraulica, individuate nella Carta PAI-PGRA (Tav.5).

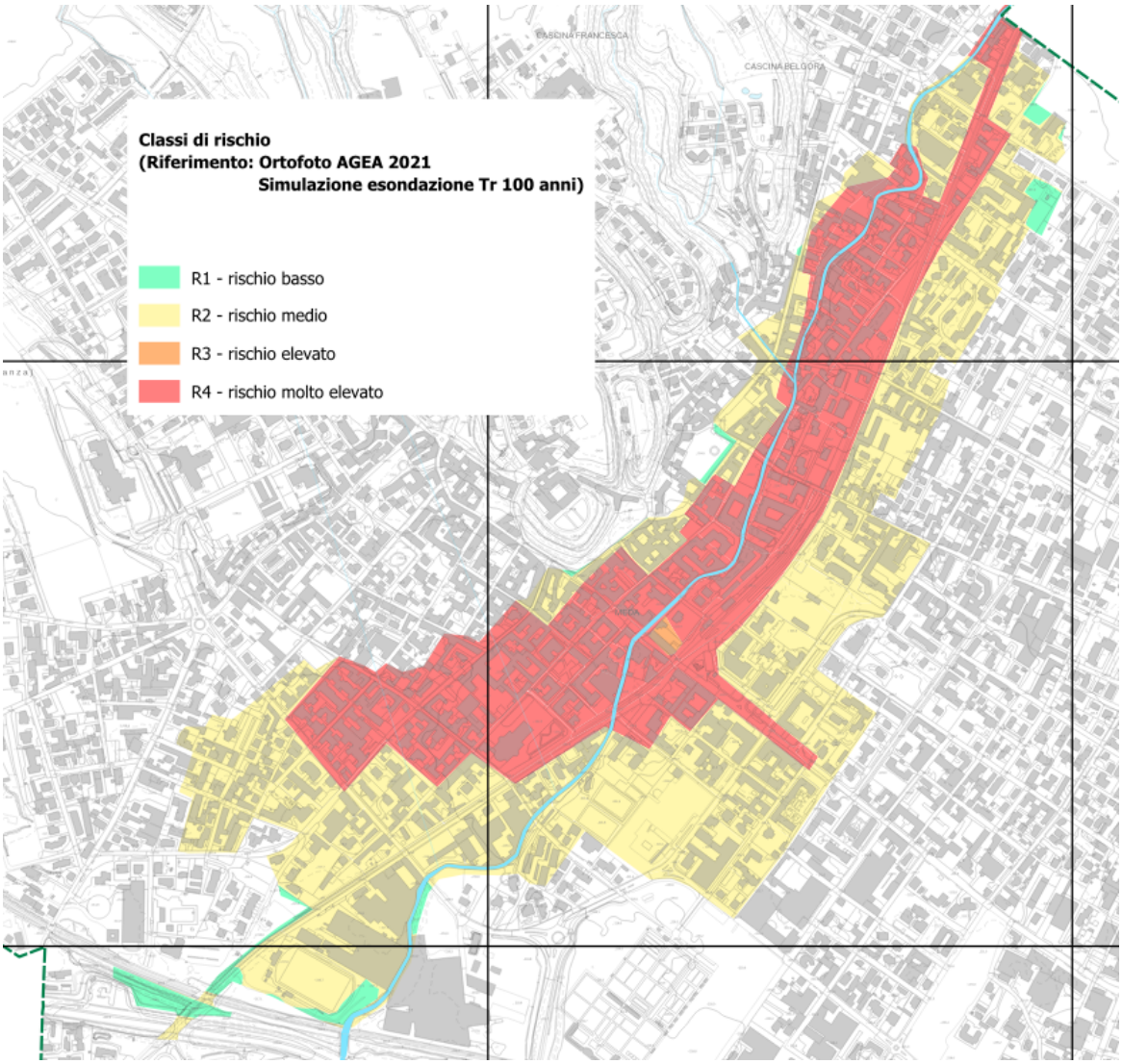
Per tale aspetto, si rimanda allo specifico studio idraulico condotto dallo scrivente studio lungo il torrente Certesa facente parte integrante del presente aggiornamento.

Di seguito si riporta un estratto della carta del pericolo e della carta del rischio:

CARTA DEL PERICOLO



CARTA DEL RISCHIO

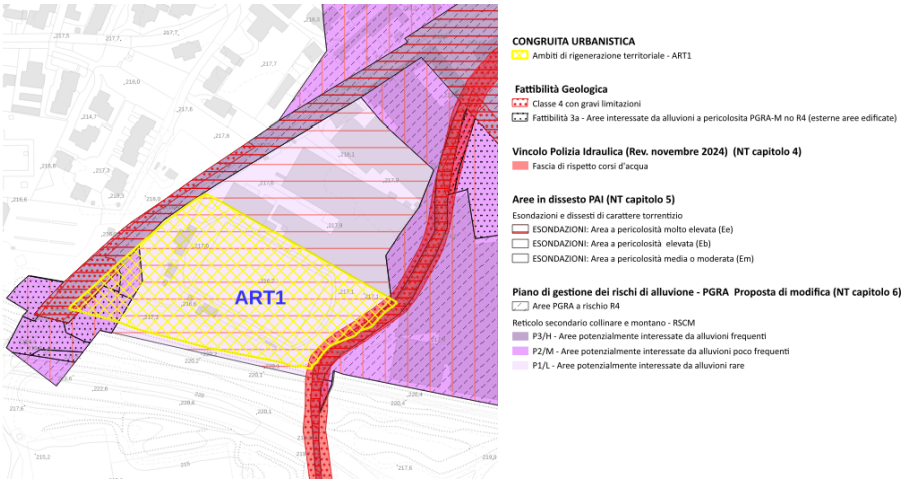
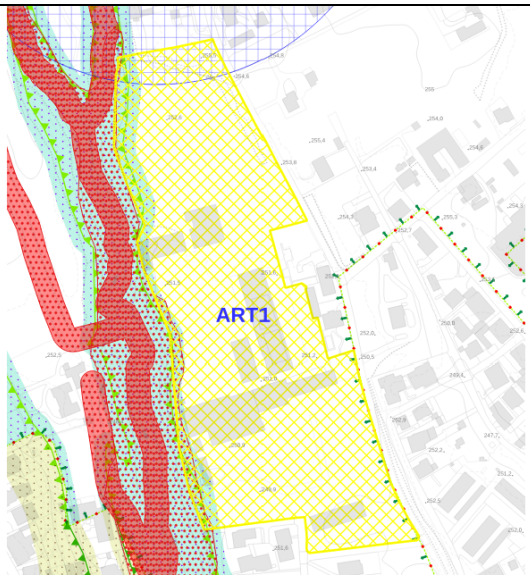


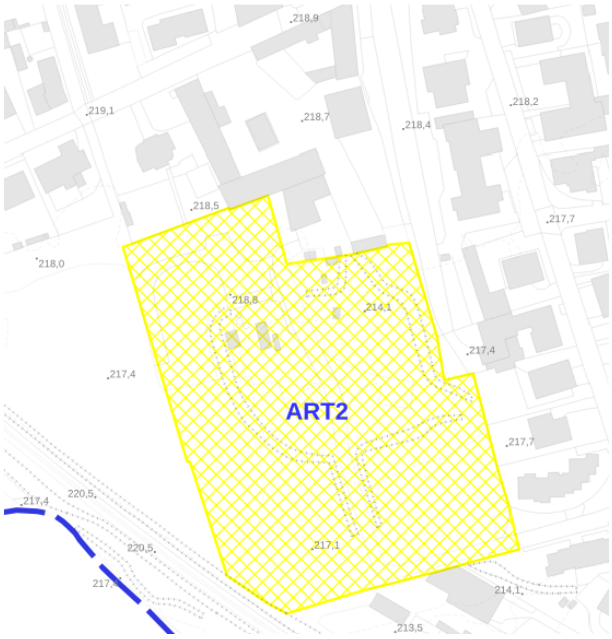
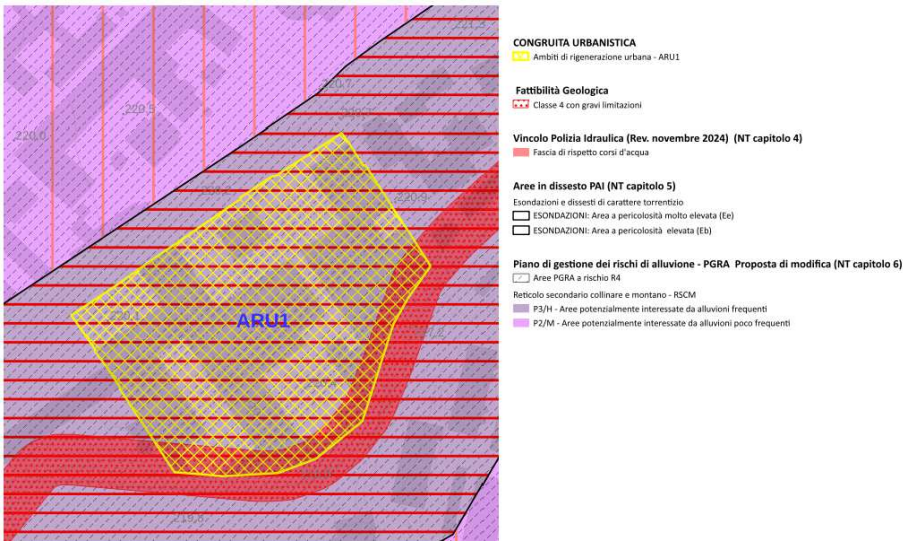
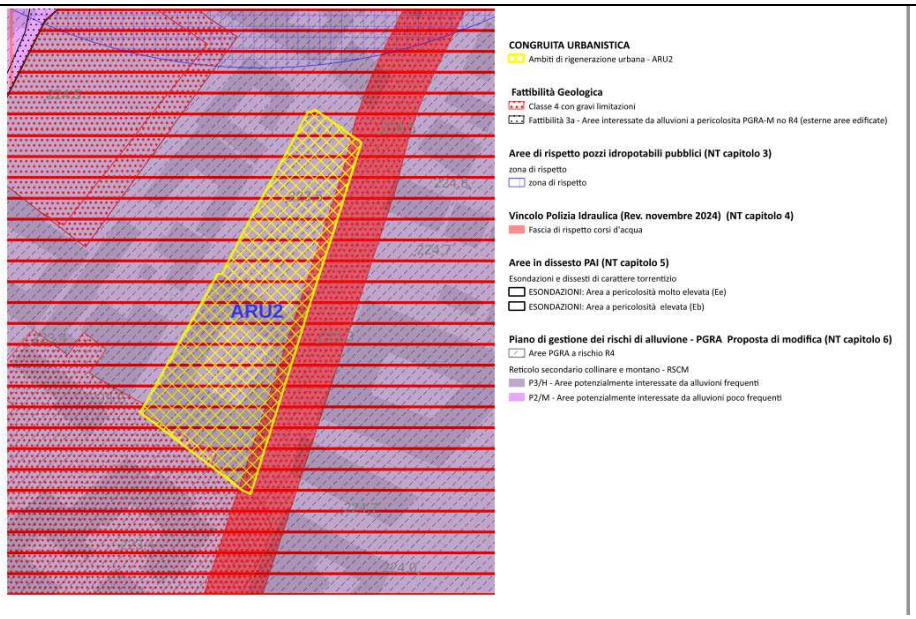
La valutazione del rischio idraulico sopra individuata andrà recepita nel Piano di Protezione Civile Comunale al fine di redigere specifici scenari di intervento.

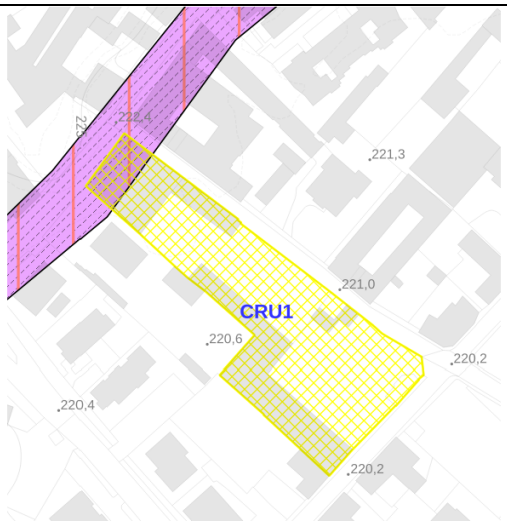
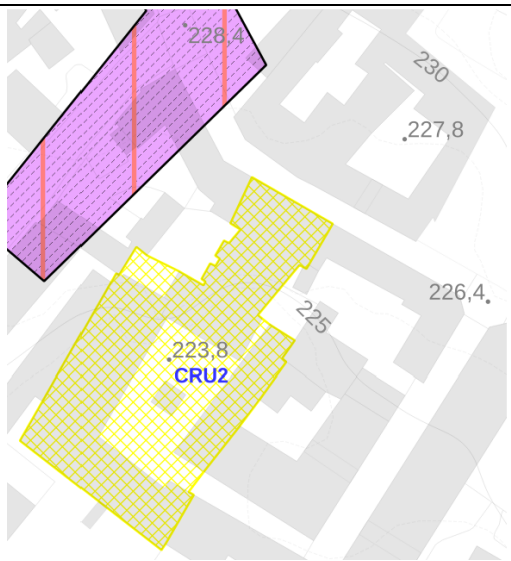
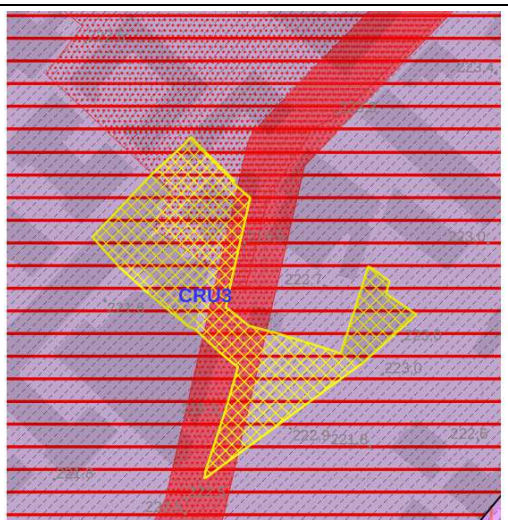
13 CONGRUITA' TRA COMPONENTE GEOLOGICA, PAI-PGRA E AMBITI DI RIGENERAZIONE E PIANI ATTUATIVI SOGGETTI A REVISIONE

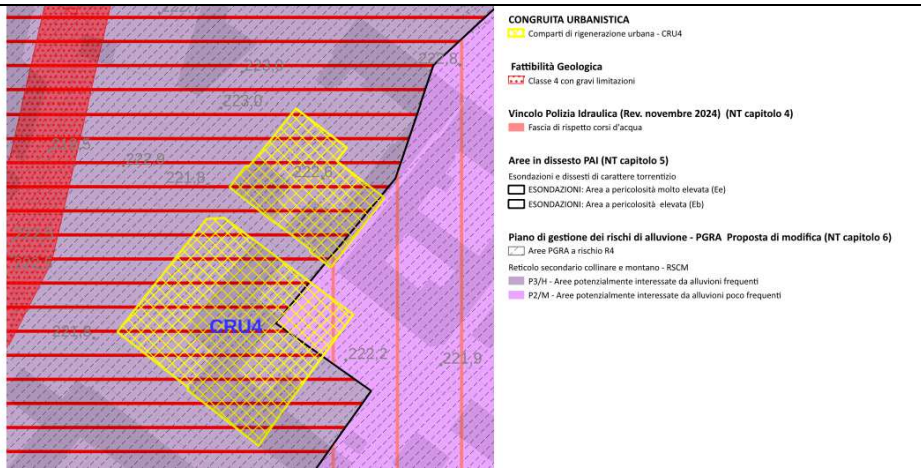
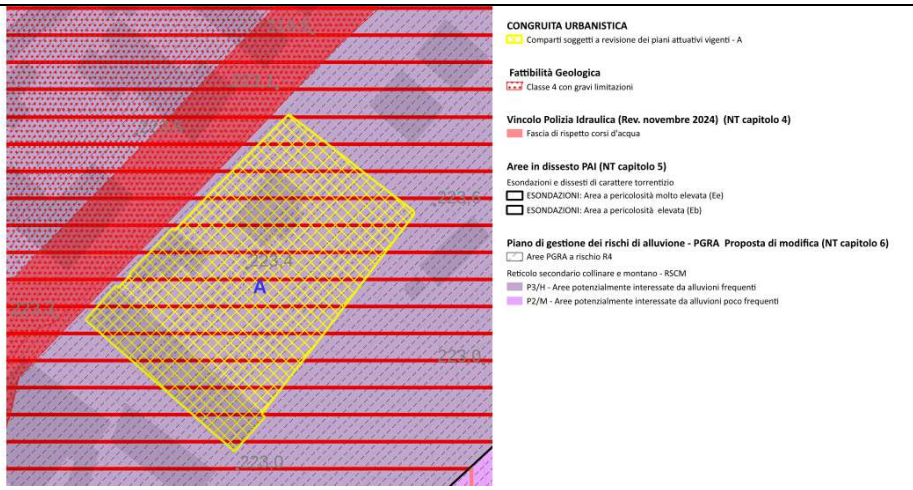
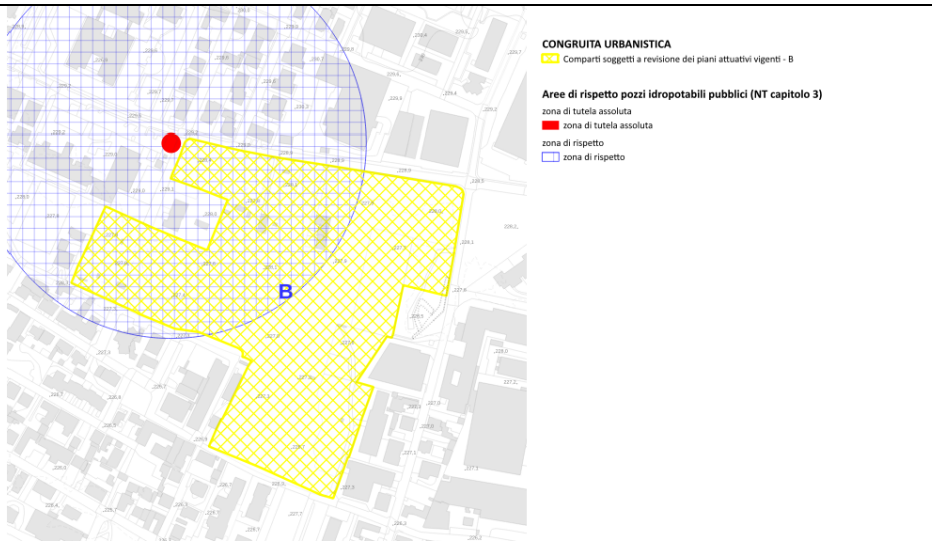
Di seguito si riporta la sovrapposizione tra gli Ambiti e Comparti di rigenerazione e i Comparti soggetti a revisione dei piani attuativi vigenti forniti dall'urbanista (arch. Engel) con gli elementi a vincolo di inedificabilità derivanti dalla Carta dei Vincoli e dalla nuova perimetrazione della classe 4 di fattibilità geologica.

Nella tabella sottostante, per ogni ambito di trasformazione si rappresentano gli eventuali vincoli di inedificabilità di competenza geologica presenti nell'area circostante.

	**Fattibilità geologica:** 2a-3a-3b-4a **Vincoli:** Fasce rispetto corsi d'acqua PAI – Ee Eb -Em PGRA RSCM P1/H P2/M in R4 P2/M no R4 P3/L **Note:** *Tenere conto di inedificabilità previste per:* *aree PGRA-M no R4* *e aree in fascia di rispetto RIM*
	***Fattibilità geologica:*** 3d-4a-4b ***Vincoli:*** Parco delle Groane Zona di rispetto Pozzi Area a vincolo orlo di terrazzo **Prescrizioni:** *Tenere conto di inedificabilità previste per:* *aree in fascia di rispetto RIM* *aree acclivi instabili* *Vincolo orlo di terrazzo*

	**Fattibilità geologica:** 2a
	**Fattibilità geologica:** 2a-3b -4a **Vincoli:** Fasce rispetto corsi d'acqua PAI – Ee PGRA RSCM P1/H in R4 **Prescrizioni:** *Tenere conto di inedificabilità previste per:* *aree in fascia di rispetto RIM*
	**Fattibilità geologica:** 3b-3d -4a **Vincoli:** Fasce rispetto corsi d'acqua PAI – Ee PGRA RSCM P1/H in R4 **Prescrizioni:** *Tenere conto di inedificabilità previste per:* *aree in fascia di rispetto RIM*

	**Fattibilità geologica:** 3d **Vincoli:** Fasce rispetto corsi d'acqua PAI – Eb PGRA RSCM P2/M in R4 **Prescrizioni:** *Tenere conto di inedificabilità previste per:* *aree in fascia di rispetto RIM*
	**Fattibilità geologica:** 3d
	**Fattibilità geologica:** 2a-3b-3d-4a **Vincoli:** Fasce rispetto corsi d'acqua PAI – Ee PGRA RSCM P1/H in R4 **Prescrizioni:** *Tenere conto di inedificabilità previste per:* *aree in fascia di rispetto RIM*

	**Fattibilità geologica:** 2a-3b **Vincoli:** PAI –Ee Eb PGRA RSCM P1/H P2/M in R4
	**Fattibilità geologica:** 2a-3b-3d **Vincoli:** PAI –Ee PGRA RSCM P1/H in R4
	**Fattibilità geologica:** 2a-3d **Vincoli:** Zona di rispetto pozzo idropotabile

Parte delle aree considerate ricadono in ambiti con limitazioni che dovranno essere rispettate.

In alcuni casi, seppur in aree limitate, vi è sovrapposizione con ambiti dove è prevista l'inedificabilità (fasce di rispetto dei corsi d'acqua, orli di terrazzo, aree acclivi, PGRA M non in R4); in tali aree si dovrà rispettare tale prescrizione.

14 Riferimenti

D.g.r. 10/2129. (2014, luglio 11). *D.g.r. n° 10/2129 del 11-07-2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia"* .

D.g.r. 11/6702. (2022, luglio 18). *D.g.r. 18 luglio 2022 - n. XI/6702 Aggiornamento 2022 dell'allegato 1 ai criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio*.

D.g.r. n° 4685/2021. (2021, maggio 10). *Ulteriore aggiornamento dell'allegato 1 ai criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 200*.

D.g.r. n° 5001/2016. (2016, marzo 30). *D.g.r. n° X/5001 del 30-03-2016 Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica*.

D.g.r. n° 9/2616. (2011, novembre 30). *D.g.r. n° 9 del 30/11/2616: 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'*.

D.g.r. n°6314/2022. (2022, aprile 26). *D.g.r. n°XI/6314 del 26 aprile 2022: "Modifiche ai criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio"*.

D.g.r. n°7564/2022. (2022, dicembre 15). *D.g.r. n°XI/7564 del 15 dicmebre 2022: "Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica per il piano di governo del territorio relativa al tema degli sprofondamenti (Sinkhole) (art. 57 della L.R. 11 marzo 2005 n°12)"*.

D.g.r. n°6738/2017. (2017, giugno 19). *Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico*.

D.l. n°152 2006. (2006, aprile 3). *Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152: "Norme in materia ambientale"*.

D.p.r. 120/2017. (s.d.). *Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164*.

Google. (s.d.). Google Maps. *Foto aeree tratte da Google Maps*.

Ispra. (s.d.). *Geoportale (carte geologiche)*.

Mappa Catastale. (s.d.). *Mappa Catastale servizio WMS dell'Agenzia delle Entrate*.

NdA PAI 2001 e successivi. (2001, aprile 26). *Norme di Attuazione PAI del 26 aprile 2001 approvata con DPCM 24 maggio 2001*.

Norme Tecnche. (2018, gennaio 17). *D.M. Norme tecniche per le costruzioni*.

PGT. (s.d.). *Studio geologico comunale allegato al PGT*.

PTCP. (s.d.). *Piano territoriale di coordinamento provinciale*.

PTR. (s.d.). *Piano Territoriale Regionale: "Progetti di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo"*.

Regione Lombardia. (s.d.). Geoportale. *(Vincoli, PAI, PGRA, GEOIFFI, Ortofoto, Interferometrie, CARG)*.

Regolamento n° 7 del 23-11-2017 . (2017, novembre 23). *Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12*.

RIM. (s.d.). *Documento di Polizia Idraulica (Studio del reticolo idrico minore)*.

Lecco, GIUGNO 2025

Redatto da:
dott. geol. Domenico SCINETTI
dott. geol. Vittorio BUSCAGLIA

in collaborazione con:
dott. geol. Sergio LOCCHI

documento firmato digitalmente

INDAGINE

SISMICA

RAPPORTO TECNICO

1. INDAGINE MASW

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) si propone come obiettivo l'individuazione dei profili di variazione con la profondità delle velocità delle onde di volume (Vp e Vs). Il metodo è basato sui legami noti tra queste velocità e la dispersione delle onde di superficie (o di Rayleigh) che si osserva nella propagazione della perturbazione attraverso un mezzo elastico stratificato. L'analisi può essere basata su segnali prodotti con una energizzazione in loco da parte dell'esecutore della acquisizione (es. con una massa battente), oppure sulla registrazione di vibrazioni prodotte da sorgenti lontane ed eterogenee (oceano, vento, fiumi, microsismi, attività antropiche, ecc.).

Nel primo caso si parla di MASW attiva, con cui è possibile indagare alcune decine di metri di sottosuolo, e nel secondo di MASW passiva, che consente di arrivare a profondità maggiori, laddove ci siano particolari condizioni.

Si realizza disponendo una catena geofonica a bassa frequenza di risonanza in linea o in "array" bidimensionale (geometrie circolari e irregolari) e misurando il rumore generato dalla sorgente o quello ambientale ambientale (masw passiva). Dall'analisi F-K (frequenza-spazio) dei treni d'onda è possibile ricavare una curva di dispersione delle onde superficiali che conduce al calcolo del profilo di velocità delle onde di taglio e stimare lo spessore di una copertura rispetto al semispazio.

Allo scopo ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva del segnale sono stati eseguiti più energizzazioni in ogni stazione e, ove ritenuto utile, essi sono stati sommati (stacking).

1.1 Strumentazione

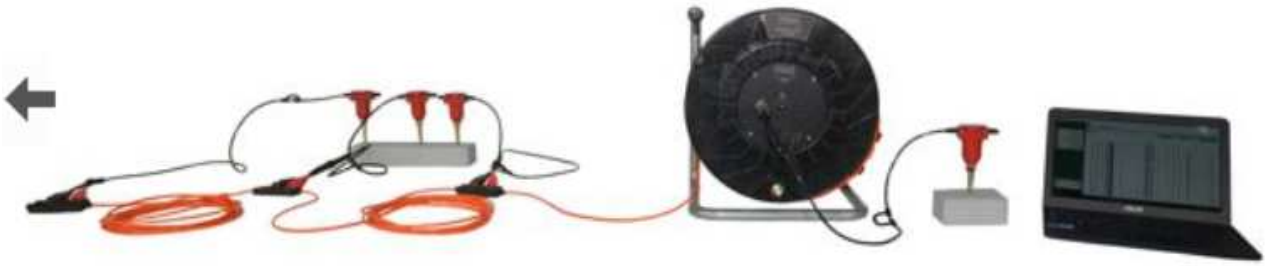
Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "S485" della MAE srl le cui caratteristiche tecniche vengono di seguito riportate:

- Numero canali massimo: 24
- Acquisizione: ADC Delta-Sigma @ 24 bit
- Range dinamico: 144 dB (teorico)
- Reiezione: modo comune 110 dB @ 60Hz.
- Preamplificatore: 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36 dB.
- Massimo segnale di ingresso: ±5 V.
- Filtri: anti-alias -3 dB @ 80% della frequenza di Nyquist.
- Impedenza di ingresso: 20 Mohm
- Frequenze di campionamento: 2,5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 60, 100, 500, 1000, **2000**, 3750, 7500, 15000, 30000 SPS
- Intervallo di campionamento: 400, 200, 100, 66,6, 50, 40, 33,3, 20, 16, 10, 2, 1, 0,5, 0,26, 0,13, 0,066, 0,033 ms
- Campioni memorizzabili: Fino a 40000 campioni (960 Kb) per canale
- Acquisizione passiva: su 12 canali Fc = 2000 Hz, su 24 canali Fc <2000 Hz
- Trigger: Esterno o su uno dei canali, positivo, negativo, con soglia di attivazione impostabile tramite software.

- Pre-trigger: Fino a 10000 campioni
- Cross-talk: nessuna, il convertitore è direttamente collegato al geofono, la trasmissione dei dati è digitale.
- Auto-calibrazione: convertitori
- Test di linea: Si, rilevamento geofoni, rilevamento corto circuito e circuito aperto.

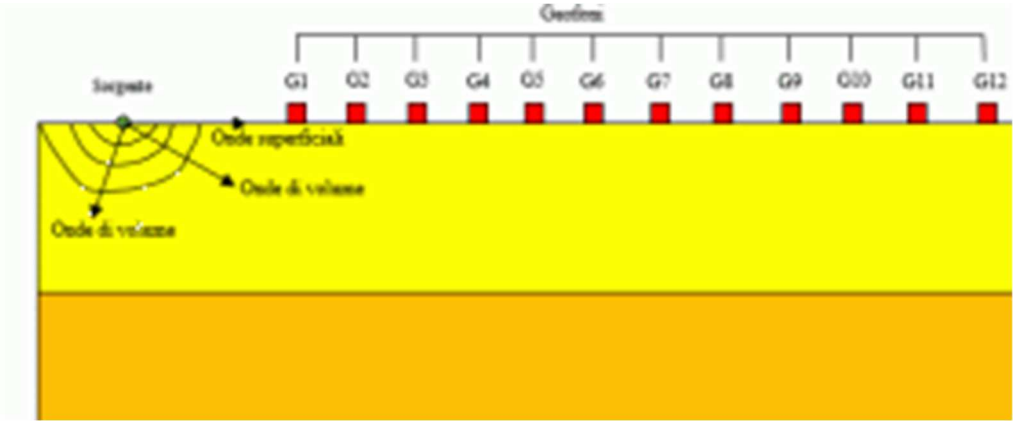
La gestione del sismografo avviene tramite software proprietario installato su laptop.

Per l'energizzazione si è utilizzata una mazza del peso di 8 kg strumentata con starter ed una piastra di battuta di alluminio.



1.2 Acquisizione

L'acquisizione MASW comporta la stesa di 24 geofoni 4.5 hz allineati con equidistanza regolare.



La registrazione del segnale avviene a seguito di battute con mazza da 8 kg. Lo starter piezoelettrico è incorporato nella mazza di battuta collegata al canale trigger esterno. Le battute vengono fatte ai due stremi della stesa e a distanze differenti. Almeno una battuta viene eseguita sommando più energizzazioni.

L'elaborazione verrà condotta sulla registrazione con il rapporto segnale/rumore migliore.

1.3 Elaborazione

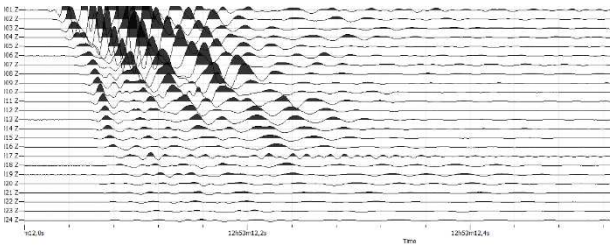
Nella prova MASW viene individuata, nel dominio v-f (velocità-frequenza), la curva di dispersione legata al modo fondamentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si effettua un'inversione lineare o non lineare mediante un algoritmo. Dall'inversione si ottiene il profilo dettagliato delle velocità delle onde trasversali (Vs) che più si accorda con i dati sperimentali.

L'elaborazione del file seg2 in uscita dal sismometro è effettuata con il software "Geopsy" per gestire la fase di analisi e filtraggio dei dati e con "Dinver" per generare il modello stratigrafico tramite un processo di inversione che deve essere possibilmente tarato sulla base delle conoscenze stratigrafiche note dell'intorno.

Il risultato ottenuto mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento elastico (in campo lineare) dei materiali investigati. Variazioni di velocità Vs non sempre corrispondano a passaggi litologici netti.

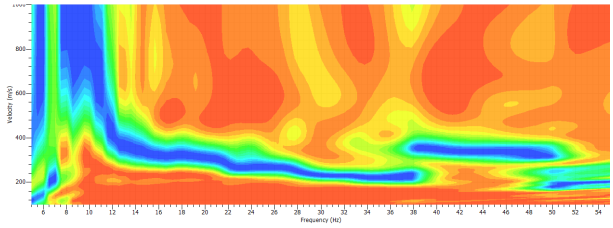
In sintesi, di seguito si sintetizzano gli step dell'indagine MASW:

1- acquisizione dei dati di campo;



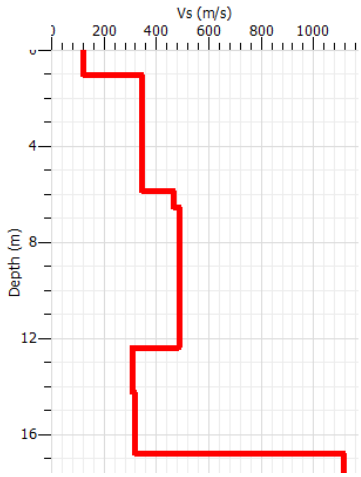
Esempio di sismogramma

2- estrazione della curva di dispersione;



Esempio di curva di dispersione Frequenza/velocità

3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità secondo il modello ritenuto più attendibile e che più approssima i dati sperimentali;



Esempio modello stratigrafico Vs

2. Indagine HVSR

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una indagine di questo tipo sono:

- ove esistente, la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- ove determinabile, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità media delle onde di taglio Vs calcolata tramite uno specifico software di calcolo, per cui è possibile determinare la Vs_{eq} e la relativa categoria del suolo di fondazione come richiesto dalle N.T.C. 2018.
- la sismostratigrafia del sottosuolo con un ampio intervallo di profondità di indagine, uno strato è inteso come unità distinguibile dalle adiacenti in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale e in parte alla teoria dei microtremori che rappresentano il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre ed è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è appositamente generato.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di origine sismica che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative alla struttura locale vicino al sensore. Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

2.1 Analisi microtremori e del rapporto HVSR – tecnica Nakamura

L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui diversi metodi sono stati proposti. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo nel sito di misura.

Recentemente si è dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del "bedrock" sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria (es. Baumbach et al., 2002) e picchi a frequenze minori di quella del "bedrock" sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al "bedrock" stesso (es. Guillier et al., 2005).

Riconosciuta questa capacità, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche o si conosce la profondità di un significativo cambio di impedenza sismica, le frequenze di risonanza possono essere in linea di principio convertite in stratigrafia.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + "bedrock" in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema seguente in cui 2 strati si distinguono rispettivamente per le diverse densità e le diverse velocità delle onde sismiche. Un'onda che viaggia nel primo mezzo viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (fr) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$(fr) = Vs1/4H \quad o \quad (fr) = Vp1/4H \qquad [1]$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. La curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- il contenuto in frequenza,
- la risposta strumentale,

- l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso del sottosuolo reale, è spesso più complessa, l'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici' calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini.

Operativamente si costruisce un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità (picchi) evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde Vs.
Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock o bedrock like) le profondità h delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula seguente:

$$H = \{[V_0 x(1-a)/4n+1]^{1/(1-a)}\} -1$$

in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e *n* la frequenza fondamentale di risonanza.
Nei casi più complessi si invertono le curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. Nel presente lavoro si utilizza la teoria di Nakamura che pone in relazione lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale H/V = 1) con quello effettivamente misurato in superficie.

2.2 Strumentazione ed elaborazione

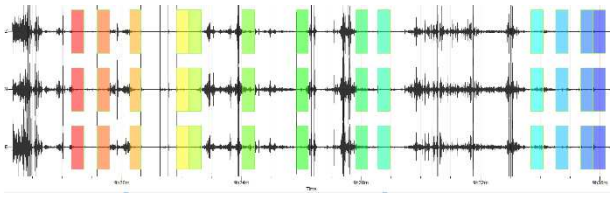
Per l'acquisizione dei microtremori è stato utilizzato un tromografo digitale. Lo strumento racchiude al suo interno tre sensori (gefoni – velocimetri digitali) ortogonali tra loro ad alta definizione. I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico ed elettronico.

Frequenza di campionamento = 500 Hz
Sensori = geofoni 4.5 Hz
Acquisitore = EADC 24 bit

Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto. I dati sono stati elaborati mediante il software "geopsy-dinver", per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.

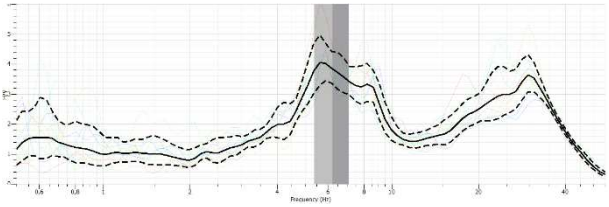
In sintesi, di seguito si sintetizzano gli step dell'indagine HVSR:

1- acquisizione dei dati di campo;



Esempio registrazione del dato

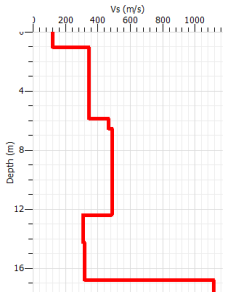
2- estrazione della curva H/V;



Esempio grafico frequenze / (H/V)

N.B. L'indagine HVSR registra la frequenza di risonanza del sito

3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità

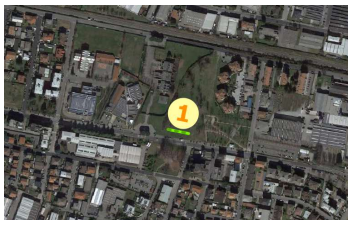


Esempio modello stratigrafico Vs

Committente = COMUNE di MEDA

Luogo: Via Tre Venezie
MEDA (MB)

Data: luglio 2023



n° 1

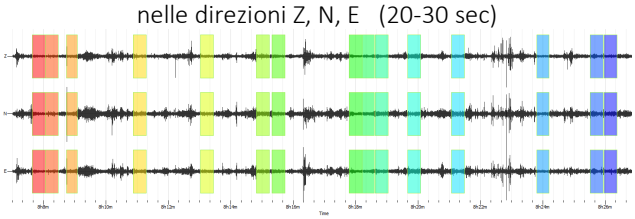
INDAGINE HVSR

Frequenza di campionamento = 500 Hz
Sensori = geofoni 4.5 Hz
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

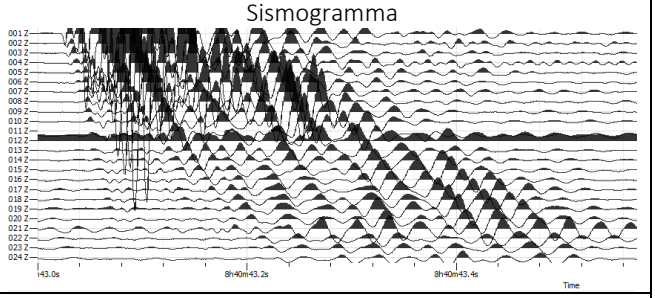
INDAGINE MASW

Frequenza di campionamento = 2000 Hz
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m
Acquisitore = MAE S485
Battuta: -10 m,

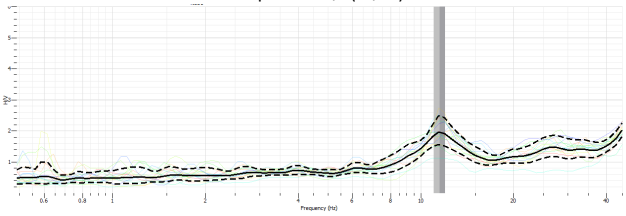
Reg 20 min Finestre temporali
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

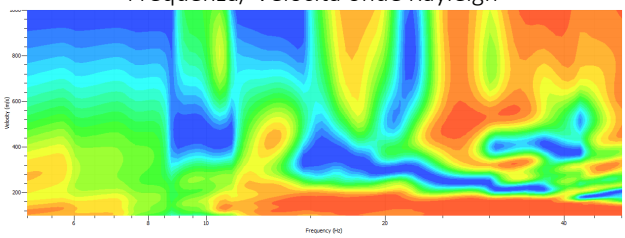


frequenze / (H/V)

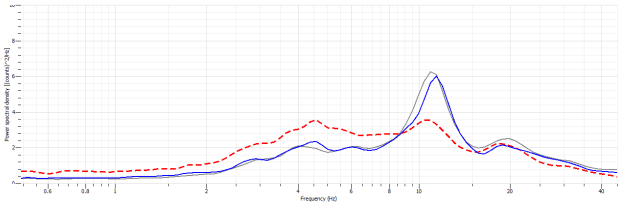


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%
Direzionalità selezionata: 0°

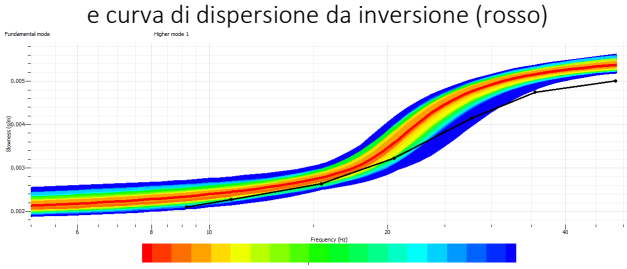
Spettro di velocità
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



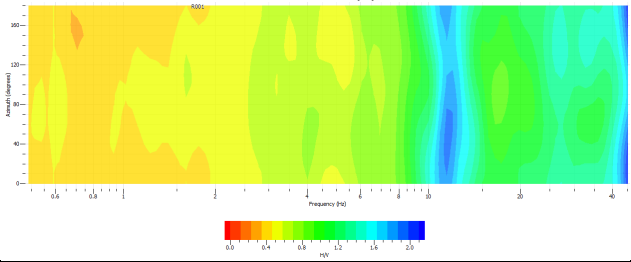
Spettri medi delle singole componenti
(Z_ _ _ N_____ E_____)



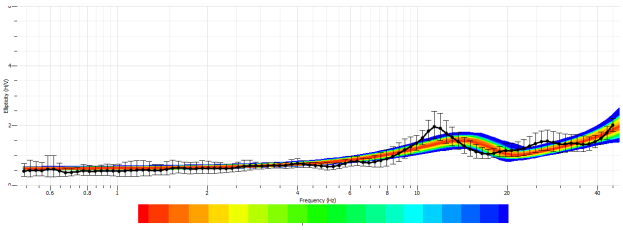
Curva dispersione da picking (nero)
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V

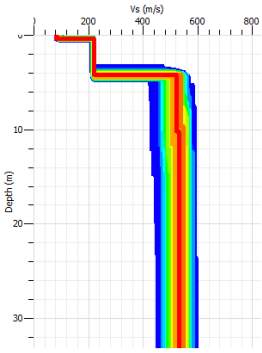


Confronto curva registrata / curva teorica



Modello Vs

da inversione congiunta
MASW-HVSR



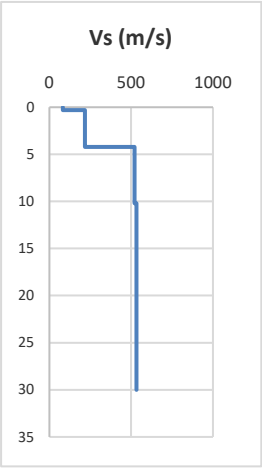
da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.3	82
0.3	4.2	219
4.2	10.2	522
10.2		532

Quota Rif.	0,0 da p.c.
Vs (0.0-5.7)	**427**
Categoria	**B**
Quota Rif.	da p.c.
Vs (0.0-30)	
Categoria	
Freq. rison sito	**// Hz**

AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 1 **MEDA** **Data:** **LUGLIO 2023**

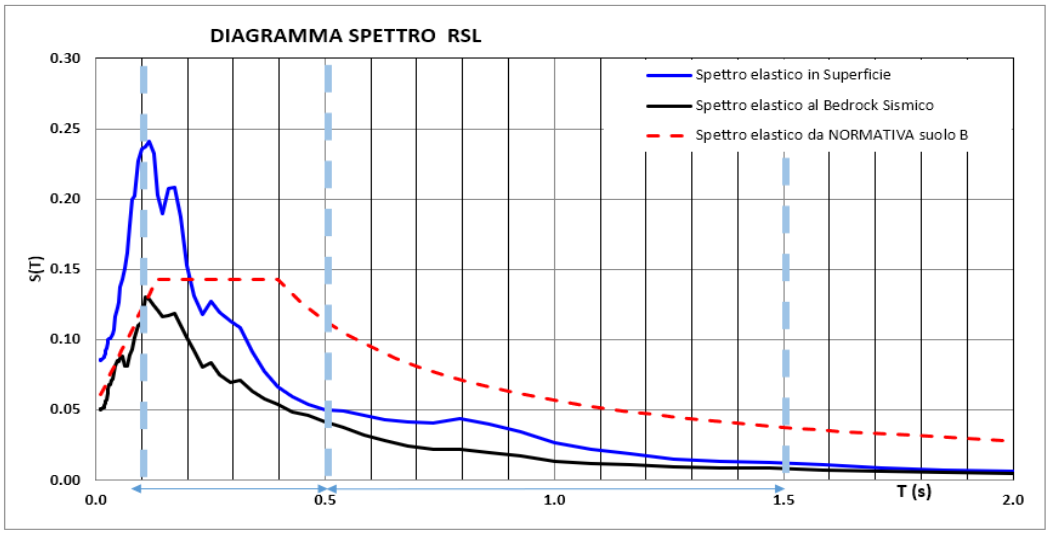
Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.3	82
0.3	4.2	219
4.2	10.2	522
10.2	30.0	532
30.0		0



Vs 30	
427	Categoria B

T (s)	Freq. (Hz)
0.25	4.04

soglia comunale per categoria di terreno	
1.4	soglia 0,1-0,5 s
1.7	soglia 0,5-1,5 s



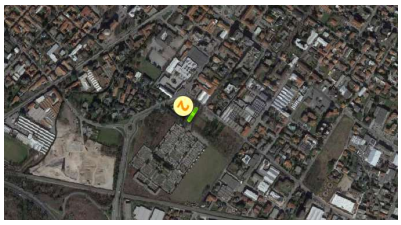
Fa calcolato (0.1-0.5)	1.5
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
Spettro da nomativa NON adeguato	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.7
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
Spettro da nomativa adeguato	

Committente = COMUNE di MEDA

Luogo: Via del cimitero
MEDA (MB)

Data: luglio 2023



n° 2

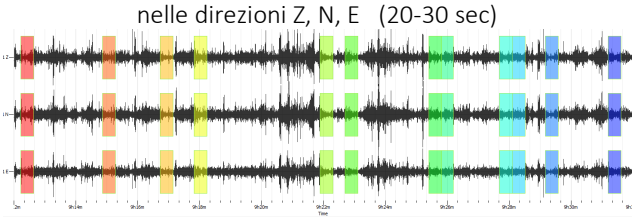
INDAGINE HVSR

Frequenza di campionamento = 500 Hz
Sensori = geofoni 4.5 Hz
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

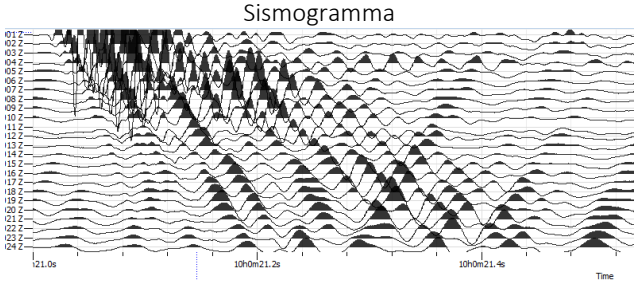
INDAGINE MASW

Frequenza di campionamento = 2000 Hz
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m
Acquisitore = MAE S485
Battuta: -10 m,

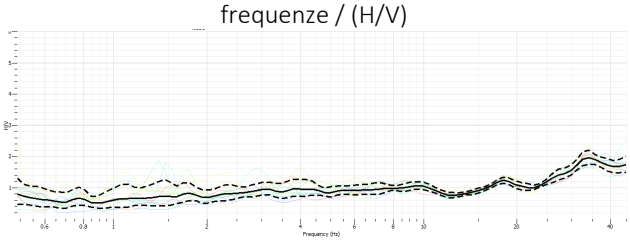
Reg 20 min Finestre temporali
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

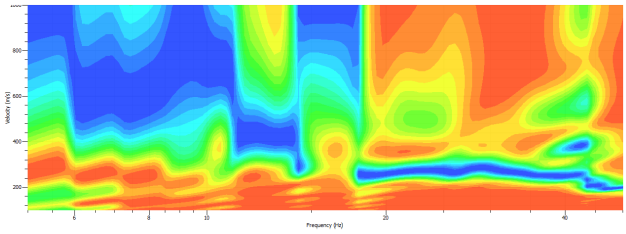


frequenze / (H/V)

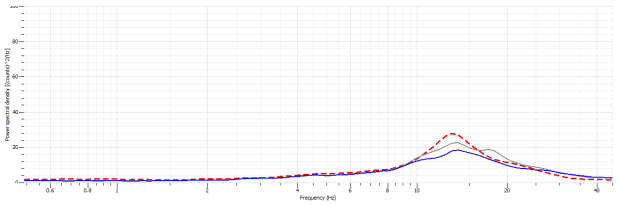


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%
Direzionalità selezionata: 0°

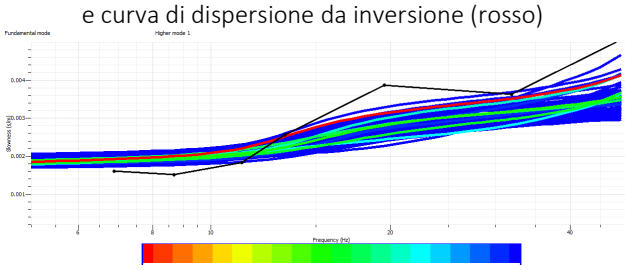
Spettro di velocità
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



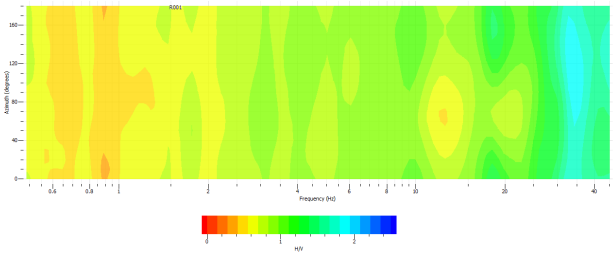
Spettri medi delle singole componenti
(Z_ _ _ N_____ E_____)



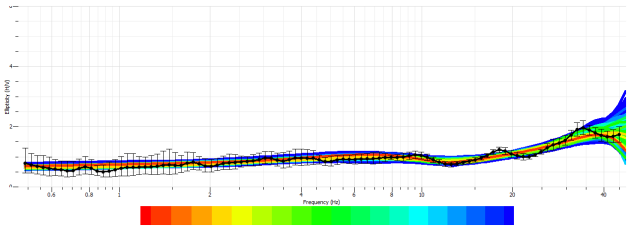
Curva dispersione da picking (nero)
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V

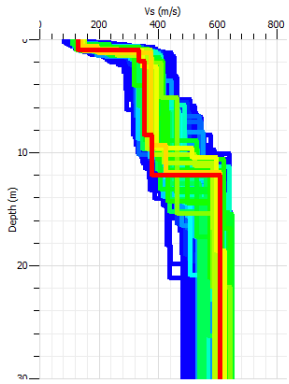


Confronto curva registrata / curva teorica



Modello Vs

da inversione congiunta
MASW-HVSR

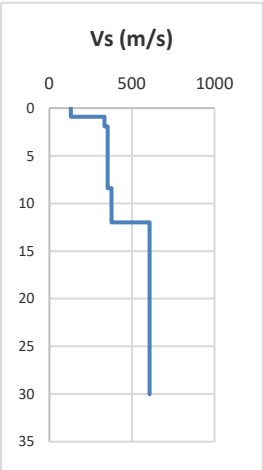


da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.9	129
0.9	1.9	333
1.9	8.4	353
8.4	12.0	376
12.0		606
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-5.7)		**443**
Categoria		**B**
Quota Rif.		da p.c.
Vs (0.0-30)		
Categoria		
Freq. rison sito		**// Hz**

AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 2 **MEDA** **Data:** **LUGLIO 2023**

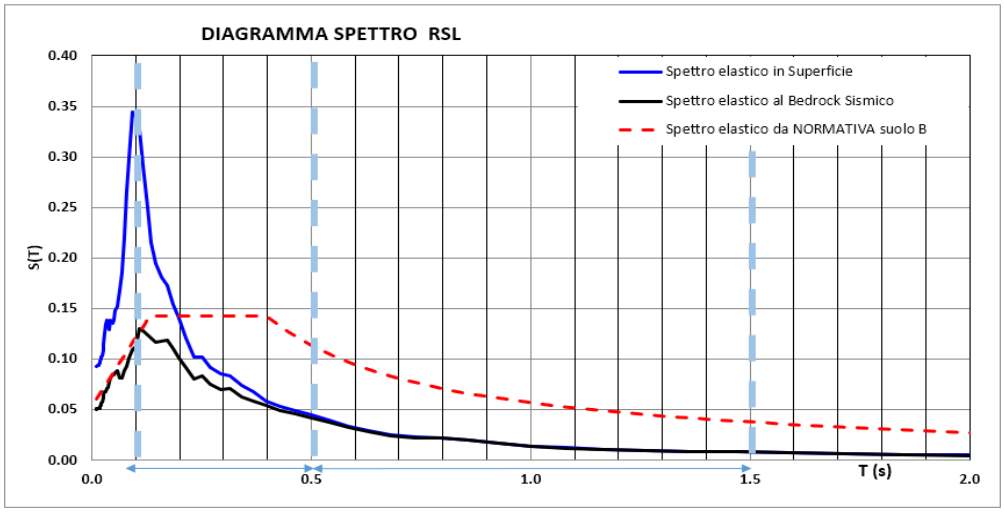
Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.9	129
0.9	1.9	333
1.9	8.4	353
8.4	12.0	376
12.0	30.0	606
30.0		606



Vs 30	
443	B

T (s)	Freq. (Hz)
0.14	7.11

soglia comunale per categoria di terreno	
1.4	soglia 0,1-0,5 s
1.7	soglia 0,5-1,5 s



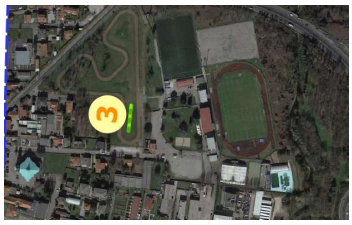
Fa calcolato (0.1-0.5)	1.4
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
Spettro da nomativa adeguato	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.0
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
Spettro da nomativa adeguato	

Committente = COMUNE di MEDA

Luogo: Via Icmesa - Ciclodromo
MEDA (MB)

Data: luglio 2023



n° 3

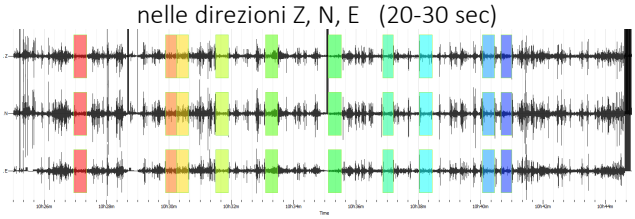
INDAGINE HVSR

Frequenza di campionamento = 500 Hz
Sensori = geofoni 4.5 Hz
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

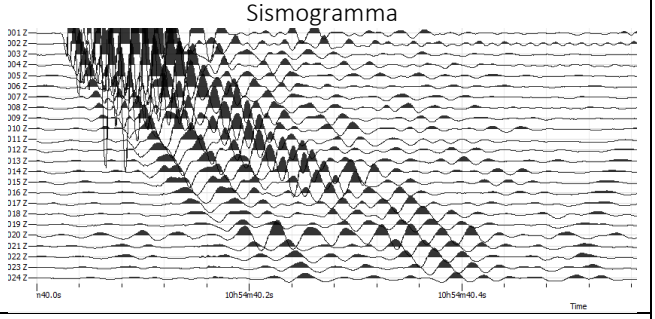
INDAGINE MASW

Frequenza di campionamento = 2000 Hz
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m
Acquisitore = MAE S485
Battuta: -10 m,

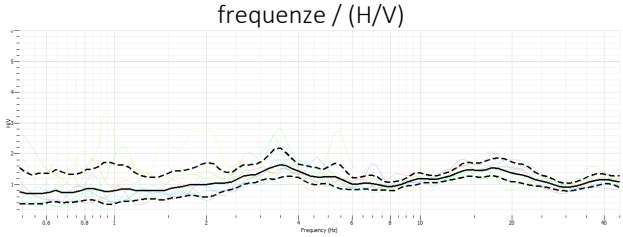
Reg 20 min Finestre temporali
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

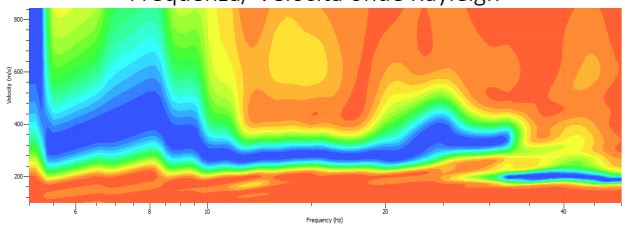


frequenze / (H/V)

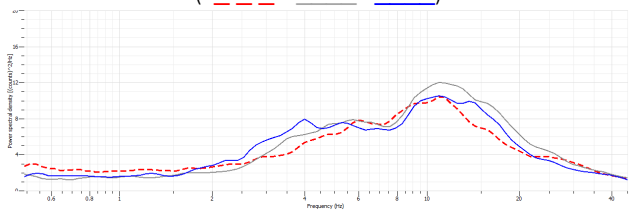


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%
Direzionalità selezionata: 0°

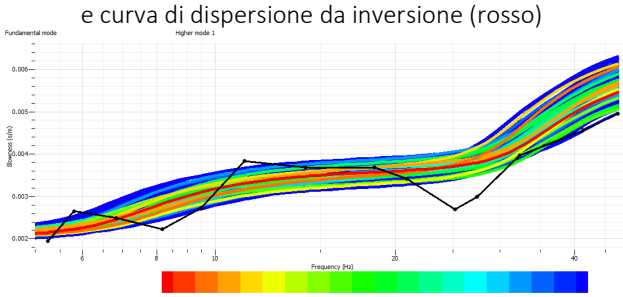
Spettro di velocità
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



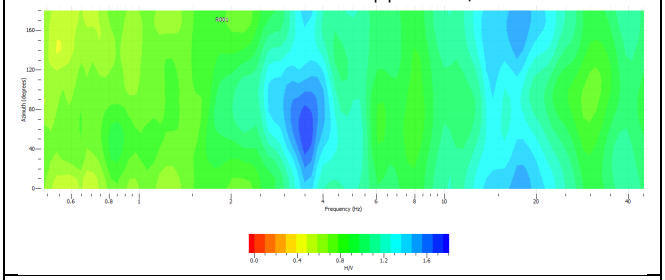
Spettri medi delle singole componenti
(Z_ _ _ N_____ E_____)



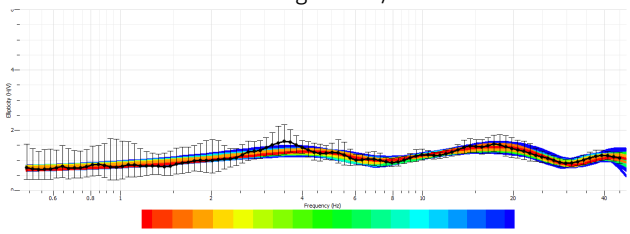
Curva dispersione da picking (nero)
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V

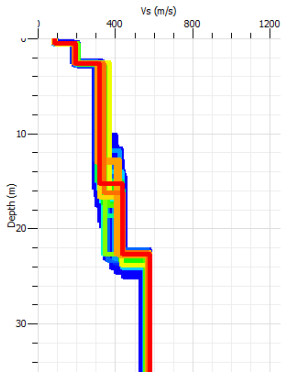


Confronto curva registrata / curva teorica



Modello Vs

da inversione congiunta
MASW-HVSR

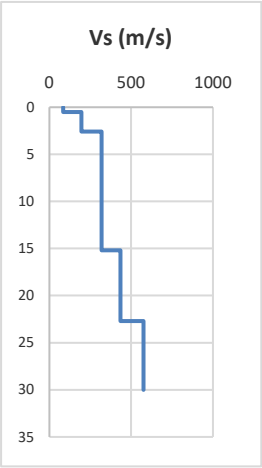


da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.5	85
0.5	2.6	196
2.6	15.2	319
15.2	22.7	436
22.7		576
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-5.7)		**349**
Categoria		**C**
Quota Rif.		da p.c.
Vs (0.0-30)		
Categoria		
Freq. rison sito		**// Hz**

AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 3 **MEDA** **Data:** **LUGLIO 2023**

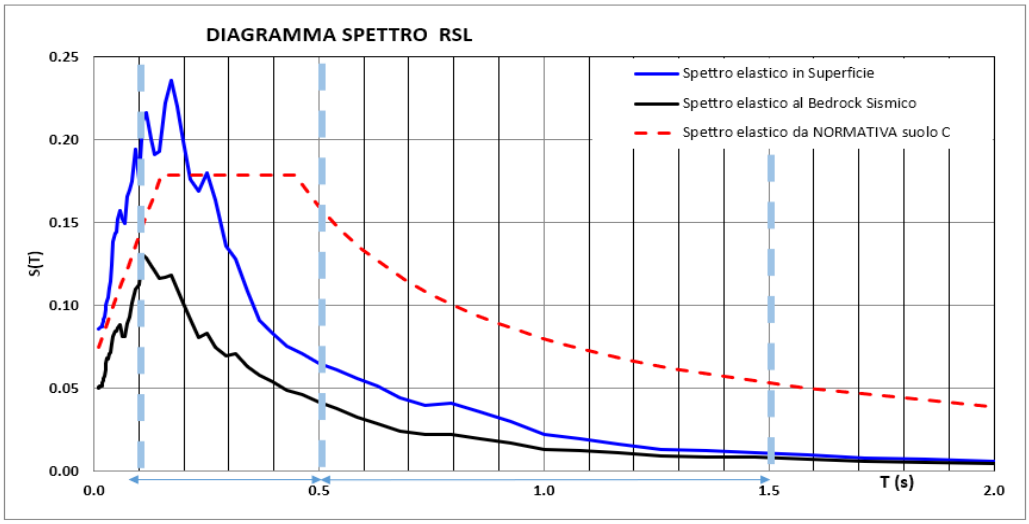
Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.5	85
0.5	2.6	196
2.6	15.2	319
15.2	22.7	436
22.7		576



Vs 30	
349	Categoria C

T (s)	Freq. (Hz)

soglia comunale per categoria di terreno	
1.8	soglia 0,1-0,5 s
2.4	soglia 0,5-1,5 s



Fa calcolato (0.1-0.5)	**1.8**
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.8
Spettro da nomativa adeguato	

Fa calcolato (0.5-1.5)	**1.7**
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	2.4
Spettro da nomativa adeguato	

Committente = COMUNE di MEDA

Luogo: Via Cialdini
MEDA (MB)

Data: luglio 2023

n° 4

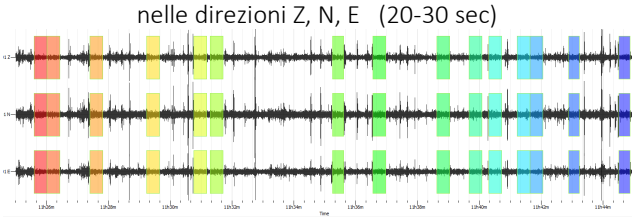
INDAGINE HVSR

Frequenza di campionamento = 500 Hz
Sensori = geofoni 4.5 Hz
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

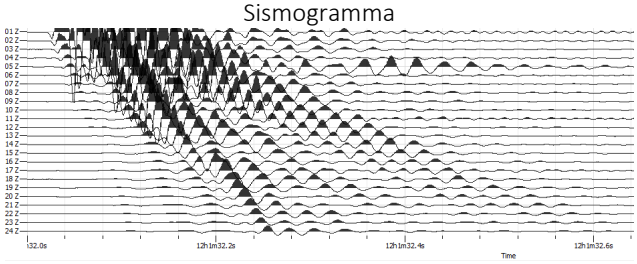
INDAGINE MASW

Frequenza di campionamento = 2000 Hz
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m
Acquisitore = MAE S485
Battuta: -10 m,

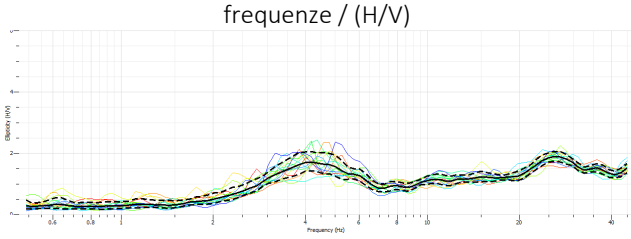
Reg 20 min Finestre temporali
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

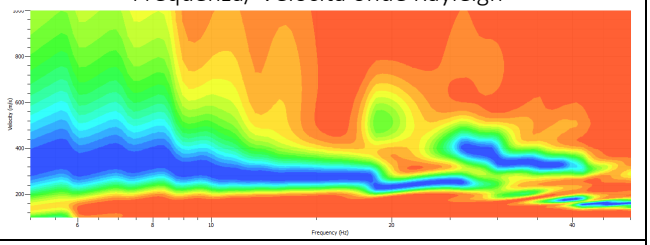


frequenze / (H/V)

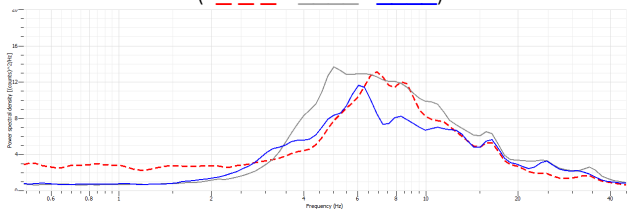


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%
Direzionalità selezionata: 0°

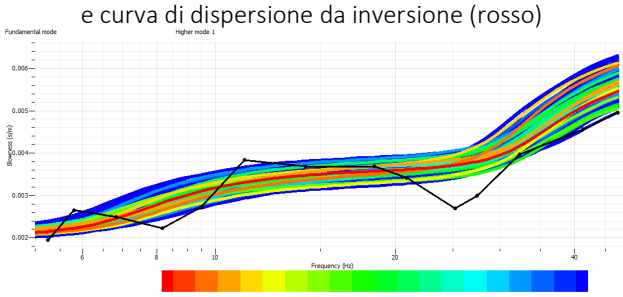
Spettro di velocità
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



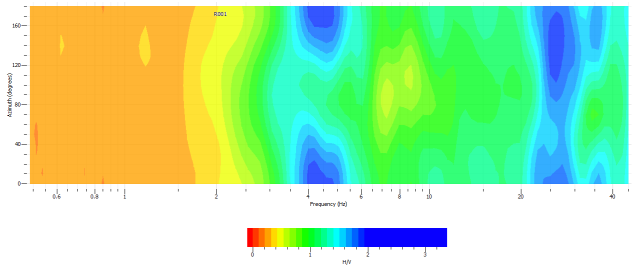
Spettri medi delle singole componenti
(Z_ _ _ N_____ E_____)



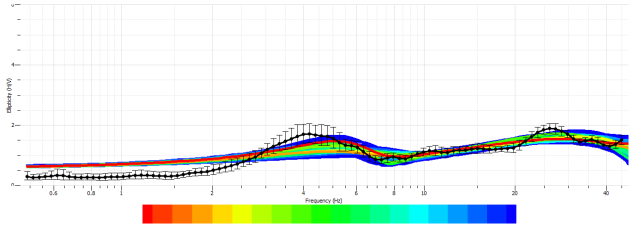
Curva dispersione da picking (nero)
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V

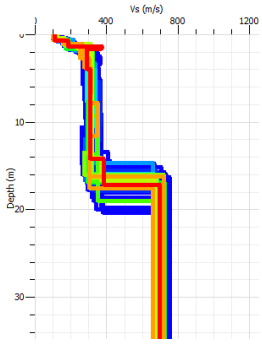


Confronto curva registrata / curva teorica



Modello Vs

da inversione congiunta
MASW-HVSR

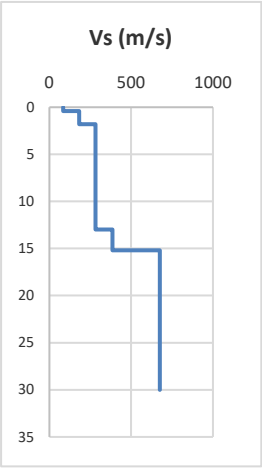


da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.4	84
0.4	1.8	183
1.8	13.0	283
13.0	15.2	387
15.2		675
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-5.7)		**377**
Categoria		**B**
Quota Rif.		da p.c.
Vs (0.0-30)		
Categoria		
Freq. rison sito		**// Hz**

AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 4 **MEDA** **Data:** **LUGLIO 2023**

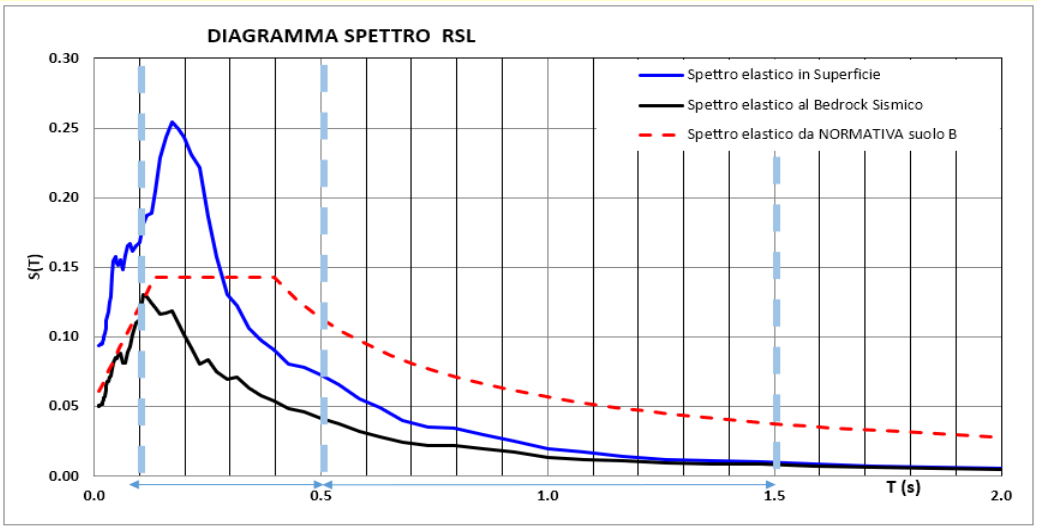
Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.4	84
0.4	1.8	183
1.8	13.0	283
13.0	15.2	387
15.2		675



Vs 30	
377	Categoria B

T (s)	Freq. (Hz)

soglia comunale per categoria di terreno	
1.8	soglia 0,1-0,5 s
2.4	soglia 0,5-1,5 s



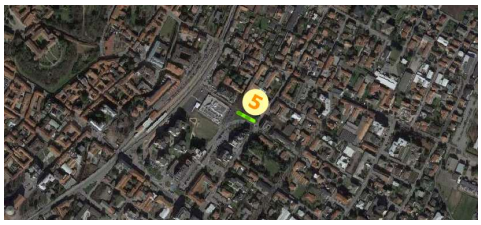
Fa calcolato (0.1-0.5)	1.9
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
Spettro da nomativa NON adeguato	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.5
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
Spettro da nomativa adeguato	

Committente = COMUNE di MEDA

Luogo: Via Brianza
MEDA (MB)

Data: luglio 2023



n° 5

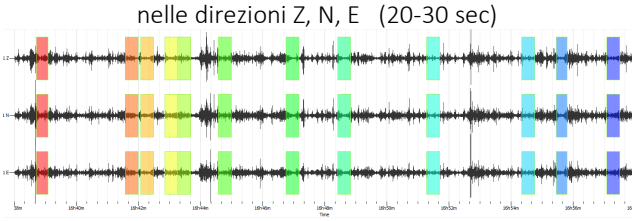
INDAGINE HVSR

Frequenza di campionamento = 500 Hz
Sensori = geofoni 4.5 Hz
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

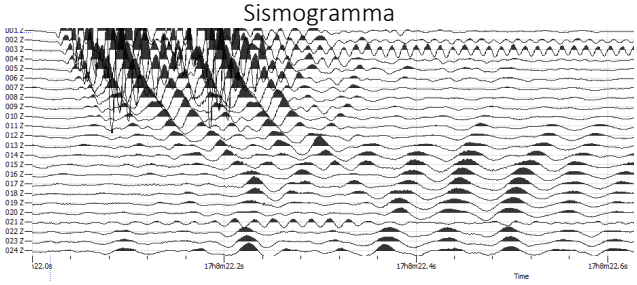
INDAGINE MASW

Frequenza di campionamento = 2000 Hz
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m
Acquisitore = MAE S485
Battuta: -10 m,

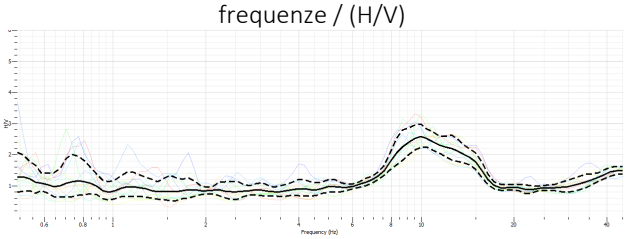
Reg 20 min Finestre temporali
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

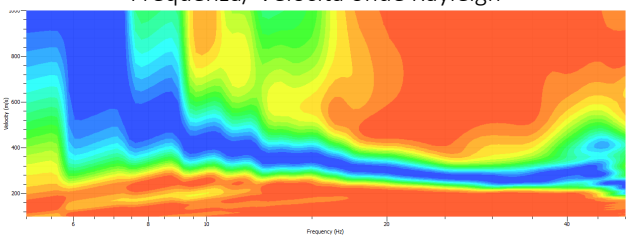


frequenze / (H/V)

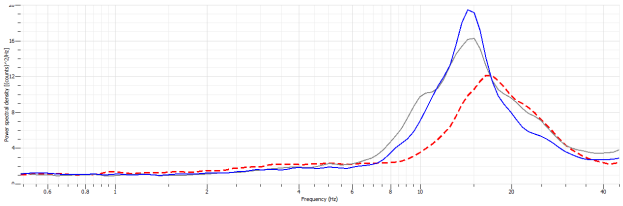


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%
Direzionalità selezionata: 0°

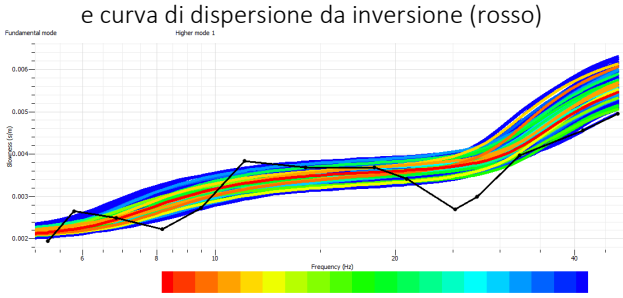
Spettro di velocità
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



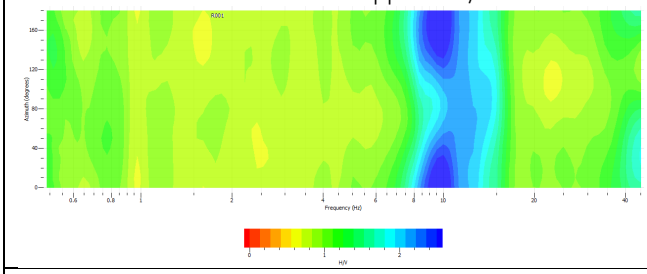
Spettri medi delle singole componenti
(Z_ _ _ N_____ E_____)



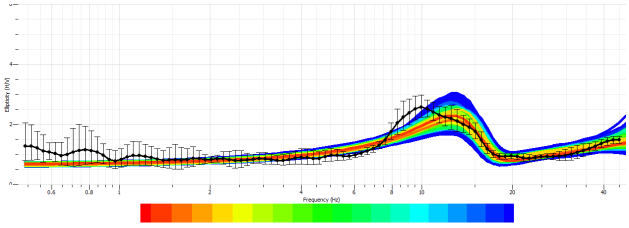
Curva dispersione da picking (nero)
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V

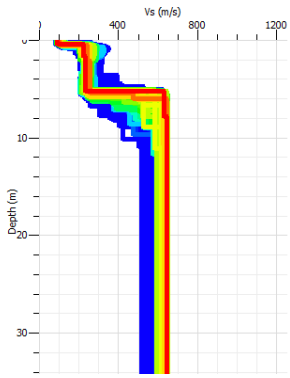


Confronto curva registrata / curva teorica



Modello Vs

da inversione congiunta
MASW-HVSR



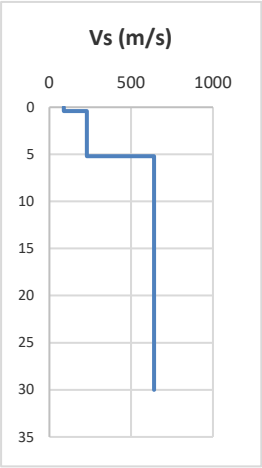
da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.4	88
0.4	5.2	230
5.2		640

Quota Rif.	0,0 da p.c.
Vs (0.0-5.7)	**468**
Categoria	**B**
Quota Rif.	da p.c.
Vs (0.0-30)	
Categoria	
Freq. rison sito	**// Hz**

AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 5 **MEDA** **Data:** **LUGLIO 2023**

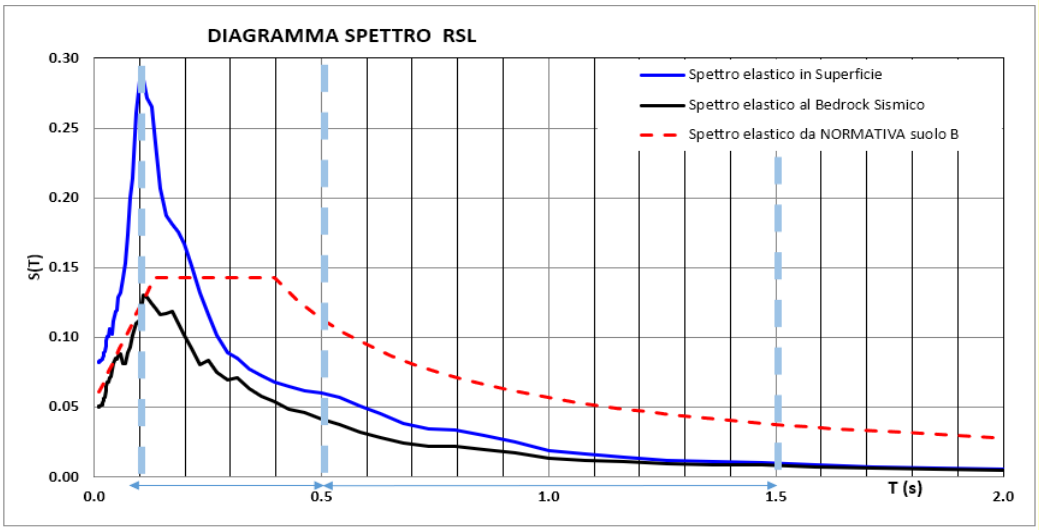
Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.4	88
0.4	5.2	230
5.2	30.0	640



Vs 30	
468	Categoria B

T (s)	Freq. (Hz)

soglia comunale per categoria di terreno	
1.4	soglia 0,1-0,5 s
1.7	soglia 0,5-1,5 s



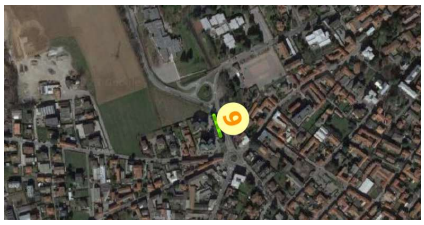
Fa calcolato (0.1-0.5)	1.5
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
Spettro da nomativa NON adeguato	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.4
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
Spettro da nomativa adeguato	

Committente = COMUNE di MEDA

Luogo: Via San Giovanni XXIII
MEDA (MB)

Data: luglio 2023



n° 6

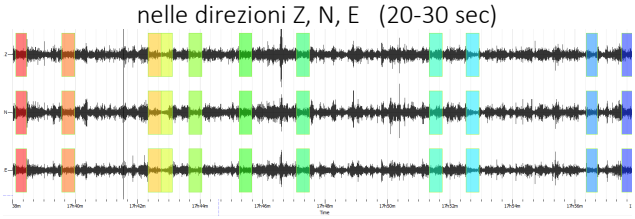
INDAGINE HVSR

Frequenza di campionamento = 500 Hz
Sensori = geofoni 4.5 Hz
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

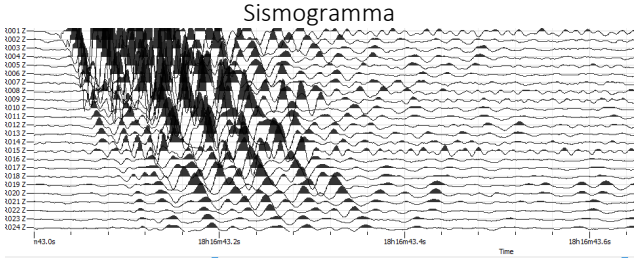
INDAGINE MASW

Frequenza di campionamento = 2000 Hz
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m
Acquisitore = MAE S485
Battuta: -10 m,

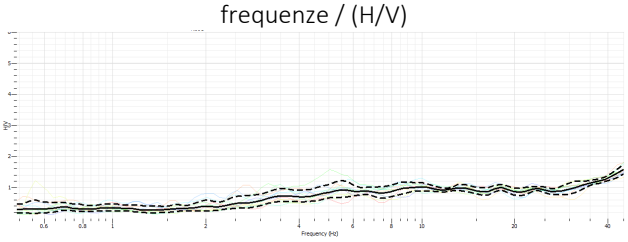
Reg 20 min Finestre temporali
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

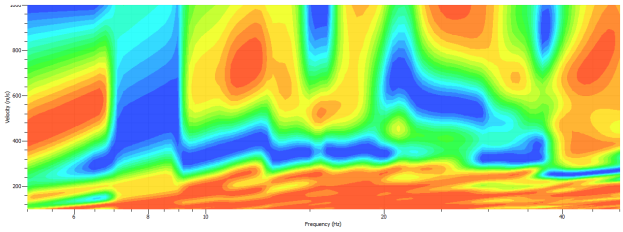


frequenze / (H/V)

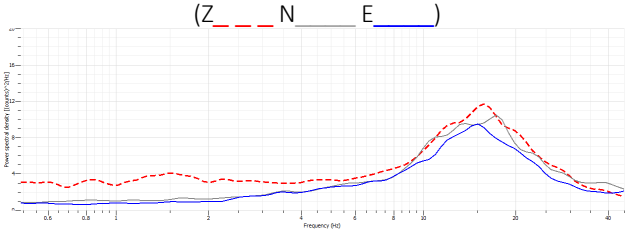


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%
Direzionalità selezionata: 0°

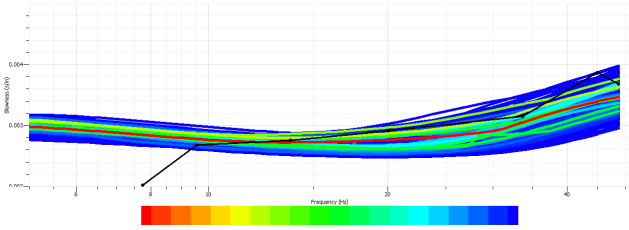
Spettro di velocità
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



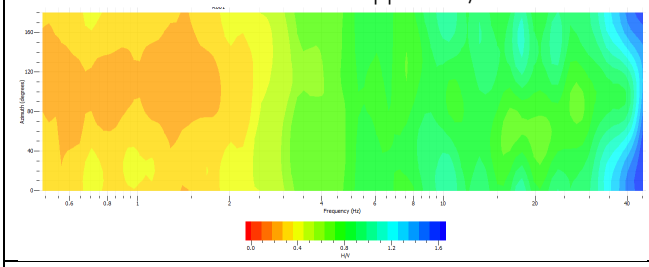
Spettri medi delle singole componenti
(Z_ _ _ N_____ E_____)



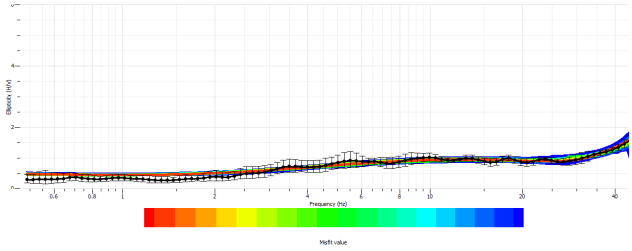
Curva dispersione da picking (nero)
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V

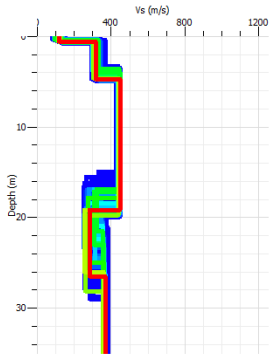


Confronto curva registrata / curva teorica



Modello Vs

da inversione congiunta
MASW-HVSR

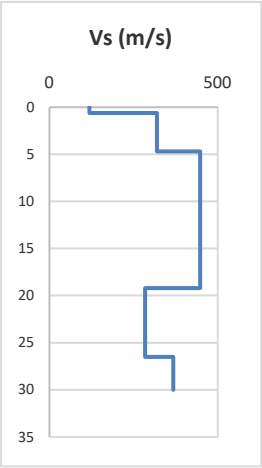


da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.6	119
0.6	4.7	320
4.7	19.2	448
19.2	26.5	285
26.5		368
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-5.7)		**352**
Categoria		**C**
Quota Rif.		da p.c.
Vs (0.0-30)		
Categoria		
Freq. rison sito		**// Hz**

AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 6 **MEDA** **Data:** **LUGLIO 2023**

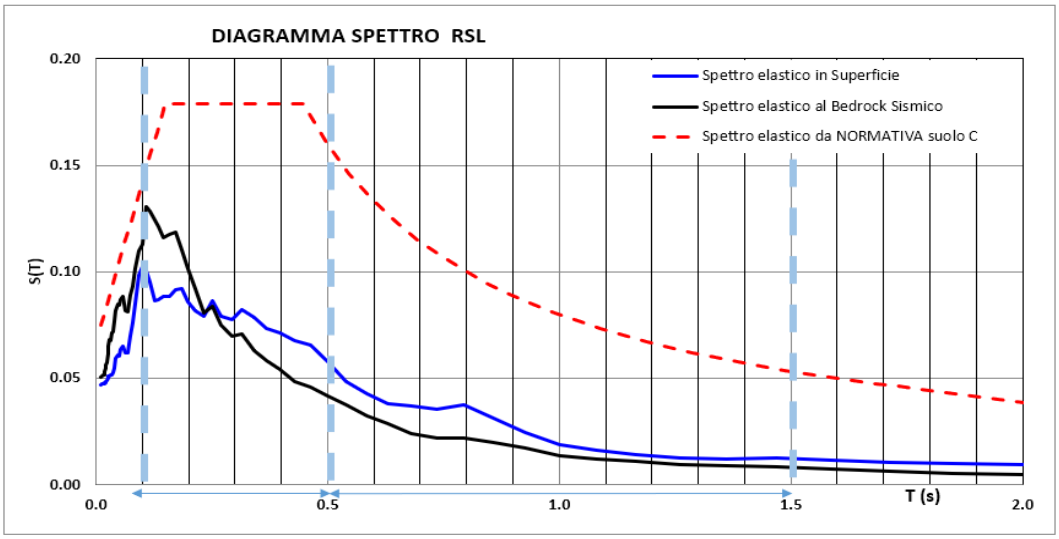
Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.6	119
0.6	4.7	320
4.7	19.2	448
19.2	26.5	285
26.5		368



Vs 30	
352	Categoria C

T (s)	Freq. (Hz)

soglia comunale per categoria di terreno	
1.8	soglia 0,1-0,5 s
2.4	soglia 0,5-1,5 s



Fa calcolato (0.1-0.5)	1.0
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.8
Spettro da nomativa adeguato	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.4
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	2.4
Spettro da nomativa adeguato	

Committente = COMUNE di MEDA

Luogo: Via Manzoni
MEDA (MB)

Data: luglio 2023

n° 7

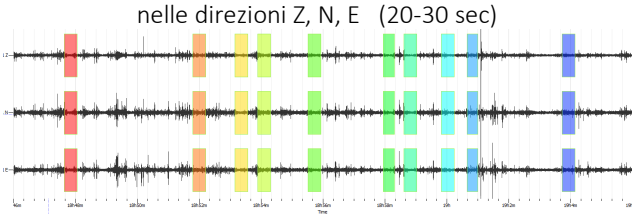
INDAGINE HVSR

Frequenza di campionamento = 500 Hz
Sensori = geofoni 4.5 Hz
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

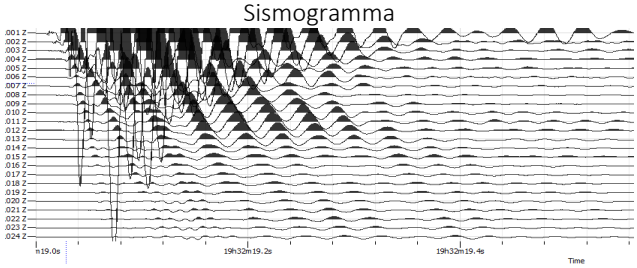
INDAGINE MASW

Frequenza di campionamento = 2000 Hz
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m
Acquisitore = MAE S485
Battuta: -10 m,

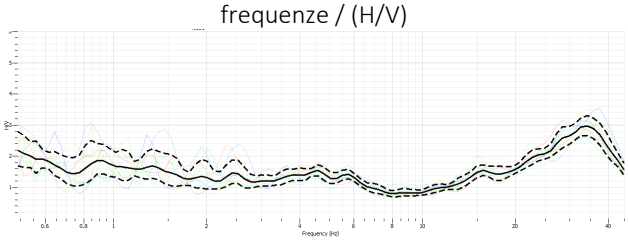
Reg 20 min Finestre temporali
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

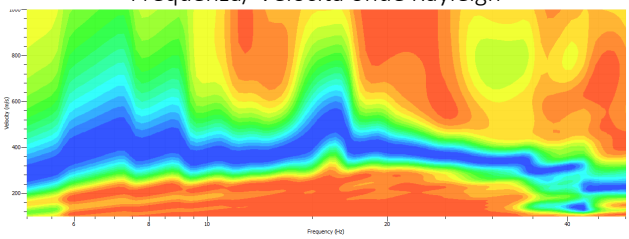


frequenze / (H/V)

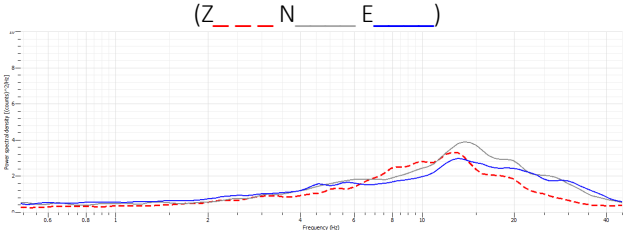


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%
Direzionalità selezionata: 0°

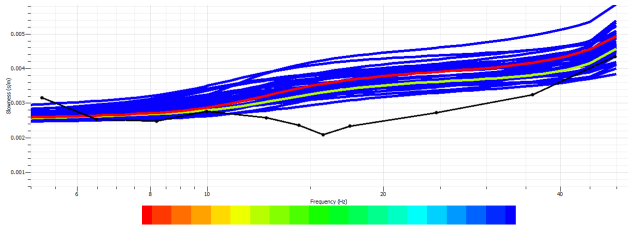
Spettro di velocità
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



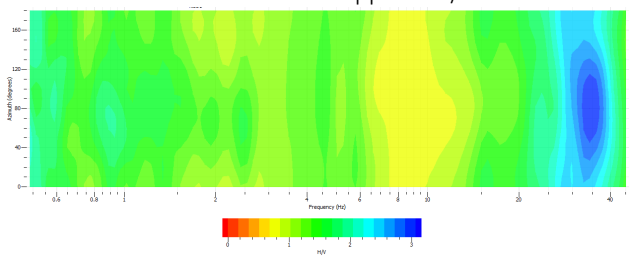
Spettri medi delle singole componenti
(Z_ _ _ N_____ E_____)



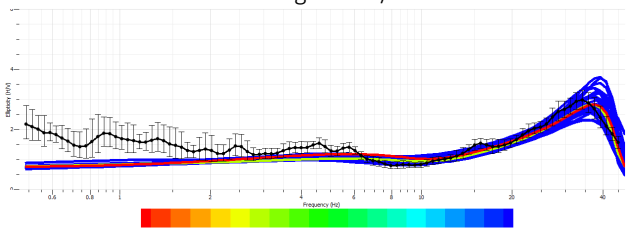
Curva dispersione da picking (nero)
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V

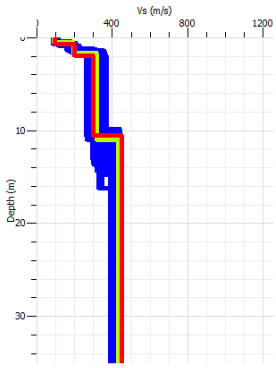


Confronto curva registrata / curva teorica



Modello Vs

da inversione congiunta
MASW-HVSR



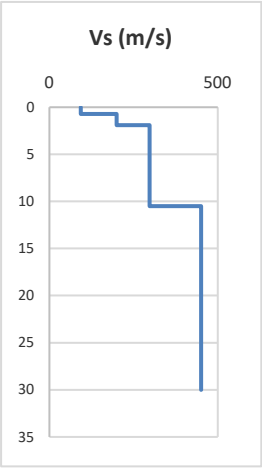
da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.7	93
0.7	1.9	200
1.9	10.5	298
10.5		450

Quota Rif.	0,0 da p.c.
Vs (0.0-5.7)	**350**
Categoria	**C**
Quota Rif.	da p.c.
Vs (0.0-30)	
Categoria	
Freq. rison sito	**// Hz**

AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 7 **MEDA** **Data:** **LUGLIO 2023**

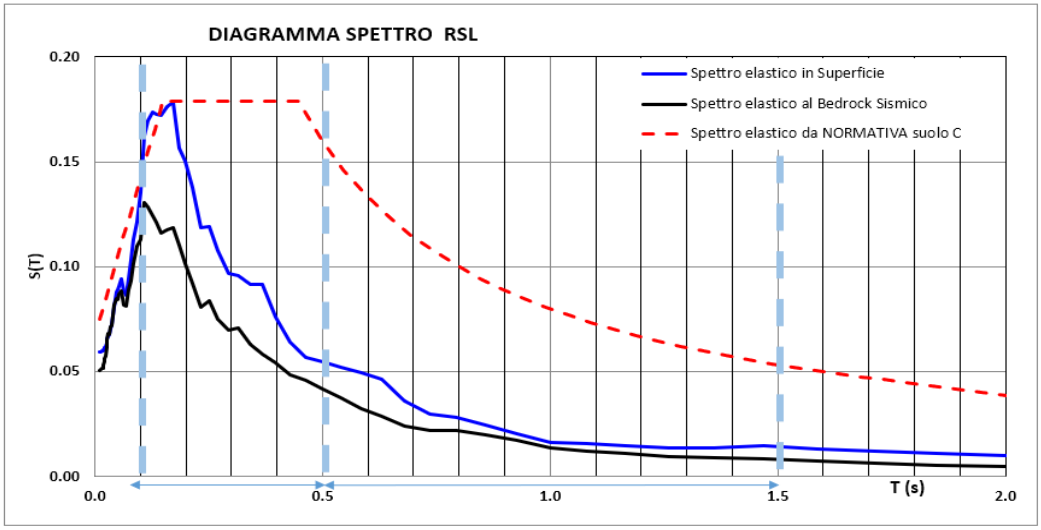
Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.7	93
0.7	1.9	200
1.9	10.5	298
10.5		450



Vs 30	
350	Categoria C

T (s)	Freq. (Hz)

soglia comunale per categoria di terreno	
1.8	soglia 0,1-0,5 s
2.4	soglia 0,5-1,5 s



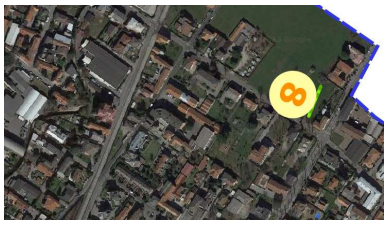
Fa calcolato (0.1-0.5)	1.4
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.8
Spettro da nomativa adeguato	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.4
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	2.4
Spettro da nomativa adeguato	

Committente = COMUNE di MEDA

Luogo: Via Trieste
MEDA (MB)

Data: luglio 2023



n° 8

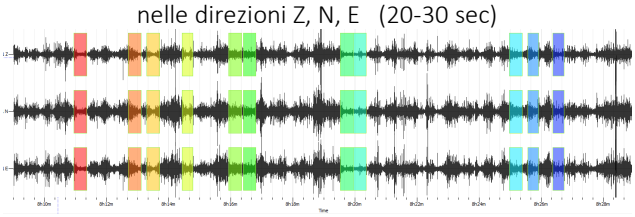
INDAGINE HVSR

Frequenza di campionamento = 500 Hz
Sensori = geofoni 4.5 Hz
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

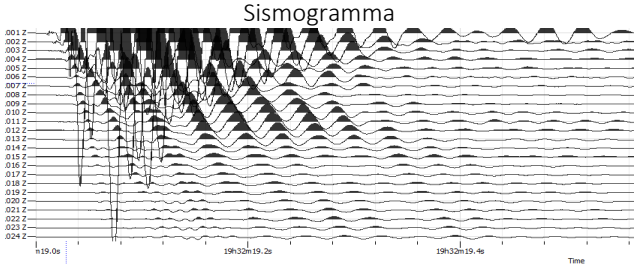
INDAGINE MASW

Frequenza di campionamento = 2000 Hz
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m
Acquisitore = MAE S485
Battuta: -10 m,

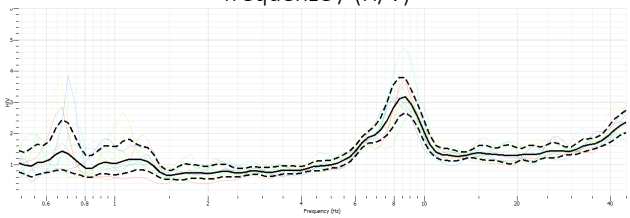
Reg 20 min Finestre temporali
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

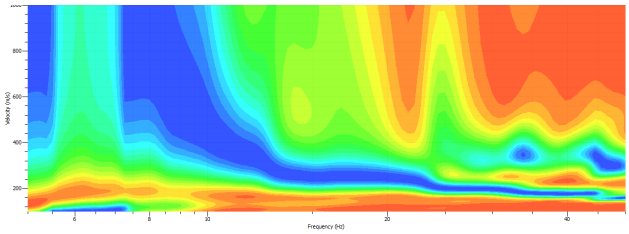


frequenze / (H/V)

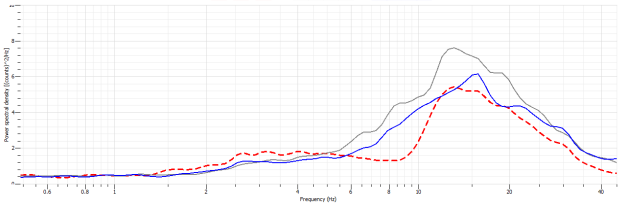


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%
Direzionalità selezionata: 0°

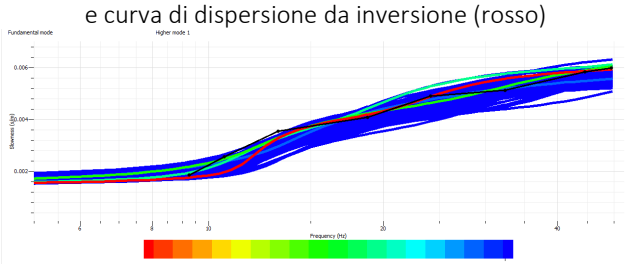
Spettro di velocità
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



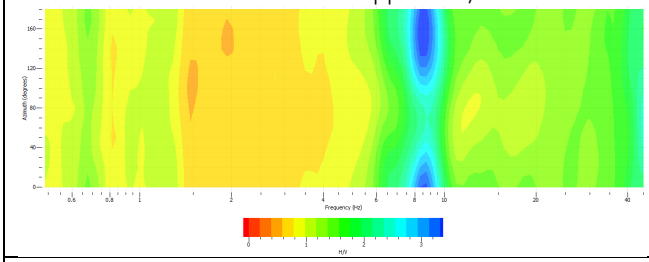
Spettri medi delle singole componenti
(Z_ _ _ N_____ E_____)



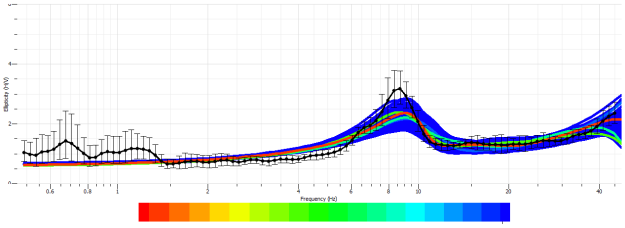
Curva dispersione da picking (nero)
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V

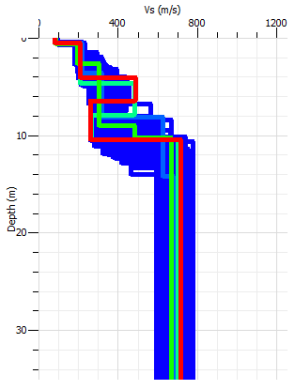


Confronto curva registrata / curva teorica



Modello Vs

da inversione congiunta
MASW-HVSR

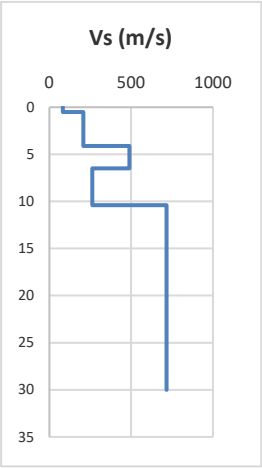


da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.5	82
0.5	4.1	208
4.1	6.5	490
6.5	10.4	263
10.4		716
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-5.7)		**425**
Categoria		**B**
Quota Rif.		da p.c.
Vs (0.0-30)		
Categoria		
Freq. rison sito		**// Hz**

AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 8 **MEDA** **Data:** **LUGLIO 2023**

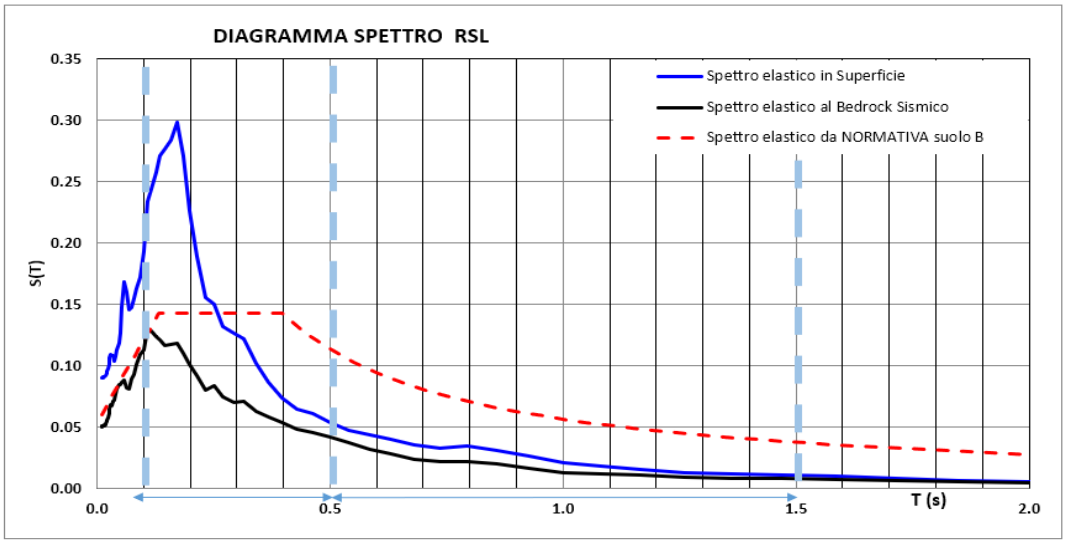
Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.5	82
0.5	4.1	208
4.1	6.5	490
6.5	10.4	263
10.4		716



Vs 30	
425	Categoria B

T (s)	Freq. (Hz)

soglia comunale per categoria di terreno	
1.4	soglia 0,1-0,5 s
1.7	soglia 0,5-1,5 s



Fa calcolato (0.1-0.5)	1.8
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
Spettro da nomativa NON adeguato	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.5
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
Spettro da nomativa adeguato	

Committente = COMUNE di MEDA

Luogo: Via del Ry
MEDA (MB)

Data: luglio 2023

n° 8

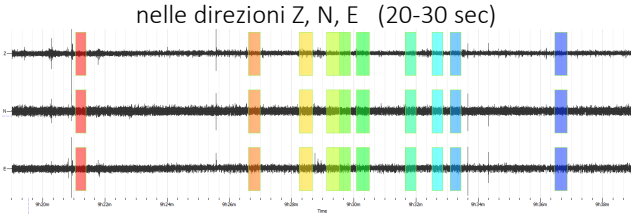
INDAGINE HVSR

Frequenza di campionamento = 500 Hz
Sensori = geofoni 4.5 Hz
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

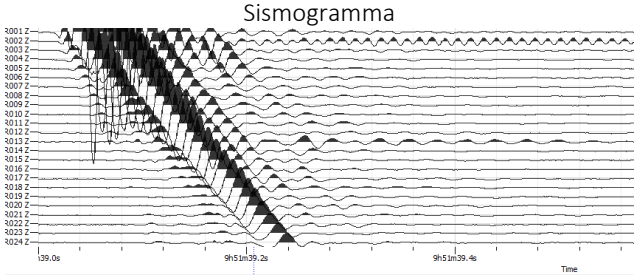
INDAGINE MASW

Frequenza di campionamento = 2000 Hz
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m
Acquisitore = MAE S485
Battuta: -10 m,

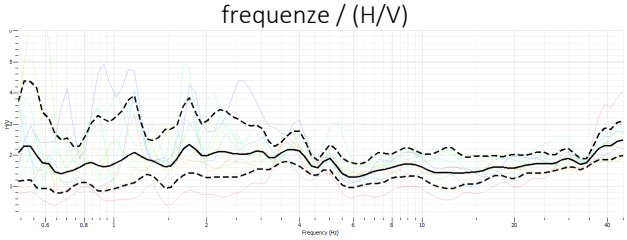
Reg 20 min Finestre temporali
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

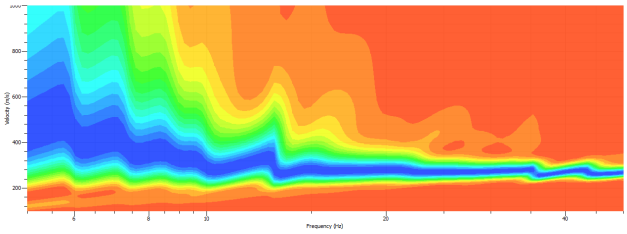


frequenze / (H/V)

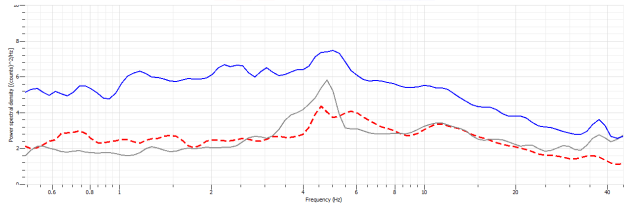


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%
Direzionalità selezionata: 0°

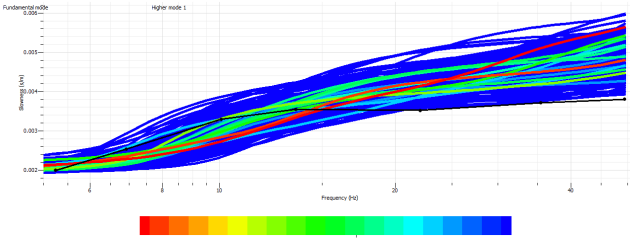
Spettro di velocità
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



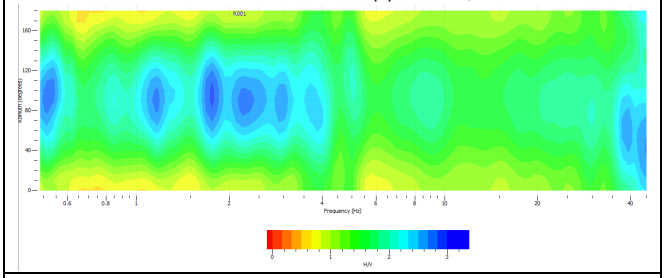
Spettri medi delle singole componenti
(Z_ _ _ N_____ E_____)



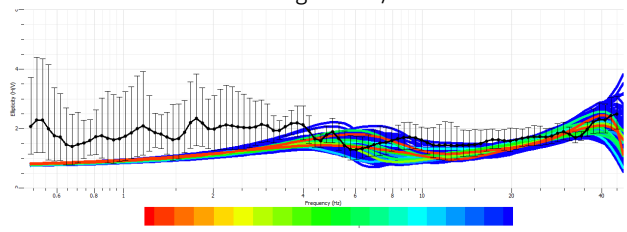
Curva dispersione da picking (nero)
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V

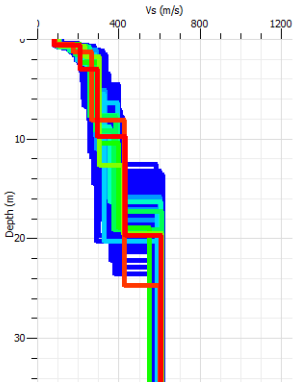


Confronto curva registrata / curva teorica



Modello Vs

da inversione congiunta
MASW-HVSR

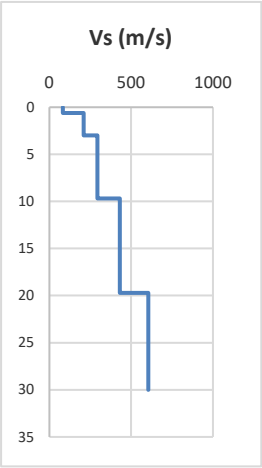


da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.6	82
0.6	3.0	210
3.0	9.7	295
9.7	19.7	432
19.7		605
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-5.7)		**425**
Categoria		**B**
Quota Rif.		da p.c.
Vs (0.0-30)		
Categoria		
Freq. rison sito		**// Hz**

AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 9 **MEDA** **Data:** **LUGLIO 2023**

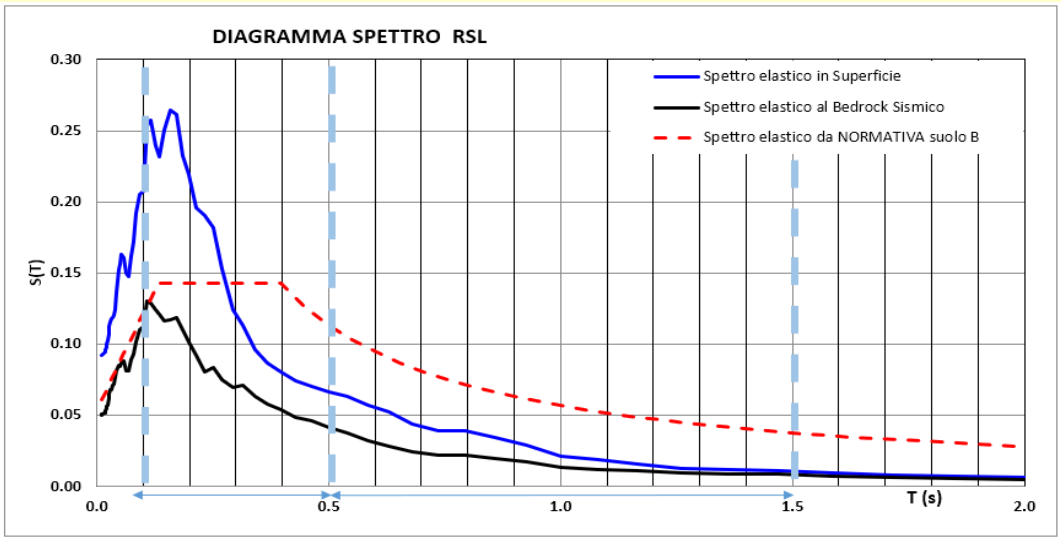
Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.6	82
0.6	3.0	210
3.0	9.7	295
9.7	19.7	432
19.7		605



Vs 30	
368	Categoria B

T (s)	Freq. (Hz)

soglia comunale per categoria di terreno	
1.4	soglia 0,1-0,5 s
1.7	soglia 0,5-1,5 s



Fa calcolato (0.1-0.5)	1.9
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
Spettro da nomativa NON adeguato	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.6
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
Spettro da nomativa adeguato	