



Studio Associato di ingegneria e geologia

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

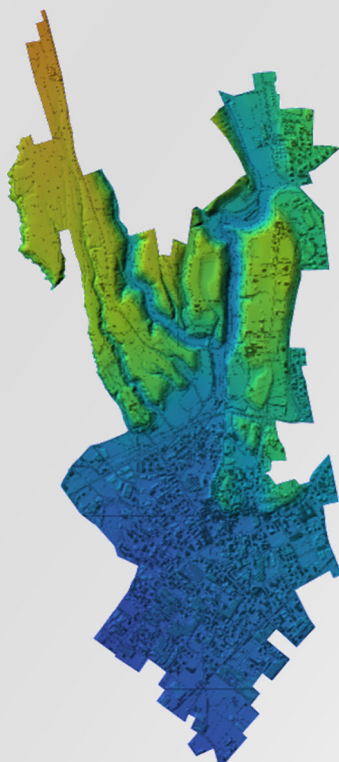
COMUNE DI CARUGO

Via Cadorna, 3 - 22060 – Carugo

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, d.g.r. 15 dicembre 2022 - n. XI/7564,
d.g.r. 09 settembre 2024 - n. XII/3007

RELAZIONE ILLUSTRATIVA



Redatto da:

dott. geol. Vittorio BUSCAGLIA
dott. geol. Domenico SCINETTI

in collaborazione con:
dott. geol. Sergio LOCCHI

Lecco – LUGLIO 2026

C.so Martiri della Liberazione, 28 – 23900 LECCO – Tel/fax 0341.360078

E-mail: ingeo@studioingeo.it www.studioingeo.it

INDICE

1	PREMESSA	3
2	METODOLOGIA APPLICATA PER LO STUDIO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA	5
2.1	<i>Fase di analisi</i>	5
2.1.1	Base cartografica	6
2.1.2	Ricerca storica e bibliografica	7
2.1.3	Inquadramento geologico (Tav. 1)	12
2.1.4	Inquadramento geomorfologico (Tav. 2)	21
2.1.5	Inquadramento idrogeologico (Tav. 3)	25
2.1.6	Inquadramento climatico	31
2.1.7	Carta della stabilità di versante (Tav. 4)	40
2.1.8	Carta delle indagini geognostiche e degli studi esterni (Tav. 5)	44
2.1.9	Dissesto idrogeologico ISPRA	45
2.1.10	Inventario Frane GEOIFFI	46
2.1.11	Sinkhole e cavità sotterranee	47
2.1.12	Studio idraulico di dettaglio Roggia Vecchia	57
2.2	<i>Fase di sintesi/valutazione</i>	58
2.3	<i>Fase di proposta</i>	60
3	ALTRI STUDI E DATI GEOGRAFICI DI RIFERIMENTO	63
4	RACCORDO CON IL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (P.T.C.P.)	64
5	STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO (art. 14 del R.R. n° 7 del 23-11-2017 e s.m.i. – Invarianza Idraulica)	65
7	CARTA PAI-PGRA (Tav. 6)	66
7.1	<i>PAI</i>	66
7.2	<i>PGRA</i>	67
7.2.1	INDIVIDUAZIONE AREE A RISCHIO IDRAULICO R4	68
7.2.2	STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO	72
8	AGGIORNAMENTO CARTA DEI VINCOLI (Tav. 7)	73
8.1	<i>Vincoli PAI e PGRA</i>	73
8.2	<i>Vincoli derivanti dal P.T.R</i>	75
8.4	<i>Vincoli derivanti dal P.T.C.P</i>	76
8.5	<i>Piano Cave della Provincia di COMO</i>	77
8.6	<i>Censimento sorgenti e pozzi sul territorio comunale</i>	77
8.7	<i>Vincoli di Polizia Idraulica (RIM)</i>	78
8.8	<i>Studio comunale di gestione rischio idraulico</i>	79
8.9	<i>Parco delle groane e della brughiera briantea</i>	80
10	AGGIORNAMENTO CARTA DI SINTESI (Tav. 8)	81
11	AGGIORNAMENTO CARTA P.S.L. (Tav. 9)	85

11.1	<i>Risposta Sismica Locale – Generalità</i>	89
11.1.1	Analisi di 1° Livello (Tav. 9)	92
11.1.2	Analisi di 2° Livello (Per edifici strategici e rilevanti)	94
12	AGGIORNAMENTO CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA (Tav. 10)	97
13	AGGIORNAMENTO NORME GEOLOGICHE DI PIANO	100
14	NOTE PER INTEGRAZIONE CON PIANO DI PROTEZIONE CIVILE COMUNALE	101
14.1	<i>PAI – PGRA - Rischio</i>	101
14.2	<i>Fattibilità geologica - Rischio</i>	102
15	CONGRUITA' TRA VINCOLI COMPONENTE GEOLOGICA, PAI-PGRA E PREVISIONI URBANISTICHE RIFERIMENTI	104
		114

Allegati fuori testo:

NORME GEOLOGICHE DI PIANO

GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 1 Carta geologica
GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 2 Carta morfologica
GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 3 Carta idrogeologica
GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 4 Carta stabilità - pendio indefinito
GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 5 Carta indagini e studi esterni
GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 6a carta PAI-PGRA pericolo
GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 6b carta PAI PGRA rischio
GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 7 carta dei VINCOLI
GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 8 carta di SINTESI
GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 9 carta SISMICA PSL 1 livello
GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 10 carta FATTIBILITA GEOLOGICA
GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 11 carta fattibilità – PSL

STUDIO IDRAULICO A SUPPORTO DELLA VALUTAZIONE DI DETTAGLIO DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ E RISCHIO LOCALE DELLA ROGGIA VECCHIA

IDRAULICA CARUGO 2026 - Tav 1 Carta Battente idrico/Velocità, Carta Pericolosità Idraulica Tr100
IDRAULICA CARUGO 2026 - Tav 2 Carta Uso del Suolo, Carta Pericolosità e Rischio idraulico

1 PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di CARUGO (Co) 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. 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 2022 - Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica 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, sempre redatta dallo studio associato inGeo di Lecco, viene 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 e successiva variante 2024;
- il recepimento dei contenuti dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico (art 14 del R.R. n° 7 del 23-11-2017 e successivi aggiornamenti – Invarianza Idraulica);
- l'approfondimento del tema sugli sprofondamenti (sinkhole) richiesto dalla d.g.r. n. 7564 del 15 dicembre 2022.

Per quanto riguarda il PGRA, sono state recepite le aree perimetrate come ambiti a rischio alluvionale tratte dal geoportale di Regione Lombardia ed è stato condotto uno specifico studio idraulico negli ambiti ricadenti in zone ad alto rischio idraulico (R4) per valutarne il pericolo e il conseguente rischio. Tale aspetto è dettagliatamente descritto nella relazione idraulica sul T. Roggia Vecchia allegata al presente studio.

Per il tema "sinkhole" è stata condotta una adeguata ricerca bibliografia al fine di individuare eventuali punti critici interessati da dinamiche di instabilità del suolo per sprofondamento.

La cartografia tematica di base (carte di analisi) è stata aggiornata sulla base della nuova cartografia comunale (DBT), dei nuovi studi disponibili e degli eventi verificatisi dall'ultimo aggiornamento.

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:

- GEOLOGICO CARUGO 2026 - Relazione illustrativa
 - GEOLOGICO CARUGO 2026 - Norme geologiche di piano e vincoli
 - GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 1 Carta Geologica
 - GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 2 Carta Morfologica
 - GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 3 Carta idrogeologica
 - GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 4 Carta stabilità - pendio indefinito
 - GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 5 Carta indagini e studi esterni
 - GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 6a Carta PAI-PGRA pericolo
 - GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 6b Carta PAI PGRA rischio
 - GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 7 Carta dei VINCOLI
 - GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 8 Carta di SINTESI
 - GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 9 Carta sismica PSL - 1 livello
 - GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 10 Carta FATTIBILITÀ GEOLOGICA
 - GEOLOGICO CARUGO 2026 - Tav 11 Carta fattibilità geologica con PSL
-
- IDRAULICA CARUGO 2026 - Studio idraulico a supporto della valutazione di dettaglio delle condizioni di pericolosità e rischio lungo la Roggia Vecchia
 - IDRAULICA CARUGO 2026 – Tav 1 Carta Battente idrico/Velocità, Carta Pericolosità Idraulica Tr100
 - IDRAULICA CARUGO 2026 – Tav 2 Carta Uso del Suolo, Carta Pericolosità e Rischio idraulico

2 METODOLOGIA APPLICATA PER LO STUDIO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA

Per il presente studio si è 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 una corretta 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 degli 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 approfondisce 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*

2.1.1 Base cartografica

La cartografia di base utilizzata per il presente studio è il DBT fornito da Regione Lombardia aggiornato e fornitoci dall'urbanista con nuovi ambiti edificati.

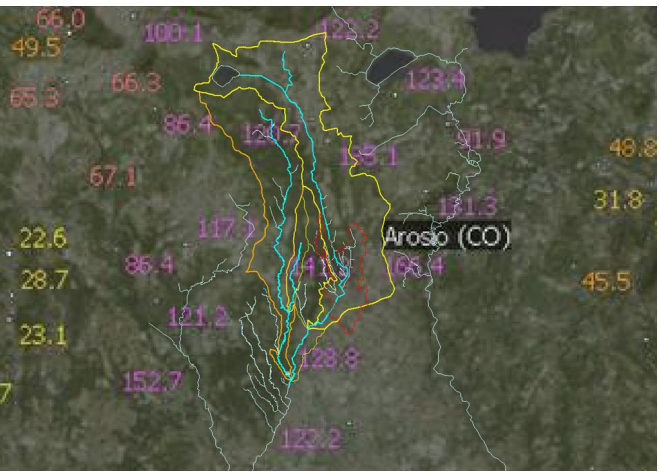
Altre cartografie consultate sono:

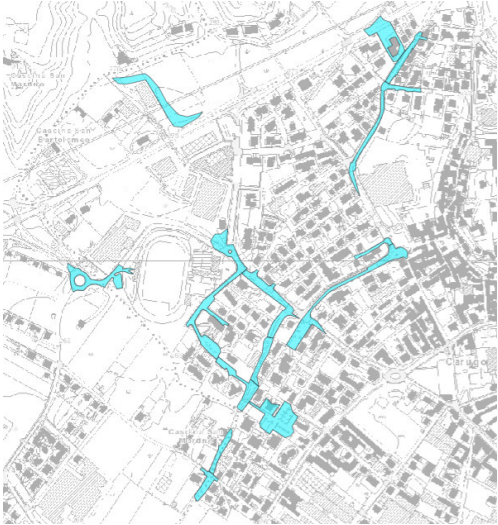
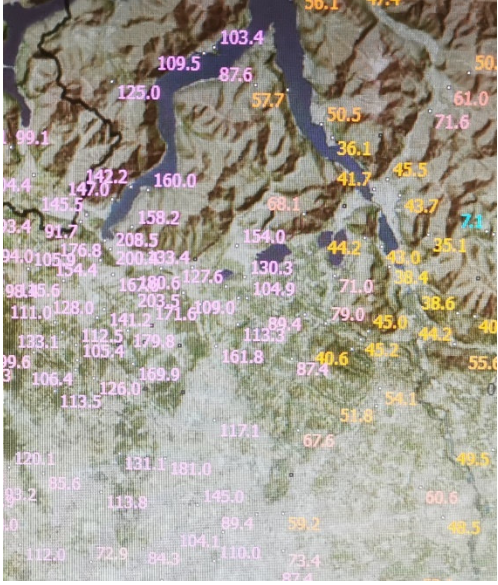
- CTR: carta topografica in scala 1:10.000 aggiornata al 1991
- IGM: Carte IGM in scala 1:25.000
- Ortofoto: serie anni 1975-215-219-2021
- DTM 5x5 fornito da Regione Lombardia
- LIDAR 1X1 Fornito dal Ministero dell'Ambiente
- Foto aeree fonte Google, Bing, Esri

2.1.2 Ricerca storica e bibliografica

Di seguito si elencano i dissesti avvenuti nel territorio di CARUGO nel periodo temporale intercorso dalla precedente versione dello studio, alla quale si rimanda per gli eventi precedenti.

Tralasciando modesti e puntuali fenomeni gravitativi che hanno interessato il versante collinare in sponda destra lungo il canale del fontanile del Nan, si segnalano unicamente eventi legati ad esondazioni di corsi d'acqua. Tutte le aree allagate sono comprese tra gli ambiti già cartografati nel PAI e nel PGRA.

Data	Luogo	Fenomeno	Descrizione
08/07/2014	v. Piave, v. Isonzo, v. Gattedo, v. Veneto v. Ginestre e limitrofe a valle, v. Pascoli	esondazione	Esondazione della Roggia Borromeo, della R. V. del Laghetto e della Roggia Vecchia a valle di v. Veneto. Il livello è stato di circa 50 cm nel tratto iniziale di via Piave e quasi sempre poi contenuto entro l'altezza dei marciapiedi più a valle; solo negli interrati e nei box ribassati coinvolti l'acqua ha raggiunto altezze superiori provocando danni materiali ma non strutturali agli edifici o alle infrastrutture. Si è verificata la tracimazione per troppo pieno dell'invaso al termine della Valle di brenna, con travaso parziale della portata nella R. Borromeo.   Precipitazioni sul bacino R. Vecchia-Terrò registrate nella notte 7-8/07/2014 (più del 90% tra le 23:30 e le 4:00) (copyright: http://www.centrometeolombardo.com/temporeale.php)

31/10/2023	Via Piave	esondazione	Modesta esondazione della Roggia Borromeo che ha coinvolto solo la sede stradale di Via Piave
22/09/2025	v. Piave, v. Isonzo, v. Gattedo, v. Veneto v. Ginestre e limitrofe a valle, v. Pascoli. Un velo centimetrico ha attraversato la sp. 32 a monte del ponte sulla R. Vecchia	esondazione	In occasione delle intense piogge durate meno di 3 ore nella prima mattina del 22 settembre 2025 vi sono state esondazioni della Roggia Borromea nel tratto iniziale di via Piave e della Roggia Vecchia e del T. V del Laghetto tra Via Vittorio Veneto e via Roggia Borromeo. Nei punti più vicini agli alvei il livello è stato comunque inferiore ai 30 cm e quasi sempre poi contenuto entro l'altezza del marciapiede, solo negli interrati e nei box ribassati (v. Ginestre – v. Pascoli) coinvolti l'acqua ha raggiunto altezze superiori provocando danni materiali ma non strutturali agli edifici.   Precipitazioni registrate nella mattina 22/09/2025 (più del 90% tra le 8:30 e le 11:00) (copyright: http://www.centrometeolombardo.com/temporeale.php)

Si rileva il dissesto dell'argine sinistro subito a valle del manufatto dello sbarramento. Anche in questo caso si è verificata la tracimazione per troppo pieno dell'invaso al termine della Valle di Brenna, con travaso parziale della portata nella R. Borromeo



Esondazione, circa 15 cm, del T. V. del Laghetto in v. Veneto





Corsello e box allagati per esondazione T. V. del Laghetto
in v. delle Ginestre



Ponte pedonale scavalcato per circa 25 cm dalla
corrente al picco della portata della R. Vecchia



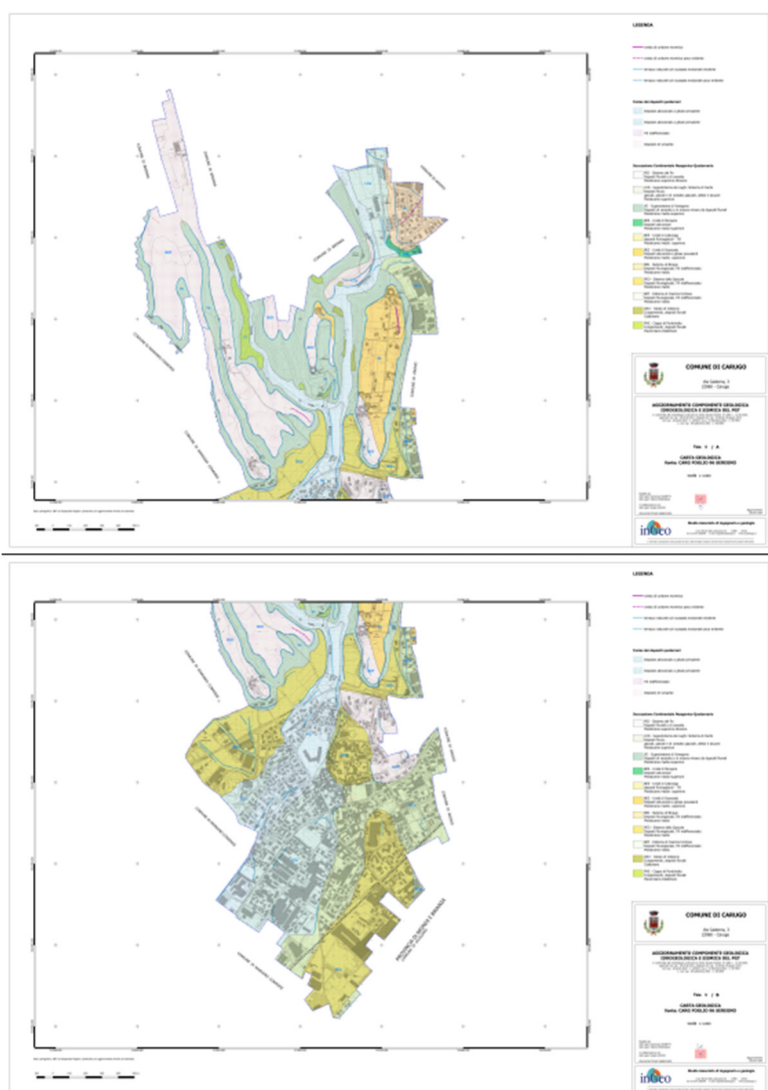
			La corrente in sponda destra (più bassa) è stata contenuta dal nuovo argine in terra rinforzata  Il sovralluvionamento allo sbocco della valle nella piana del T. V. del Laghetto ne ha provocato l'esonazione anche in corrispondenza del ponticello di via C.na S. Martino  
--	--	--	---

NB: l'ampliamento all'alveo della R. Borromeo al termine di v. Piave e le opere di difesa con scogliere spondali e arginatura della R. Vecchia a valle di v. Veneto non rendono del tutto comparabili gli effetti dei due eventi originati da quantità e intensità di pioggia simili.

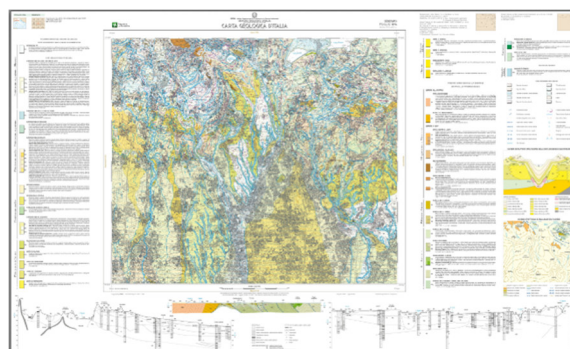
2.1.3 Inquadramento geologico (Tav. 1)

La cartografia tematica di base redatta da inGeo nello studio del 2004 è stata aggiornata nella presente revisione, tenendo conto dei nuovi criteri di rappresentazione e nomenclatura dei depositi quaternari (progetto CARG) e della nuova base cartografica.

Carta Geologica - CARG



La carta geologica è stata aggiornata proponendo i contenuti a scala 1: 10.000 del progetto CARG foglio 096 - Seregno pubblicato nel 2014.



Di seguito si riportano le descrizioni delle unità presenti sul territorio comunale di CARUGO tratte dalle

NOTE al foglio 96 - Seregno:

SINTEMA DEL PO (POI)

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

SUPERSINTEMA DEI LAGHI - SINTEMA DI CANTÙ (LCN)

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. PLEISTOCENE SUPERIORE

SUPERSINTEMA DI VENEGONO (VE)

Limi debolmente argillosi con clasti debolmente alterati sparsi; loess colluviati. Limi debolmente sabbiosi, ghiaie fini e sabbie grossolane, ghiaie poligeniche poco alterate, limi argillosi con clasti sparsi: depositi fluviali. Ghiaie massive a supporto di matrice costituita da limi sabbiosi; ghiaie massive a supporto di clasti: depositi di versante.

Colore 10YR, 5YR e 7.5YR. Costituisce gran parte delle coperture dei principali versanti, dei fondovalle appiattiti di molti corsi d'acqua temporanei o abbandonati. Ammanta praticamente tutto il territorio. L'età del Supersintema di Venegono non è definibile in relazione ad un singolo evento deposizionale. I depositi di questa unità, che sono rimaneggiati lungo versante o in ambiente fluviale, coprono tutte le unità a partire dal Supersintema del Bozzente, quindi hanno come età massima quella dei corrispondenti eventi glaciali.

PLEISTOCENE MEDIO – SUPERIORE

SUPERSINTEMA DI BESNATE

Diamicton massivi a supporto di matrice: depositi glaciali. Ghiaie stratificate a supporto di clasti o a supporto di matrice: depositi fluvioglaciali. Profilo di alterazione poco evoluto su spessori di circa 4 metri, con mediamente il 50% dei clasti alterati. Morfologie conservate.

UNITÀ DI MINOPRIO (BMI): diamicton massivi a supporto di matrice, debolmente compatti; ghiaie massive a supporto clastico e localmente a supporto di matrice: till di ablazione. Diamicton massivi a supporto di matrice, sovraconsolidati, diamicton massivi a supporto clastico, sovraconsolidati, ghiaie massive a supporto di matrice addensate: till di alloggiamento. Limi massivi debolmente compatti con clasti mediamente millimetrici: till di colata. Limi argillosi laminati, sabbie fini limose e limi sabbiosi laminati, con clasti annegati pluricentimetrici: depositi glaciolacustri. Ghiaie massive a supporto di matrice sabbiosa debolmente limosa; ghiaie e ghiaie sabbiose massive a supporto clastico; diamicton massivi a supporto clastico con matrice interstiziale; sabbie fini limose con clasti centimetrici: depositi fluvioglaciali. Colore della matrice 10YR e 2.5Y. Profilo di alterazione 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 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 2.5 YR 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

SINTEMA DI BINAGO (BIN)

Diamicton massivi a supporto di matrice e clastico: depositi glaciali. Ghiaie massive o debolmente orientate a supporto di matrice: depositi fluvioglaciali. Colore della matrice 7.5YR e 10YR. Profilo di alterazione poco evoluto su spessori da 1 a 4 metri, con circa il 50% dei clasti alterato. Morene a morfologia poco conservata nel settore occidentale, meglio conservata nel settore orientale; ampie piane fluvioglaciali.

PLEISTOCENE MEDIO

SINTEMA DELLA SPECOLA (PEO)

Diamicton massivi a supporto di matrice: depositi glaciali. Ghiaie a supporto di matrice con clasti isorientati e locali intercalazioni sabbiose, ghiaie massive a supporto di matrice: depositi fluvioglaciali. Colore della matrice 5YR, 7.5YR e 10YR con screziature e venature di colore 2.5YR; abbondanti patine di Fe/Mn. Profilo di alterazione evoluto su spessori di 6-8 metri, con circa 80% dei clasti alterati. Blandi dossi allungati a morfologia relitta e piane fluvioglaciali erose nel settore occidentale; morfologie meglio conservate nel settore orientale

PLEISTOCENE MEDIO

SUPERSINTEMA DEL BOZZENTE

Ghiaie grossolane massive o con rozza stratificazione e intercalazione di orizzonti sabbiosi; localmente cementate: depositi fluviali e fluvioglaciali. Limi sabbiosi laminati: depositi glaciolacustri. Colore della matrice 5YR e 7.5YR nelle porzioni superiori, 10YR e 2.5Y scendendo nella successione. Presenza di patine e screziature di Fe/Mn. Profilo di alterazione molto evoluto che interessa tutto lo spessore dell'unità, con più del 90% dei clasti alterati. Costituisce aree rilevate (denominate Pianalti) a morfologia pianeggiante e blandamente ondulata.

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

PLEISTOCENE MEDIO

CEPPO DI CALPUNO (CNU)

Conglomerati grossolani a supporto di matrice, stratificati in banchi decimetrici: depositi fluviali. Predominanza di petrografie carbonatiche.

CALABRIANO

CEPPO DI PORTICHETTO (PHE)

Conglomerati medio grossolani a supporto di matrice, localmente a supporto clastico, in strati anche metrici e arenarie: depositi fluviali braided. Predominanza di petrografie carbonatiche.

PIACENZIANO- CALABRIANO

Per approfondimenti e per l'inquadramento geologico/strutturale dell'area che non è interessata da formazioni rocciose prequaternarie, si rimanda alla consultazione delle Note al foglio 96 SEREGNO, le quali illustrano la "storia geologica" del contesto più ampio rispetto ai limiti comunali:

 **ISPRA**
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA
Organo Cartografico dello Stato (legge n° 68 del 2-2-1960)

**NOTE ILLUSTRATIVE
della
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA
alla scala 1:50.000**

foglio 096
SEREGNO

A cura di:
A. Bini⁽¹⁾, D. Sciunnach⁽²⁾, R. Bersezio⁽¹⁾, G. Scardia⁽³⁾, F. Tomasi⁽³⁾

Con i contributi di:
**G.P. Beretta⁽¹⁾, G. Caielli⁽⁴⁾, C. Carcano⁽⁴⁾, R. De Franco⁽³⁾, R. Gelati⁽¹⁾,
S. Miletta⁽⁵⁾, I. Premoli Silva⁽¹⁾, S. Rogledi⁽⁶⁾, A. Rovida⁽⁶⁾, A. Strini⁽¹⁾,
M. Stucchi⁽⁶⁾, F. Tremolada⁽¹⁾, G. Vezzoli⁽⁷⁾**

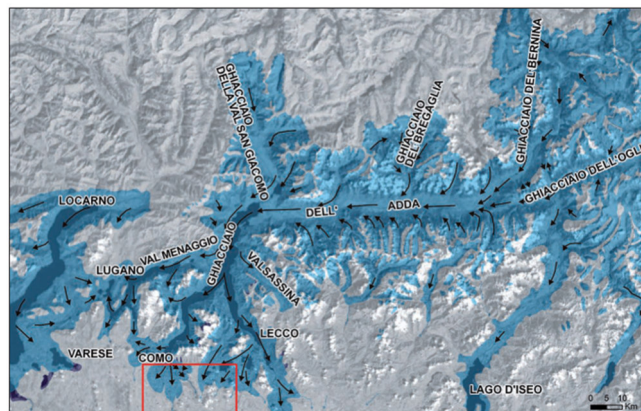
(1) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano
(2) Regione Lombardia
(3) CNR-IDPA - Milano
(4) ENI - Divisione AGIP
(5) Consulente di Regione Lombardia
(6) INGV - Istituto Nazionale di Geofisica
(7) Università di Milano-Bicocca

Ente realizzatore:

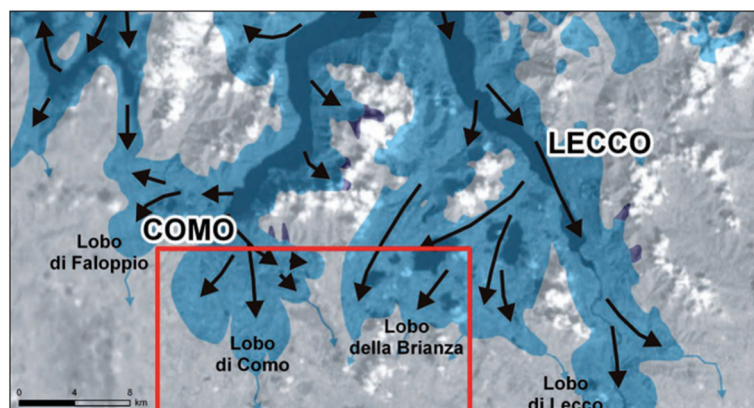


Di seguito si riportano alcuni estratti tratti dalle Note Illustrative del foglio 96, utili per l'inquadramento:

Il territorio della Brianza comprende gran parte dell'Anfiteatro morenico del Lario, edificato, durante le glaciazioni plioquaternarie, dal grande ghiacciaio dell'Adda. Durante l'ultima glaciazione non esisteva sulle Alpi un'unica calotta glaciale ma grandi ghiacciai vallivi (bini et alii in stampa); uno di questi era il ghiacciaio dell'Adda proveniente dall'alta Valtellina e formato dalla coalescenza di più ghiacciai, i principali dei quali erano il ghiacciaio del Bernina proveniente dalla Valle di Poschiavo, il ghiacciaio dell'Oglio proveniente dall'Aprica, il ghiacciaio Bregaglia proveniente dalla Val Bregaglia ed Engadina e il ghiacciaio della Val San Giacomo.



Questo grande ghiacciaio scendeva lungo la valle del Lago di Como e nella zona di centro lago si divideva in più lingue; una lingua percorreva la Valsassina, una lingua percorreva la Val Menaggio verso il Lago di Lugano, dove entrava in coalescenza con il ghiacciaio del Ticino, una lingua percorreva il ramo di Como del lago e una il ramo di Lecco. Queste ultime due lingue formavano, in area pedemontana, un grande anfiteatro che durante alcune glaciazioni antiche (Glaciazione Bozzente) era unico, mentre durante le glaciazioni più recenti era diviso a formare quattro lobi, denominati da W verso E Lobo del Faloppio, Lobo di Como, Lobo della Brianza e Lobo di Lecco.



Dalle morene terminali dei lobi dell'anfiteatro si dipartono grandi piane fluvioglaciali che contraddistinguono la parte meridionale dell'area studiata.

.....

Il Lobo della Brianza è stato formato dalla lingua glaciale proveniente dal ramo di Lecco del Lario che trasfluiva in territorio brianteo attraverso la sella di Valmadrera (220 m s.l.m.), da Pianrancio (970 m s.l.m.), dal Ghisallo (800 m s.l.m.), dai Piani di Crezzo (800 m s.l.m.) e dalla Valbrona (500 m s.l.m.) scendendo lungo la Valle del Lambro. Le differenze di quota delle transfluenze facevano sì che il ghiacciaio che scendeva dalla Valle del Lambro fosse di dimensioni minori (ghiacciaio sottoalimentato) rispetto a quello che scendeva dalla Valmadrera. Il Lobo della Brianza è formato, soprattutto nella parte sud-orientale (Morena di Monticello), da grandi morene disposte a semicerchio, tagliate da una serie di scaricatori glaciali: tra Beldosso e Besana Brianza, Valle del Lambro e Valle di Fabbrica Durini. Il settore di NE del Lobo della Brianza è caratterizzato da pochi archi morenici ma da estese piane lacustri marginoglaciali e proglaciali drenate dai vari torrenti Bevera. I depositi lacustri presenti tra Briosco e Inverigo sono causa di frane di scivolamento e sono stati oggetto in passato di attività estrattiva nell'industria dei laterizi. Gli scaricatori presenti tra Beldosso e Fabbrica Durini, attivi durante la fase Besnate-Cadorago, formano valli a fondo subpianeggiante, con versanti ripidi ma brevi e ampie non più di 200 metri che tagliano verso S le morene più antiche. Il Lambro, che ha origine nel Triangolo Lariano presso Pianrancio (Foglio 075-Como), forma tra gli abitati di Erba e Merone un ampio delta-conoide; questo si è formato al ritiro del ghiacciaio Cantù quando i laghi di Alserio e Pusiano erano uniti, molto più vasti e profondi degli attuali. Il Lambro si apre la strada tra vari cordoni morenici, piane lacustri e dossi in substrato, attraversando tutto il Lobo della Brianza. Tra Inverigo e Sovico la Valle del Lambro si presenta profondamente scavata, incidendo i conglomerati del ceppo di Inverigo e il sub-strato roccioso; presso Agliate il canyon del Lambro ha una profondità di circa 50 metri e una ampiezza di 150-200 metri. Nel tratto a canyon la Valle del Lambro riceve da NE diversi affluenti che costituivano gli scaricatori glaciali attivi durante le glaciazioni Besnate e Binago; questi incidono profondamente le unità più antiche del Lobo della Brianza (sintema della Specola, supersintema del Bozzente), raccordandosi poi con il fondovalle del Lambro. Al margine SE del Foglio 096-Seregno la Valle del Lambro si allarga ed è occupata da una serie di terrazzi fluvioglaciali. La valle di Fabbrica Durini, affluente della Val Sorda, drenava un sistema di laghi marginoglaciali, presenti nei pressi di Anzano del Parco, formati nelle fasi di ritiro dei ghiacciai. Tutti gli scaricatori glaciali che attraversano in senso N-S il Foglio 096-Seregno presentano un tratto del loro percorso profondamente inciso che corrisponde ad una fascia che tra Bulgarograsso e Brenna ha andamento E-W e da Brenna a Sovico ha andamento NW-SE. Lungo questa fascia affiorano le unità conglomeratiche (ceppi) che rappresentano le unità continentali più antiche del territorio; poiché i ceppi si trovano a quote superiori rispetto alle aree circostanti, costituendo una monoclinale immersa verso S, indicano che la fascia settentrionale dell'area del Foglio ha subito un sollevamento verso N dovuto ad

attività tettonica recente o al sollevamento isostatico della catena alpina. In località Portichetto il ceppo di Portichetto, unità più bassa della successione, a contatto con il substrato, forma una collina rilevata rispetto alle unità più recenti, indice pertanto di sollevamento. Le aree poste all'esterno delle morene morfologicamente più evidenti dei lobi di Como e della Brianza sono costituite da depositi dalle glaciazioni più antiche riconosciute nel territorio (sintema della Specola, supersintema del Bozzente). Queste aree sono caratterizzate da litotipi particolarmente alterati con aumento nel contenuto di argilla e da potenti coperture loessiche. La marcata alterazione e le coperture loessiche hanno provocato uno "sgonfiamento" e addolcimento delle originali morfologie a creste moreniche, dando origine a ripiani suborizzontali o debolmente inclinati, rilevati rispetto alle piane circostanti, che in Lombardia prendono il nome di Pianalti (Pianalto delle Groane, Pianalto di Meda, Pianalto di Brenna). I pianalti sono attualmente ridotti a lembi isolati a causa dei processi erosivi apportati dagli scaricatori glaciali in epoche successive. La superficie dei pianalti era ricoperta da una spessa copertura loessica che per l'intensa attività estrattiva, che ha interessato in passato l'alto milanese nella produzione di mattoni, è stata quasi completamente asportata e ridotta a spessori di 2-3 metri. Nel pianalto ubicato ad W del Ticino in Piemonte, lontano dalle grandi città dove la richiesta di mattoni era maggiore, la copertura loessica raggiunge i 20 metri di spessore. L'idrografia dei pianalti è caratterizzata da corsi d'acqua ad andamento parallelo che nella maggior parte dei casi è legata alla paleoidrografia che si è sviluppata negli spazi tra le morene e lungo gli antichi scaricatori glaciali (Zuccoli, 1997).

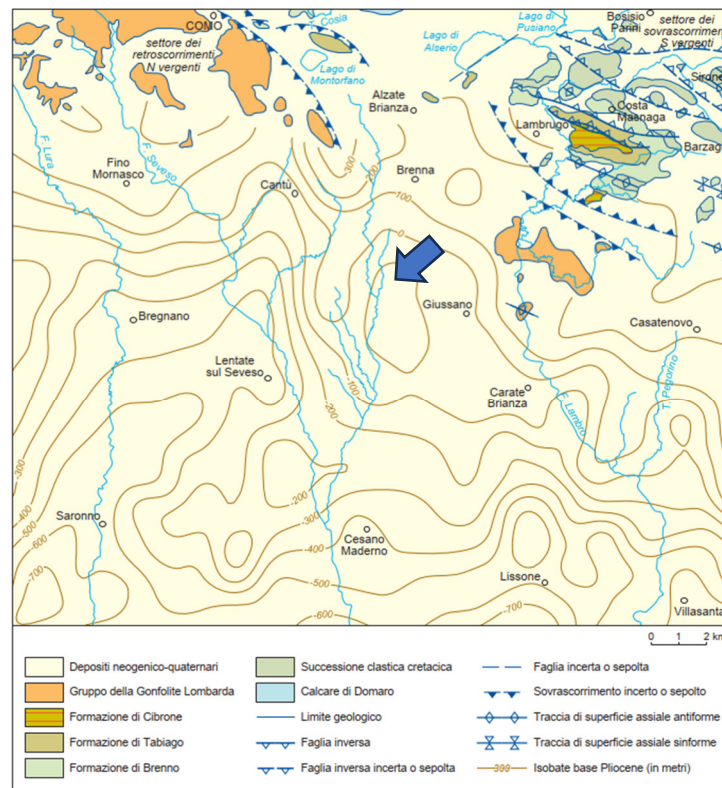
.....

TETTONICA REGIONALE

L'assetto strutturale dell'area compresa nel Foglio 096-Seregno è il prodotto del raccorciamento avvenuto in questo settore delle Alpi Meridionali durante la fase compressiva nealpina (sensu trümPy, 1973). La deformazione che ne è derivata, guidata da vettori di massima compressione σ_1 a direzione $20/30^\circ\text{N}$ e successivamente 340°N (Castellarin et alii, 1992) si è esplicata nel campo fragile tra l'Oligocene ed il Messiniano, determinando un sistema di piegamenti, faglie prevalentemente inverse e sovrascorrimenti. Le estese coperture quaternarie hanno ridotto gli affioramenti del substrato a lembi generalmente limitati, impedendo l'osservazione diretta di strutture a scala del Foglio, e limitando l'osservazione delle mesostrutture ai pochi affioramenti disponibili. Pertanto i lineamenti riportati nel Foglio 096-Seregno sono stati interpretati attraverso l'analisi del campo di giaciture di S_0 , del clivaggio S_1 (laddove osservato) e della distribuzione spaziale delle unità stratigrafiche cartografate. Tale analisi è stata inoltre supportata dall'interpretazione dei profili sismici ENI, che ha permesso di inquadrare regionalmente i diversi stili tettonici presenti nel Foglio.

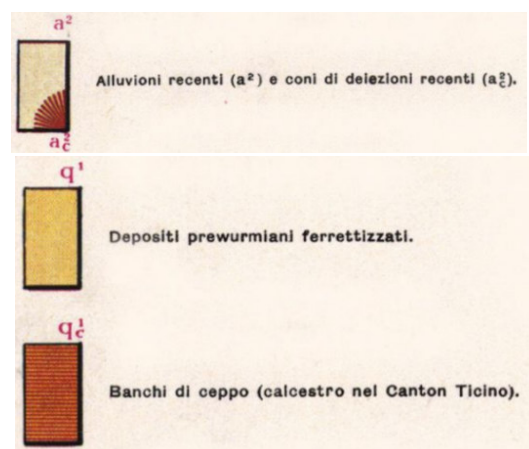
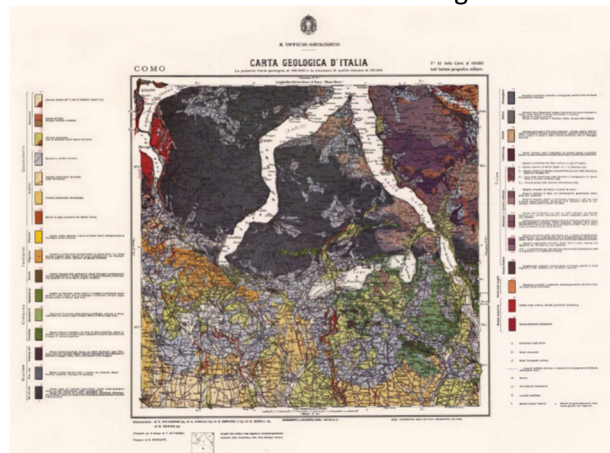
Sulla base di queste premesse è possibile suddividere il Foglio in due settori tettonici caratterizzati da un'opposta vergenza delle strutture principali. Il "Settore dei sovrascorrimenti S-vergenti" occupa il

quadrante nord-orientale del Foglio e, sulla base del campo di giaciture SO misurate, può essere suddiviso in 4 porzioni:



Il secondo settore tettonico ("Settore dei retroscorrimenti N-vergenti"), osservabile nel quadrante nord-occidentale del Foglio e strutturalmente collocato a W del precedente, è caratterizzato principalmente dal retroscorrimento del M. Olimpino, che interessa le unità Oligo-Mioceniche della Gonfolite Lombarda (Bernoulli et alii, 1989; Gelati et alii, 1991; Bersezio et alii, 1993).

A titolo di supporto bibliografico, di seguito si riporta l'estratto della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Foglio Como) con la suddivisione del territorio realizzata in base ai vecchi criteri stratigrafici.



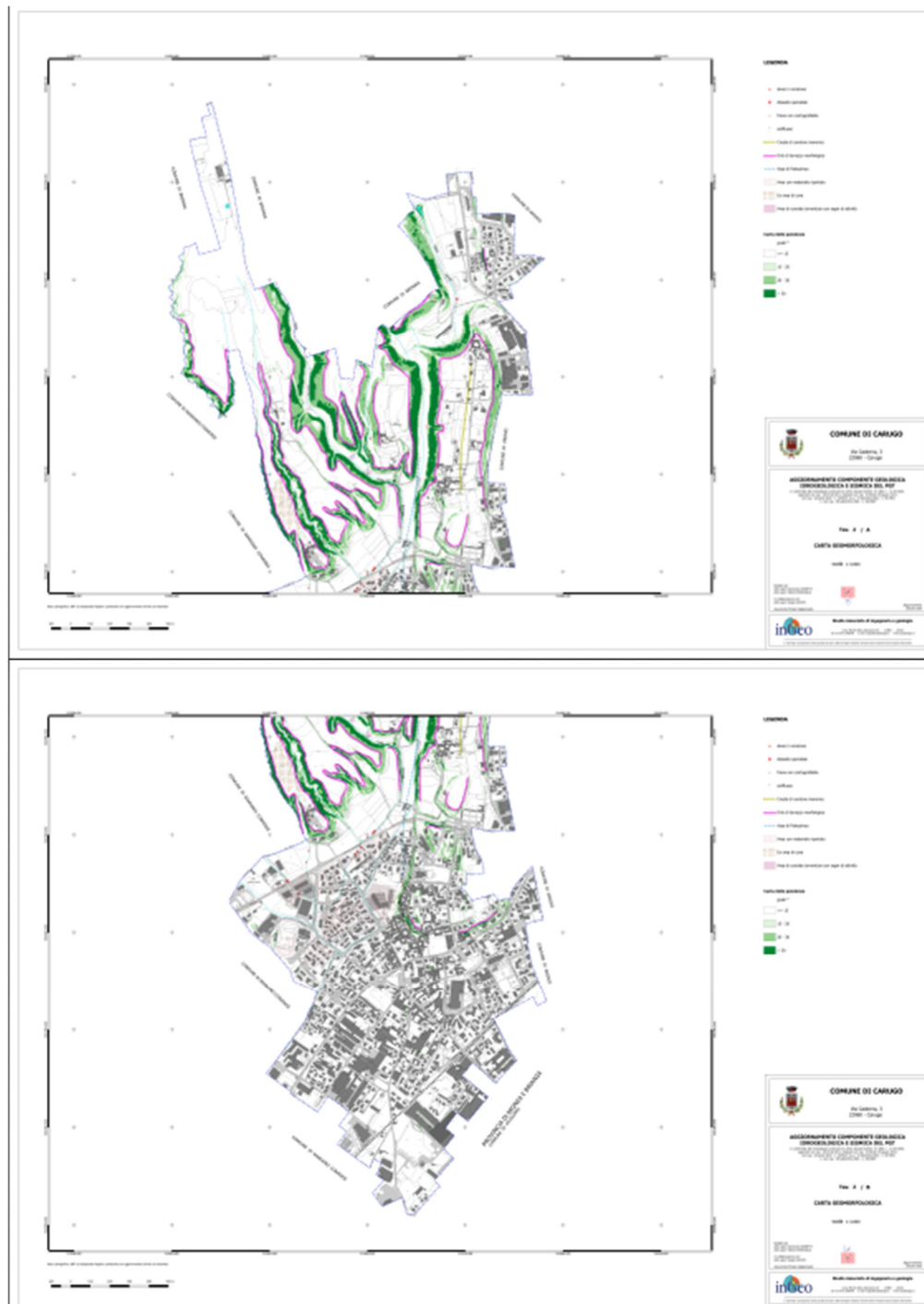
Aspetti pedologici

La valutazione dei caratteri fondamentali dei suoli riguarda mediamente il primo metro di terreno presenti nell'area di indagine ed è utile ai fini pianificatori per valutare l'opportunità di eventuali espansioni urbane in aree agricole, nella scelta di concessioni o di permessi per l'eventuale spandimento di fanghi di depurazione o liquami zootecnici, nonché per una valutazione preliminare del grado di protezione della falda acquifera. Per questo aspetto si rimanda alla pubblicazione *"I suoli della Brianza comasca e lecchese"* (cartografia 1:50.000 - ERSAL – 1999).

Altre notizie a riguardo si possono ricavare nella relazione geologica allegata al PGT di Carugo rev. 2004

2.1.4 Inquadramento geomorfologico (Tav. 2)

La Carta Geomorfologica è stata aggiornata tenendo conto del modello 3d del terreno generato dal LIDAR 1mx1m fornito dal Ministero dell'ambiente. I dati sono stati aggiornati anche sulla base di nuovi rilievi in situ e tenendo conto dei dati bibliografici precedenti:



Ai fini della caratterizzazione della vocazione all'urbanizzazione di un territorio, riveste particolare importanza la definizione dei fenomeni di evoluzione naturale delle forme del paesaggio fisico, legate al progressivo disfacimento degli elementi morfologicamente rilevati e della rielaborazione di questi da parte dell'azione degli agenti morfodinamici principali.

La configurazione del paesaggio in esame è la sintesi dell'attività modellatrice di successivi eventi di deposizione glaciale s.l. e dell'azione erosiva che su questi depositi è stata svolta dai corsi d'acqua e dall'erosione superficiale, oltre che dalla gravità.

Il territorio in oggetto, che occupa una porzione in sinistra idrografica nel bacino del F. Seveso, è contraddistinto da un pianalto collinare nord occidentale che si raccorda, con una scarpata alta circa 30 m, al sottostante settore sud orientale pianeggiante ed urbanizzato.

Il pianalto ondulato degradante verso sud e sudest, è costituito da depositi fluvioglaciali antichi alterati, inciso da vallecole subparallele con andamento NNe-SSw che si innestano quasi perpendicolarmente nella valle della Roggia Vecchia che costituisce l'asse drenante principale della zona e l'ultimo prima del bacino del F. Lambro che scorre circa 2.5 km ad Est in direzione Sud. Le dimensioni ed i caratteri morfometrici delle valli principali (Valle di Brenna, Valsorda, valle della Roggia Borromea) evidenziano che in un recente passato i corsi d'acqua che le hanno generate dovevano essere ben più "importanti" di ora.

E' evidente l'asimmetria dell'asse drenante della Roggia Vecchia, determinata dall'assenza di rilievi ed affluenti in sinistra idrografica, se si eccettua il corso, artificiale, della Roggia Borromea che si origina dal fontanile (Testa del Nan) al termine meridionale della Valsorda.

Sono inoltre presenti forme legate all'uso antropico del territorio con particolare riferimento al terrazzamento realizzato a scopo agricolo su tratti di alcuni versanti, ed ancora oggi osservabile negli ambiti collinari non edificati o non ricoperti da boscaglia. A questi si aggiungono alcuni interventi di regimazione delle acque superficiali ed alcune superfici formate da sbancamenti o materiali di riporto, legate allo sviluppo urbano e industriale dell'ultimo secolo.

Nel territorio comunale, caratterizzato dalle coperture "loessiche" (depositi di origine eolica) e glaciali s.l. ferrettizzate, i tratti di versante maggiormente acclivi sono interessati da dinamiche morfologiche attive. In tali ambiti i suoli limoso-argillosi sono localmente soggetti a fenomeni di soliflusso; la stabilità dei depositi più profondi può raggiungere condizioni limite in corrispondenza di scarpate subverticali o di completa saturazione e/o risorgenze temporanee che si possono instaurare tra lenti a diversa permeabilità contenute nei depositi fluvioglaciali antichi.

In corrispondenza dei tratti più acclivi, piccoli dissesti possono originarsi a seguito del crollo/ribaltamento di alberi (robinie e carpini) causati da vento o neve; nell'interruzione di continuità del suolo può concentrarsi il deflusso superficiale che avvia l'erosione e facilita la saturazione della coltre sottostante.

Risulta comunque prevalente l'attività erosiva direttamente esercitata dalle acque concentrate negli impluvi; infatti tutti i torrenti, sia perenni sia a regime temporaneo, e i piccoli rii, che incidono profondamente le coperture sciolte presenti sui versanti, sono caratterizzati da alvei o solchi in approfondimento e da scarpate di sponda fortemente acclivi con evidenti fenomeni di erosione all'esterno delle anse nell'andamento degli alvei; solo sporadicamente dissesti conseguenti a fenomeni di erosione al piede coinvolgono significativamente anche il versante.

Nelle porzioni altimetricamente più elevate degli impluvi secondari dove prevalgono terreni limoso-argillosi rossi, la forma dei solchi d'erosione è a V profonda, mentre a quote medio inferiori, o lungo il collettore principale, l'alveo attuale ha generalmente sezione rettangolare e incide spesso depositi alluvionali postglaciali (antichi e recenti) arricchiti nelle frazioni più grossolane (ciottoli e ghiaie sabbiose).

La sintesi degli elementi rappresentati ai fini dell'analisi geomorfologica del territorio comunale di Carugo, nella Carta Geomorfologica (Tav.2) in allegato, può essere descritta secondo lo schema di legenda che qui di seguito riportiamo, nella suddivisione di forme del territorio derivate, e dei relativi meccanismi genetici. Altre forme o processi rilevabili sul terreno sono diffusi o di dimensioni non cartografabili o non hanno interesse applicativo.

Sulla carta geomorfologica vengono rappresentate, oltre alla inclinazione dei versanti ricavata dal DTM ottenuto dall'elaborazione del LIDAR 1x1m, le tracce lasciate dai processi che hanno agito sul territorio, ad eccezione di alcune già evidenziate dalla base topografica. Si tratta di processi legati all'azione delle acque, della gravità e dell'uomo, alcuni dei quali agiscono estesamente sui versanti e, quindi, non possono essere fedelmente riportati alla scala della rappresentazione cartografica.

La valutazione di tali processi consente di chiarire il quadro degli eventuali dissesti presenti sul territorio e di definirne l'evoluzione potenziale.

Forme processi e depositi legati alla gravità

Forme conseguenti a modifiche dei versanti originatesi in seguito all'azione prevalente della gravità e subordinatamente a seguito dell'azione delle acque superficiali.

Area interessata da soliflusso

Indica un lento movimento verso il basso del suolo e del primo sottosuolo; rappresenta il risultato di un insieme di movimenti parziali degli elementi che costituiscono la copertura sciolta ad opera della gravità, dell'azione delle acque circolanti e subordinatamente all'azione del gelo e disgelo. Tale processo si sviluppa arealmente interessando in particolare i tratti più acclivi dei versanti; è evidenziato dall'inclinazione verso valle dei tronchi degli alberi nelle zone boscate e da piccoli scivolamenti della coltre superficiale.

Dissesto o nicchia di frana non cartografabile

Indica la presenza di scarpate, per lo più nei depositi fluvioglaciali antichi, soggette all'azione prevalente della gravità e subordinatamente delle acque superficiali, lungo le quali si registrano piccoli distacchi/smottamenti localizzati di materiale talvolta coalescenti. Data l'estensione ridotta, le zone soggette a questi dissesti sono indicate con simbolo apposito.

Forme processi legati alla dinamica delle acque superficiali

Orlo di scarpata/terrazzo morfologico

Indicano gli orli delle scarpate che delimitano le valli principali incise nei depositi fluvioglaciali e glaciali antichi. Sono forme stabilizzate o quiescenti rispetto all'agente originario, solo localmente riattivabili per processi di origine gravitativa.

Dissesto spondale

Indica l'ubicazione di fenomeni di dissesto a carico delle sponde

Alveo in erosione

Indica i punti con alveo in approfondimento ed evidenze di erosione del fondo

Solco in erosione

Indica solchi incisi dal ruscellamento lungo i versanti o sul pianalto

Conoide torrentizio

Forma a ventaglio riconducibile all'accumulo di materiale da parte dei torrenti allo sbocco nella valle principale. Sono generalmente forme attive o quiescenti.

Forme e depositi antropici

Riporti antropici

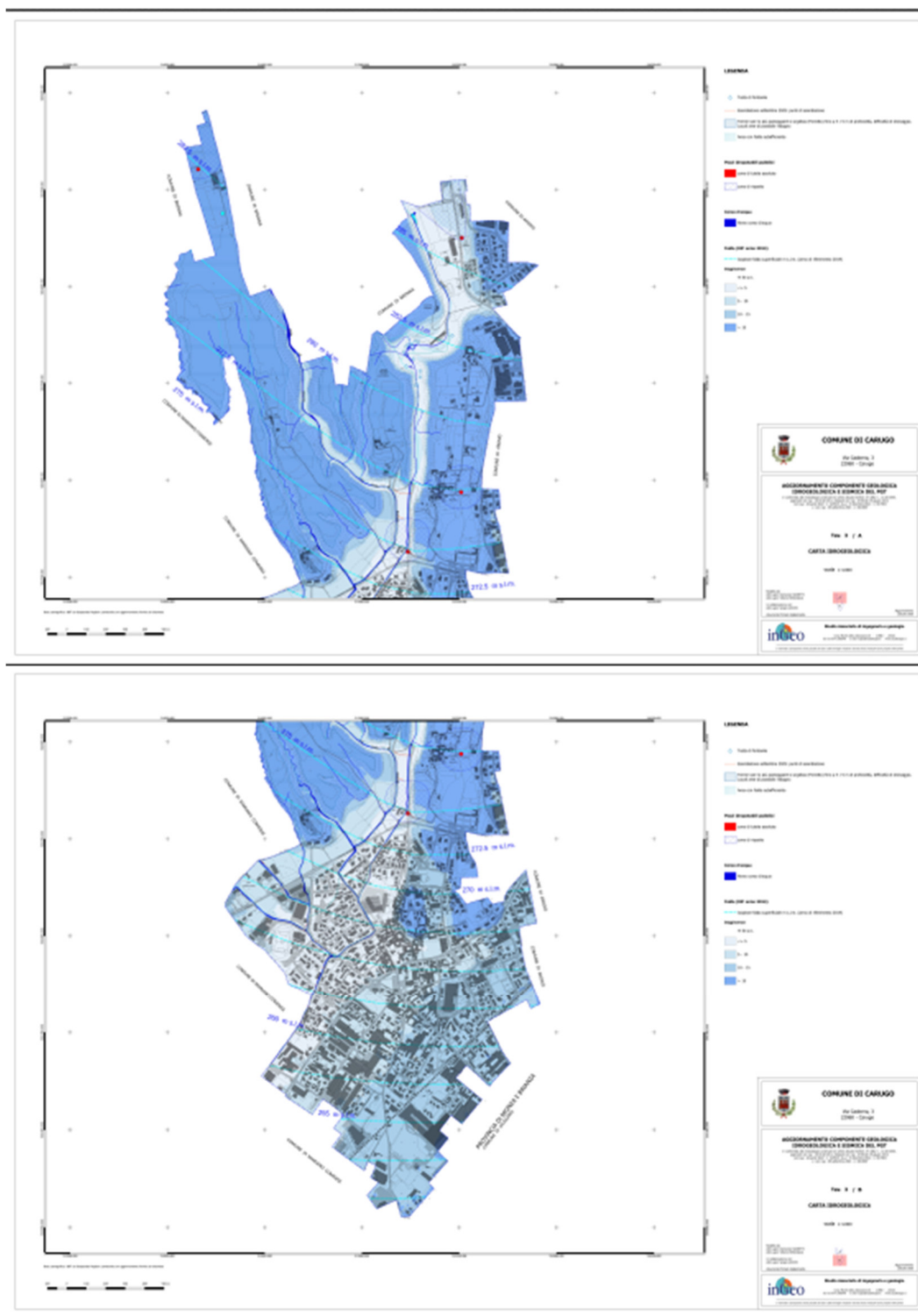
Se di dimensione cartografabile sono raffigurate con apposita campitura le aree caratterizzate dai riporti antropici più recenti o evidenti.

Ex area di cava

E' individuato l'ambito soggetto a pregressa attività estrattiva presso C.na Gattedo che presenta centralmente fronti di scavo e/o salti morfologici residui. Tali scarpate (h max 4 m) sono localmente sede di erosione attiva con tendenza a progressiva regressione. Il vecchio piano di lavoro pianeggiante è caratterizzato da difficoltà di drenaggio e conseguenti impaludamenti localizzati. Il materiale argilloso cavato (Ferretto) era utilizzato per la produzione di laterizi.

2.1.5 Inquadramento idrogeologico (Tav. 3)

La carta idrogeologica tiene conto dell'aggiornamento delle fasce di rispetto dei pozzi idropotabili captati, e ricostruisce la soggiacenza del primo acquifero in base ai valori delle isopieze aggiornate al 2014:



Idrografia superficiale

L'acqua, oltre ad essere risorsa essenziale per la vita e le differenti attività antropiche che si svolgono sul territorio, è uno dei maggiori agenti morfogenetici e riveste quindi una grande importanza in rapporto alla pianificazione territoriale.

Nel presente capitolo si riportano i principali aspetti dell'idrografia superficiale risultanti dall'apposito studio elaborato a suo tempo secondo quanto previsto per l'individuazione del reticolo idrico minore

Caratteristiche dell'idrografia superficiale e morfometria dei principali bacini idrici individuati

Per quel che concerne il deflusso delle acque superficiali, l'ambito comunale di Carugo è caratterizzato da un reticolo idrografico che risente dell'articolazione della topografia che ha comportato lo sviluppo asimmetrico del reticolo idrografico con affluenti solo lungo la sponda destra della Roggia Vecchia (o di Brenna) che costituisce l'asse drenante principale del territorio e si origina a nord nella piana di Montorfano-Orsenigo. Si tratta di impluvi subparalleli con decorso da NNW verso SSE, i cui torrenti a regime temporaneo sfociano nella Roggia Vecchia, che a sua volta, scorrendo da N verso S, dopo la confluenza con il T. Terrò tra Mariano C.se e Cabiato forma il T. Certesa, tributario di sinistra del F. Seveso nel quale confluisce all'altezza del comune di Cesano Maderno (MI).

Per i problemi idrologici del bacino della Roggia Vecchia si segnalano due studi idraulici appositamente svolti e consultabili presso l'U.T.C.: il primo a firma dell'Ing. Cappelletti di Cantù riguarda la proposta di sistemazione del tratto urbano della Roggia compreso tra la fine dell'arginatura di v. Veneto a Carugo e la confluenza con il T. Terrò nel comune di Mariano Cse; il secondo, commissionato dalla Regione Lombardia allo studio TEI SpA di Milano, riguarda la progettazione preliminare, definitiva, ed esecutiva di sistemazione idraulica dei T. Terrò / T. Certesa ed affluenti (1998).

Come rappresentato nella figura della pagina seguente, il territorio del comune di Carugo interseca o comprende 7 bacini i cui afflussi sono recapitati direttamente nel corso principale della Roggia Vecchia prima che questa esca dal comune.

Da nord in senso antiorario:

Bacino 1: Valsorda - Roggia Borromea

Bacino 2: Valle di Brenna - Roggia Vecchia

Bacino 3: Valle Capriolo

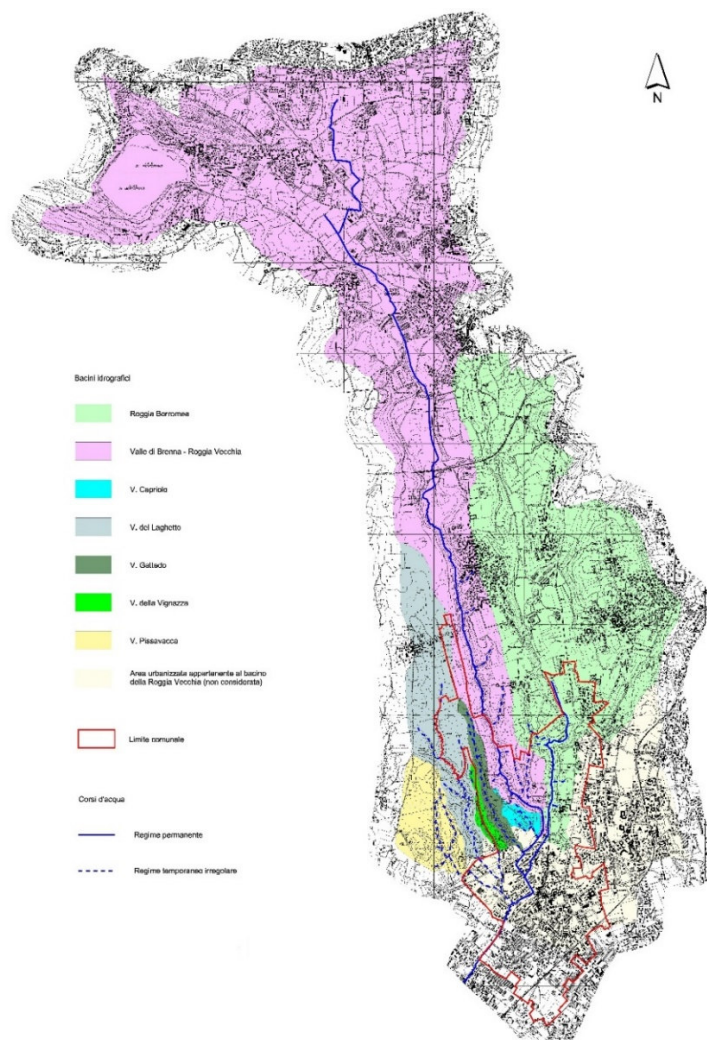
Bacino 4: Valle di Gattedo

Bacino 5: Valle della Vignazza

Bacino 6: Valle del Laghetto

Bacino 7: Valle Pissavacca

Solo i bacini 3-4 sono interamente compresi all'interno del comune, gli altri si sviluppano sul territorio comunale solo per la sponda sinistra (5) o solo lungo il tratto terminale (6-7). Ad eccezione della Roggia Borromea che ha regime perenne, gli altri corsi d'acqua hanno regime discontinuo e temporaneo, tipicamente torrentizio e strettamente legato alle precipitazioni.



I bacini idrografici sono stati delimitati su base topografica 1:2.000 (sul territorio comunale) e sulla C.T.R. 1:10.000 per le porzioni fuori confine.

L'analisi morfologica dei bacini imbriferi individuati viene effettuata in base alla gerarchizzazione del reticolo afferente ciascuna asta principale con un numero crescente in funzione dei rami di ordine inferiore che vi confluiscono.

Si ricava che fino allo sbocco nella piana i torrenti sono tutti di II ordine, solo nel tratto terminale il T. V. del Laghetto (dopo l'immissione del T. V. Pissavacca) e la Roggia Vecchia (a valle dell'immissione del T. V. Capriolo) si possono considerare di III ordine; dopo la confluenza del T. V. del Laghetto il corso della Roggia vecchia si può quindi considerare del IV ordine.

A seguito della gerarchizzazione (per i valori riportati nella tabella del paragrafo seguente la sezione di chiusura è considerata allo sbocco dei torrenti nella piana) si può ricavare:

- Rapporto di biforcazione $Rb = N_u / N_{u+1}$
- Rapporto di biforcazione diretto $Rbd = N_{ud} / N_{u+1}$
- Indice di biforcazione $Ib = Rb - Rbd$

dove N_u = somma del numero totale di segmenti di ordine u

N_{ud} = somma del numero di segmenti di ordine u che confluiscono direttamente in quelli di ordine $u+1$

N_{u+1} = somma del numero totale di segmenti di ordine $u+1$

Unitamente alla determinazione delle superfici dei bacini, dei loro perimetri, della pendenza media, della lunghezza massima dell'asta principale si definiscono i seguenti altri parametri:

- coefficiente di uniformità $K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi} * A}$
- rapporto di circolarità $K_r = \frac{A}{0.0796 * P^2}$
- densità di drenaggio $Dr = \frac{\sum l}{A}$
- frequenza di drenaggio $Fr = \frac{N}{A}$

dove P = perimetro del bacino

A = area del bacino

$\sum l$ = somma delle lunghezze di tutti i rami dei vari ordini del reticolo idrografico

N = numero dei segmenti idrografici presenti nel bacino

Il rapporto di biforcazione Rb fornisce indicazioni sulla struttura del reticolo idrografico del bacino: in generale maggiore è il valore di Rb , generalmente compreso tra 3 e 5, minore è il grado di gerarchizzazione del bacino; valori superiori a 5 testimoniano generalmente un controllo tettonico sullo sviluppo del reticolo. Per uno stesso bacino, valori differenti di Rb e Rbd stanno ad indicare la presenza di confluenze anomale, cioè confluenze di segmenti di ordine u in segmenti di ordine $u+1$ o superiore. L'indice di biforcazione Ib normalmente assume valori compresi tra 0.2 e 4 e valori anomali possono essere imputabili ad un forte controllo del reticolo da parte di fattori litologici e strutturali; valori prossimi a 0 sono tipici di bacini in fase evolutiva matura o senile mentre valori elevati sono tipici di bacini in fase giovanile. Sia il coefficiente di uniformità Kc che il rapporto di circolarità Kr forniscono una indicazione di quanto il bacino si discosta dalla forma circolare; valori lontani dall'unità sono tipici di bacini di forma allungata. Un bacino raccolto, a parità di altri fattori, avrà tempi di corrivazione minori e piene improvvise e marcate con un idrogramma caratterizzato da una forma stretta ed appuntita.

Stima della portata di massima piena dei bacini

Al termine del paragrafo, per ciascuno dei bacini idrografici, vengono riassunte le principali caratteristiche morfometriche e formulata la stima delle portate di massima piena attendibili con tempo di ritorno pari a 100 anni calcolata in corrispondenza delle sezioni di chiusura considerate allo sbocco nella piana poiché si ritiene trascurabile l'eventuale aumento di portata ad essa attribuibile a monte dei sottopassi stradali della s.s. Novedratese (zone pianeggianti a prato poco o per nulla impermeabilizzate, argini dei corsi d'acqua rilevati rispetto al p.c.).

In mancanza di un'analisi statistica diretta della frequenza dei valori di piena registrati nel corso degli anni lungo i corsi d'acqua in questione, per la stima delle portate di piena si ricorre necessariamente a metodi indiretti.

Metodi analitici

Questi metodi si basano sul bilancio idrologico, oltre a tenere in considerazione la morfologia del bacino.

Le relazioni si basano sulla stima del *tempo di corrivazione* (T_c) del bacino.

Per tempo di corrivazione s'intende il tempo necessario affinché le acque di pioggia raggiungano la sezione di chiusura del bacino rispetto alla quale viene eseguito il calcolo della portata di massima piena, partendo dai punti più lontani del bacino stesso. Questo parametro è caratteristico per ogni bacino, in quanto funzione della morfologia, della pendenza, delle litologie affioranti e della copertura vegetale.

Un'indicazione dell'ordine di grandezza di T_c può essere ottenuta in relazione alla lunghezza totale dell'asta principale e alla geometria del bacino sotteso, mediante semplici calcoli.

Calcolato il valore di T_c è possibile passare alla valutazione delle portate di massima piena al colmo. Il primo dato che occorre ricavare è l'altezza attesa della pioggia (h), corrispondente ad una durata della precipitazione intensa pari al tempo di corrivazione, calcolata per un tempo di ritorno fissato (generalmente in 100 anni).

Il T_c è calcolato secondo la nota relazione di **Giandotti**

$$T_c = \frac{4 * \sqrt{A} + 1.5 * L}{0.8 * \sqrt{\Delta H}}$$

dove:

L = lunghezza asta principale del torrente

ΔH = altezza massima del bacino meno quella di misura

Per il calcolo della portata di massima piena è stata utilizzata la relazione nota come **Metodo Razionale**:

$$Q_{\max} = \frac{C * h_c * A}{3.6 * T_c}$$

dove:

C = coefficiente di deflusso

h_c = pioggia critica

A = area del bacino

T_c = tempo di corrivazione

Questo metodo è stato calibrato su piccoli bacini, ed è quindi utile per valutazioni eseguite nel contesto in esame.

Nel lavoro sul Roggia Vecchia redatto dallo studio TEI (1998), la portata massima stimata con il metodo cinematico afflussi-deflussi è risultata pari a 31.8 m³/s in corrispondenza di loc. S. Ambrogio (sbocco valle di Brenna) e di 51.89 m³/s al confine con Mariano Comense considerando anche l'apporto dello scolmatore di via Veneto (11.7 m³/s). Tali valori sono ottenuti considerando come dati di partenza le curve di possibilità pluviometrica calcolate per $T_r = 100$ anni, dalle precipitazioni registrate nella stazione di Carate B.za (1951-1985) e corrette mediante ragguaglio alla superficie del bacino.

Nel precedente studio (1991) per la regimentazione delle acque pluviali della Roggia Vecchia a firma dell'ing. A. Cappelletti e dell'ing. M. Pellegatta la portata massima stimata con il metodo cinematico afflussi-deflussi (con correzione CN per le perdite idrologiche) è risultata pari a 31 m³/s in corrispondenza del ponte di v. Veneto e di 42.7 m³/s al confine con Mariano Comense considerando anche l'apporto dello scolmatore di via Veneto (11.7 m³/s). Tali valori sono ottenuti considerando come dati di partenza le curve di possibilità pluviometrica calcolate dalle precipitazioni registrate nella stazione di Como (1940-1972) e corrette mediante ragguaglio alla superficie del bacino con le formule di Colombo.

Nello studio del reticolo minore i principali parametri morfometrici di ciascun bacino e il risultato dei calcoli della portata di massima piena attendibili per tempi di ritorno di 100 anni, sono sintetizzati nelle tabelle seguenti in cui i coefficienti di deflusso scelti tengono conto della variabilità delle condizioni dei bacini (aree boscate o urbanizzate, permeabilità dei suoli, ecc.) mentre i valori di pioggia sono derivati dall'elaborazione dei dati PAI di cui sopra:

Morfometria e portate di piena (Tr 100 anni) dei torrenti che attraversano il territorio di Carugo (Co)

Bacino sezione di chiusura	R. Borromea ss Novedratese*	R. Vecchia c.na Rinascente	V. Capriolo sbocco R. Vecchia	V. Gattedo sbocco R. Vecchia	V. Vignazza tomb. v. S. Martino	V. Laghetto tomb. v. S. Martino	V. Pissavacca curva v. S. Martino	
Area (km ²)	6.51	12.93	0.096	0.232	0.104	1.45	0.670	
Perimetro (km)	15.02	28.17	1.84	3.97	2.26	7.81	3.61	
Q _{max} (m.slm)	370	500	325	340	328	365	332	
Q _{med} (m.slm)	276	276	276	275	280	276	276	
Q _{media} (m.slm)	323	388	300.5	307.5	304	320.5	304	
ΔH _{media} (m)	47	112	24.5	32.5	24	44.5	28	
L _{media} (km)	5.66	11.50	0.75	1.90	1.00	3.10	1.55	
L _{max} aste (km)	2.74	12.74	0.81	2.08	0.95	3.91	2.15	
Pendenza media (%)	1.66	1.95	6.53	3.42	4.80	2.87	3.61	
Ordine	2°	2°	2°	2°	1°	2°	2°	
Affl. 1° ordine	5	11	2	3	0	4	4	
N _{max} aste	6	12	3	4	1	5	5	
Rapporto di biforcazione	5	11	2	3	-	4	4	
Rapporto biforc. diretto	3	9	0	1	-	2	2	
Indice di biforcazione	1.7	1.2	-	3	-	2	2	
Frequenza di drenaggio	0.92	0.93	31.25	17.24	9.62	3.45	7.46	
Densità di drenaggio	0.42	0.99	8.39	8.96	9.12	2.70	3.21	
Coeff. di uniformità	1.66	2.21	1.68	2.33	1.98	1.83	1.24	
Coefficiente di forma	1.97	2.85	2.15	3.51	2.76	2.29	1.69	
Rapporto di circolarità	0.36	0.20	0.36	0.18	0.26	0.30	0.65	
Regime	perenne	perenne	temporaneo irregolare	temporaneo irregolare	temporaneo irregolare	temporaneo irregolare	temporaneo irregolare	
I _{max} Grandi (h)	3.41	3.74	0.60	1.05	0.71	1.77	1.32	Q _{tot} in uscita dal comune
Pioggia critica T100 (mm)	109.5	112.4	66.7	78.2	70.1	90.9	83.6	m3/s
Coeff. deflusso (met. raz.)	0.20	0.30	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Coeff. (Iskovski)	0.18	0.20	0.40	0.40	0.40	0.30	0.30	
Portata m3/s (met. raz.)	3.0* (11.6)	32.42	0.74	1.20	0.71	5.16	2.94	54.77

2.1.6 Inquadramento climatico

L'inquadramento climatico del comune di Carugo si basa sulla registrazione di dati in aree limitrofe, in quanto il comune è sprovvisto di stazioni di rilevamento meteorologico.

I dati utilizzati per l'inquadramento climatico sono stati ricavati dalle seguenti fonti:

- Serie storiche delle precipitazioni intense – Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica (PAI, 2000).
- Carte delle precipitazioni minime, medie e massime annue del territorio alpino lombardo (periodo 1891-1990) Regione Lombardia, 1999.
- I suoli della Brianza comasca e lecchese (cap.3) - E.R.S.A.L., 1999
- Indagine idrogeologica sulla Riserva Naturale “Fontana del Guercio” (cap.7) – Comune di Carugo, 1992 redatta dal dott. geol. M. Nespoli.
- Studio di S. Belloni (1975) nelle province di Como-Varese.

Di seguito si propone quindi una sintesi dei principali dati climatici ricavati da letteratura.

Termometria

- temperatura media annua 12.6°
- temperatura media mese più freddo (gennaio) 2.8°
- temperatura media mese più caldo (luglio) 22.5°
- gradiente termico -0.56°/100m
- giorni di ghiaccio (temp max <0°) 3

- giorni di gelo (temp min <0°; temp max >0°)	32
- giorni di disgelo (temp min >0°)	330

Precipitazioni annue

- media annua (1891-1990)	1350 mm
- massima annua (1891-1990)	2150 mm
- minima annua (1891-1990)	800 mm
- mese più piovoso	maggio
- mesi più piovosi	maggio, agosto, ottobre, marzo
- mese meno piovoso	dicembre
- mesi meno piovosi	dicembre, febbraio, gennaio
- gradiente pluviometrico	+95mm/100m

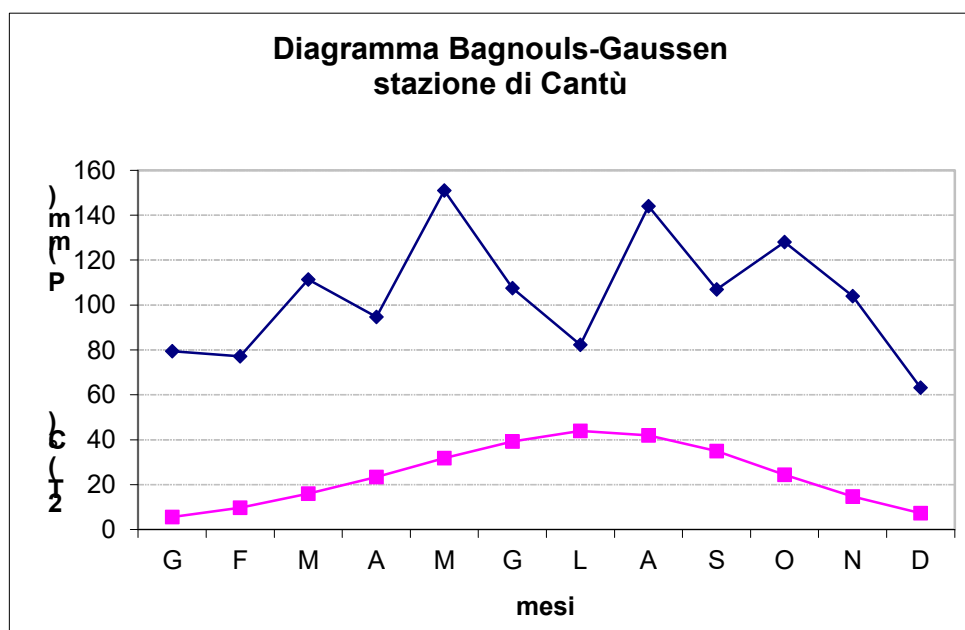
Il regime pluviometrico rientra nel tipo "sub-litoraneo alpino".

Per le precipitazioni nevose medie l'area è compresa tra le isonife 30 e 40 cm/anno (periodo 1921-1960, Ministero LL.PP. - servizio idrografico 1972)

Dall'analisi di questi e altri dati, è possibile classificare il clima dell'area in oggetto come "*mesotermico umido senza stagione secca*" (classe Cf) secondo la proposta di Koppen (1930).

Secondo il modello di Thornthwaite-Mather il clima della zona comasca meridionale si può esprimere con la formula $B4B1'rb3'$ (Pinna, 1977): *clima di tipo umido-varietà primo mesotermico, con deficienza estiva assente o molto piccola ed oltre il 50% dell'efficienza termica concentrata nei mesi estivi.*

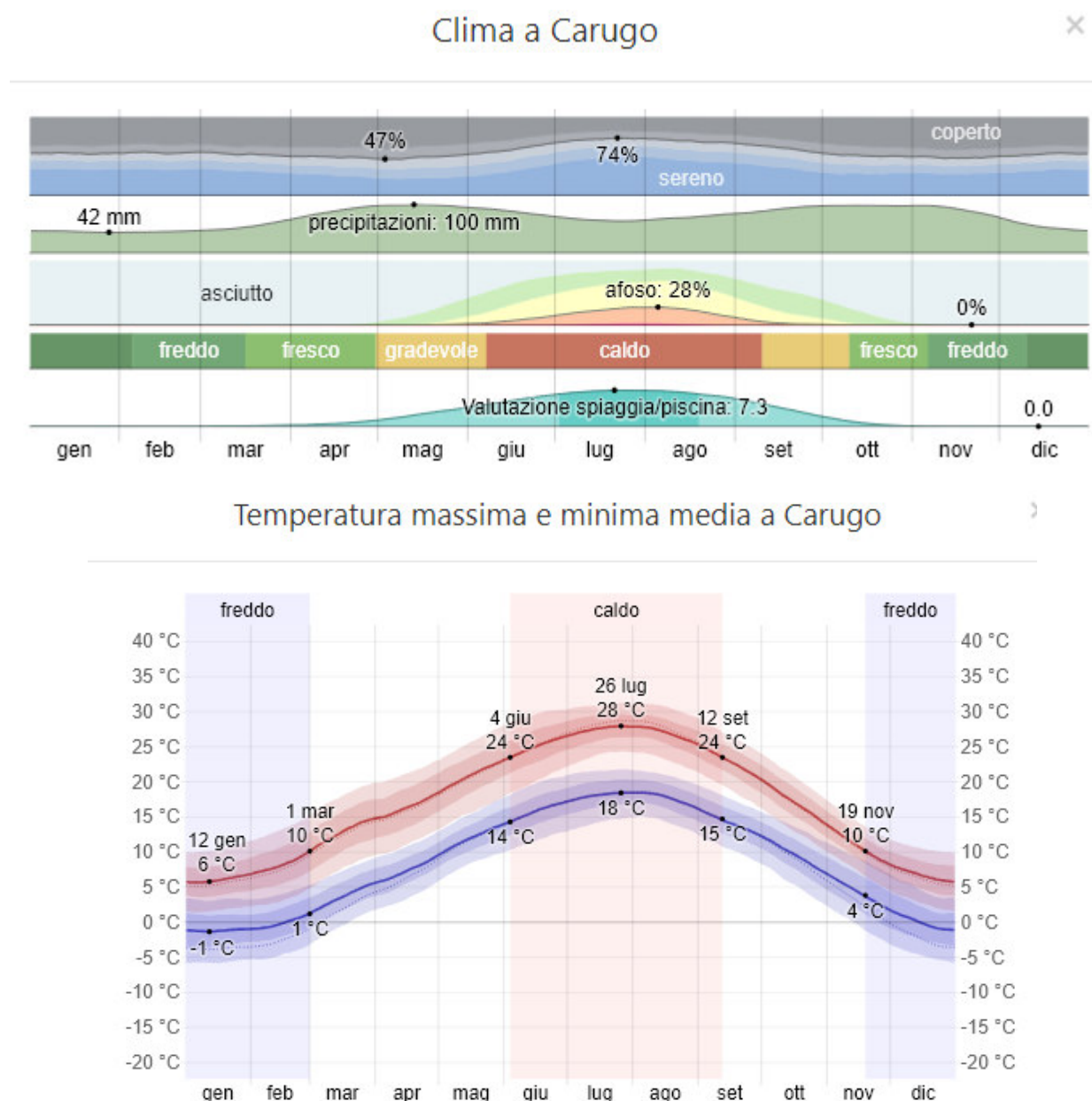
Il diagramma di Bagnouls e Gaussen elaborato con i dati della stazione di Cantù mostra che non si verificano mesi "secchi".



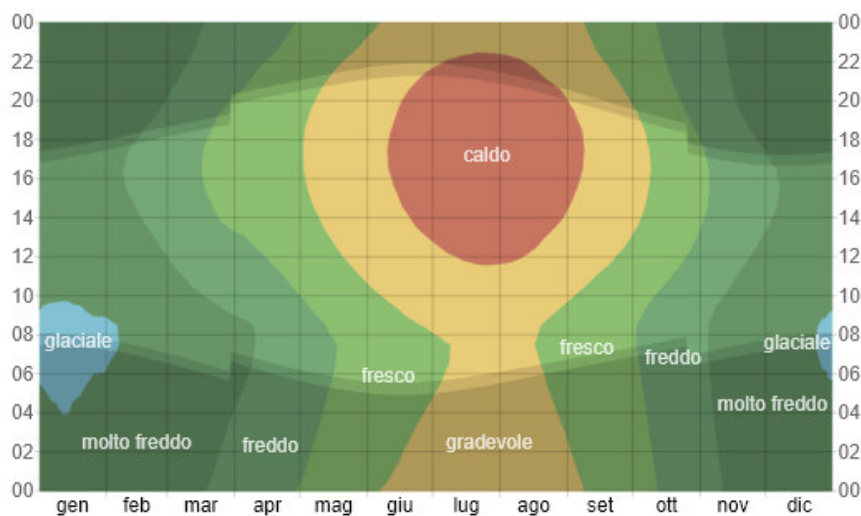
L'evapotraspirazione reale media (AE), calcolata con il metodo di Thorntwaite-Mather sui dati del ventennio 1971-1991 registrati nella stazione di Cantù, risulta (Indagine idrogeologica sulla Riserva Naturale "Fontana del Guercio") di 697,7 mm/anno che è pari al 58% delle precipitazioni medie annue nel medesimo periodo. L'eccedenza media di pioggia (T. RO) è di 493.5 mm.

Mediamente l'eccedenza idrica si manifesta in maniera significativa durante i mesi invernali e primaverili; si evince che nell'area considerata solo in questo periodo può avvenire una ricarica significativa della riserva idrica sotterranea.

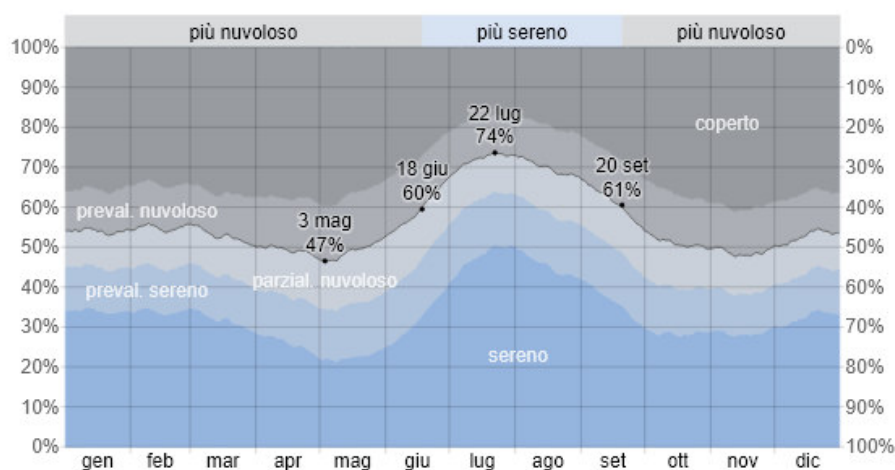
I dati sopra riportati derivanti dalla precedente componente geologica del 2009, sono stati aggiornati con alcuni grafici che sintetizzano i dati climatici del territorio comunale di Carugo riferiti all'anno 2025 tratti dal portale © WeatherSpark.com:



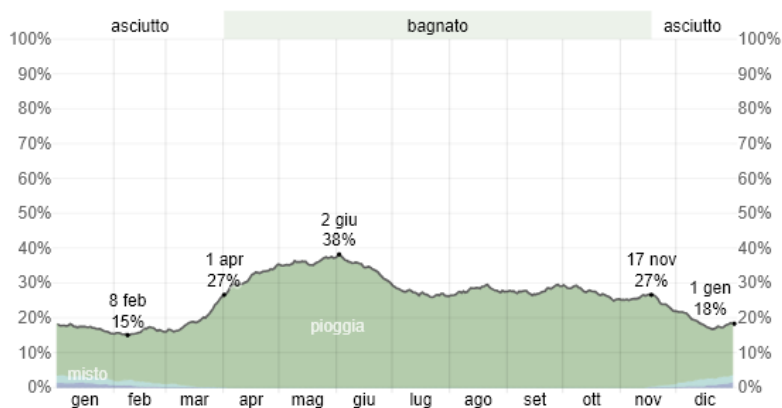
Temperatura oraria media a Carugo



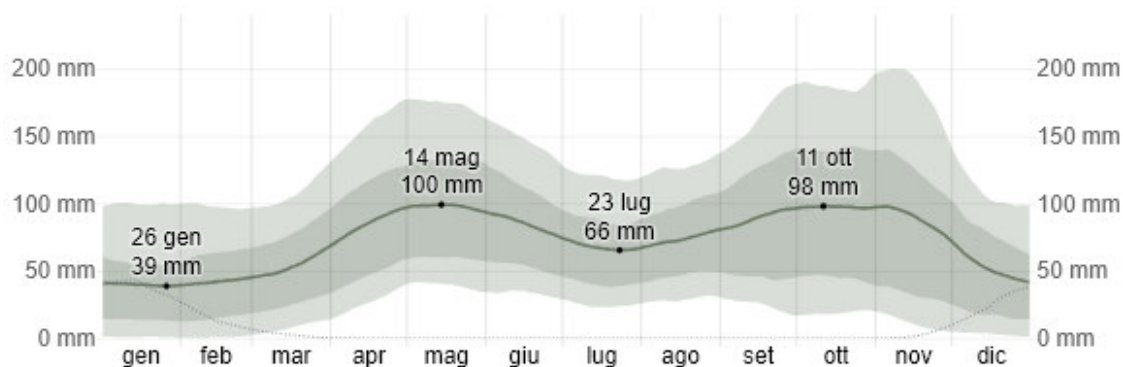
Categorie di nuvolosità a Carugo



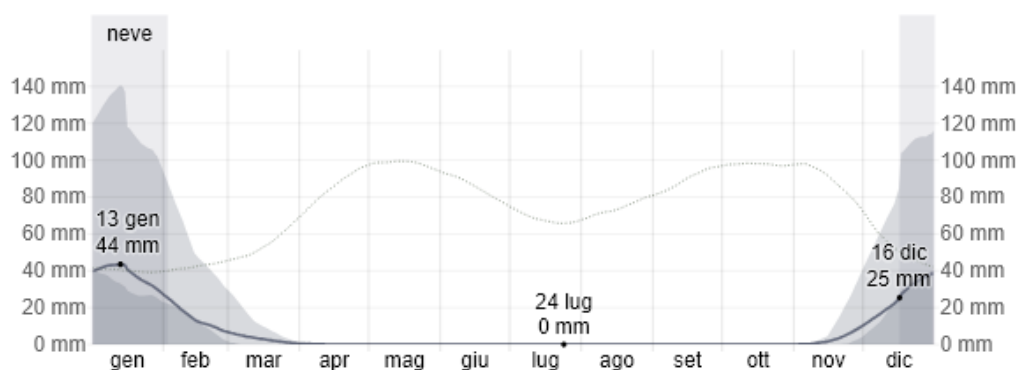
Probabilità giornaliera di pioggia a Carugo



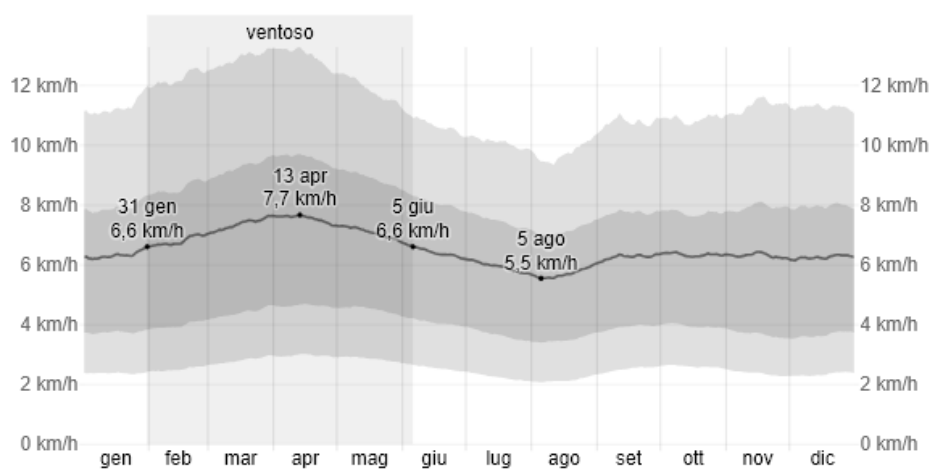
Precipitazioni mensili medie a Carugo



Nevicate mensili medie a Carugo



Velocità media del vento a Carugo



Precipitazioni intense

Partendo dai dati pluviometrici forniti da una stazione di misura, è possibile eseguire le elaborazioni necessarie per ottenere le curve che descrivono l'altezza delle precipitazioni attese (h) in funzione della loro durata (t). L'equazione che collega queste due variabili ha la seguente forma:

$$h = a * t^n$$

dove "a" e "n" dipendono dalle caratteristiche pluviometriche della zona considerata e dal tempo di ritorno prescelto.

La relazione sopra descritta prende il nome di: *Linea segnalatrice di probabilità pluviometrica*.

I dati pluviometrici necessari al calcolo sono reperibili sugli Annali Idrologici delle stazioni pluviografiche. In tali documenti vengono generalmente forniti, in tabelle, le massime precipitazioni intense registrate anno per anno, per determinate durate dell'evento di riferimento. Normalmente si distinguono i dati relativi alle precipitazioni con durata inferiore ad 1 ora (piogge di notevole intensità e breve durata), da quelle di durata superiore. Le durate di riferimento sono generalmente standard, prendendo in considerazione intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Non avendo a disposizione dati registrati direttamente nel territorio di Carugo, di seguito si riportano, per consultazione, le registrazioni delle precipitazioni intense riferite al pluviografo di Carate B.za (posto ad una quota comparabile circa 5 km a Sud-Est) nel periodo compreso tra il 1951 e il 1985.

Carate B.za (pioggia mm)	1H	3H	6H	12H	24H
1951	31,6	41,0	64,8	116,0	155,0
1952	21,2	29,2	32,0	40,0	70,0
1954	54,0	56,6	56,6	56,6	70,4
1956	28,0	37,4	37,4	61,6	73,0
1957	37,0	43,8	66,6	80,0	85,0
1958	57,0	58,0	58,0	70,8	70,8
1959	31,4	37,0	43,6	60,0	84,6
1960	48,8	94,6	109,0	141,0	150,0
1961	42,0	65,2	65,6	66,0	94,6
1962	37,4	67,4	110,0	123,0	127,0
1963	51,0	58,6	66,4	84,4	113,0

Carate B.za (pioggia mm)	1H	3H	6H	12H	24H
1967	36,0	44,0	68,0	93,0	103,6
1968	26,0	41,6	53,0	55,6	76,2
1971	25,0	37,0	40,0	58,0	71,2
1972	27,4	43,2	51,4	54,0	66,8
1973	24,2	27,4	34,2	71,4	72,0
1974	29,0	29,0	33,4	38,8	61,2
1975	25,4	28,2	30,5	46,4	64,2
1976	52,2	77,0	80,0	105,8	136,0
1978	20,6	21,6	32,0	65,0	113,6
1984	34,0	60,8	60,8	61,8	92,0
1985	24,3	35,9	36,0	38,0	69,1

N.B: per le annate mancanti non ci sono dati registrati

Dall'elaborazione statistica (distribuzione di Gumbel) dei dati, per la stazione di Carate si ottengono i seguenti valori dei parametri a ed n (tratti da: P.A.I. - DIRETTIVA SULLA PIENA DI PROGETTO DA ASSUMERE PER LE PREOGETTAZIONI E LE VERIFICHE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA-tab. 1)

Tr 20		Tr 100		Tr 200		Tr 500	
a	n	a	n	a	n	a	n
57.58	0.293	73.05	0.289	80.93	0.288	90.11	0.287

Per quanto riguarda il comune di Carugo, le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica possono essere ricavate dal medesimo studio del P.A.I. (All. 3) dove i parametri " a " e " n " delle curve riferite a tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni sono stati calcolati per interpolazione spaziale tra i dati delle varie stazioni disponibili. In particolare si considerano quelli riportati per la cella con vertice NE di coordinate UTM 1515000E - 5063000N; risulta:

Tr 20		Tr 100		Tr 200		Tr 500	
a	n	a	n	a	n	a	n
60,02	0,288	77,21	0,285	84,56	0,285	94,22	0,284

Sulla base di questi ultimi valori di a e n si costruiscono le "Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica" sotto riportate. I valori di precipitazione intensa rapportati al tempo di corrvazione T_c (durata dell'evento critico), a meno di un coefficiente di deflusso dipendente dalle caratteristiche di permeabilità della

superficie scolante, dovranno essere assunti a base dei calcoli per il dimensionamento delle opere scolanti (portate istantanee delle acque da smaltire).

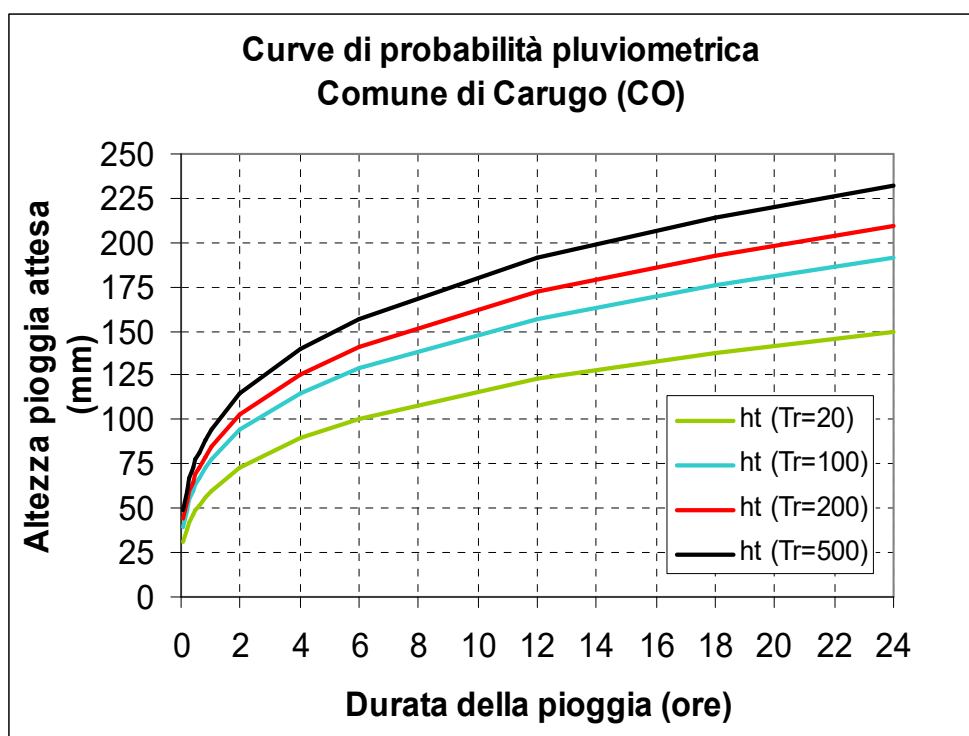
t (ore)	ht (Tr=20)	ht (Tr=100)	ht (Tr=200)	ht (Tr=500)
0,1	30,9	40,1	43,9	49,0
0,2	37,8	48,8	53,5	59,7
0,3	42,4	54,8	60,0	66,9
0,4	46,1	59,5	65,1	72,6
0,5	49,2	63,4	69,4	77,4
0,6	51,8	66,7	73,1	81,5
0,8	56,3	72,5	79,3	88,4
1	60,0	77,2	84,6	94,2
2	73,3	94,1	103,0	114,7
4	89,5	114,6	125,5	139,7
6	100,6	128,7	140,9	156,7
12	122,8	156,8	171,7	190,8
18	138,0	176,0	192,7	214,1
24	149,9	191,0	209,2	232,3

Dove:

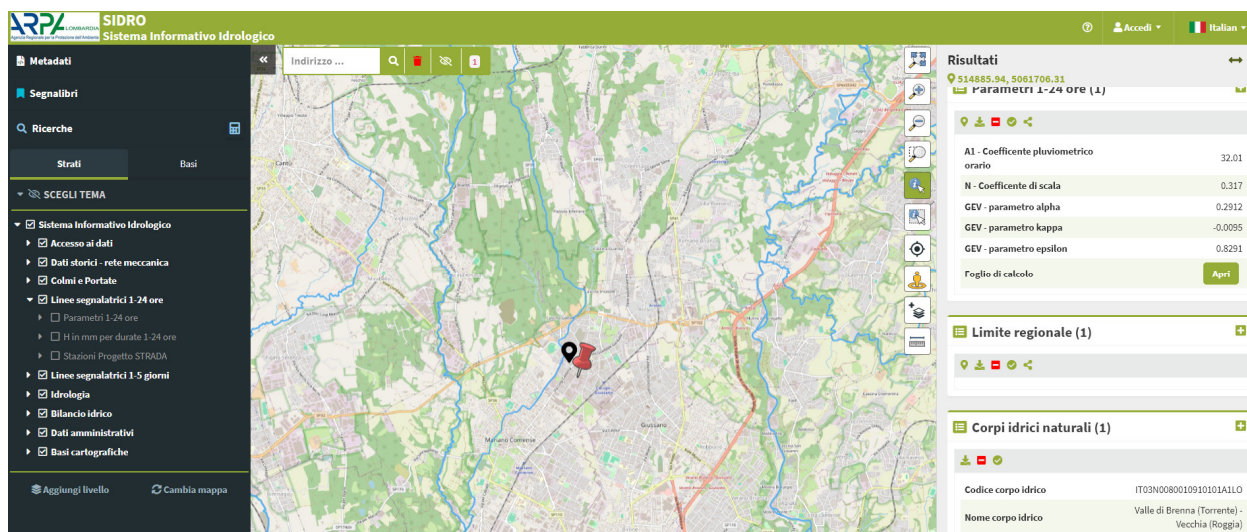
t = durata della precipitazione intensa in ore da riferire a Tc

ht = altezza di pioggia attesa in mm

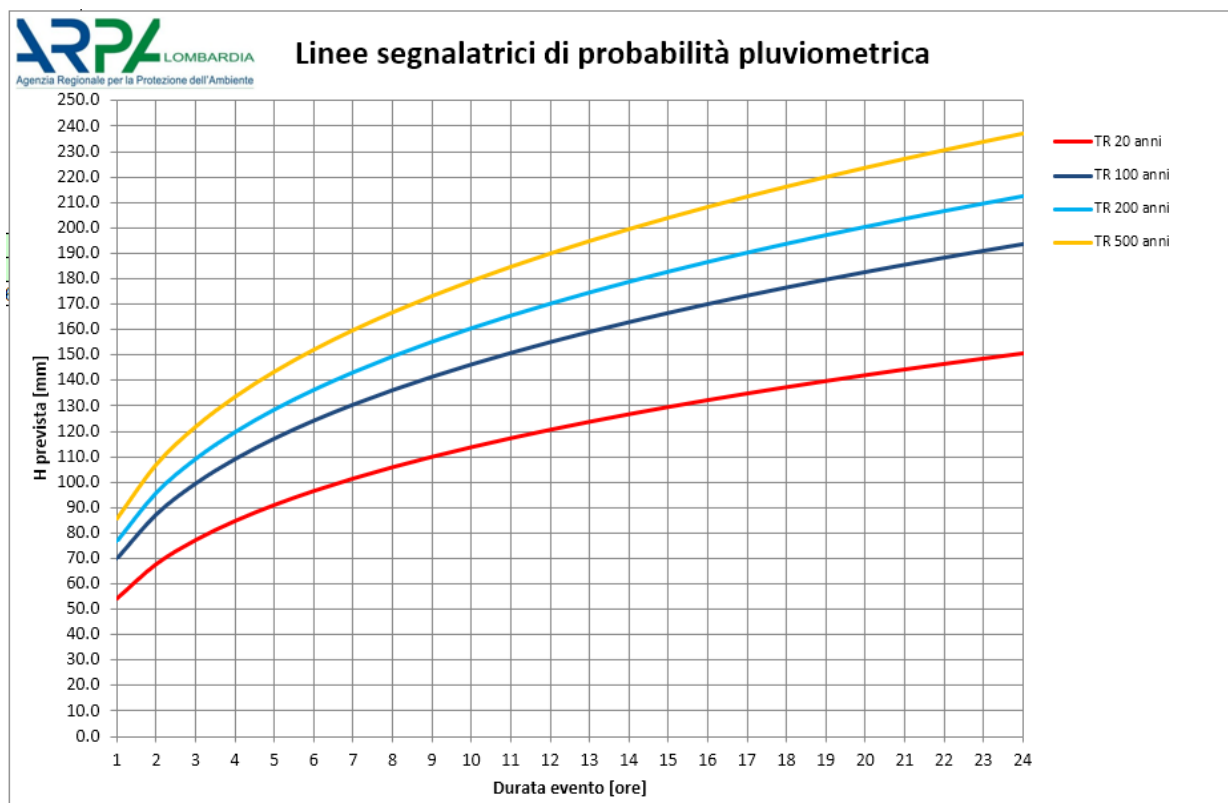
Tr = tempo di ritorno in anni



A completamento delle analisi sopra riportate, di seguito si citano le più recenti elaborazioni dei coefficienti “a” e “n” proposte da **ARPA LOMBARDIA**:



Tr 20		Tr 100		Tr 200		Tr 500	
a	n	a	n	a	n	a	n
54.47610	0.3196	70.15690	0.31960	76.92138	0.31960	85.91233	0.31960



2.1.7 Carta della stabilità di versante (Tav. 4)

ANALISI DI STABILITÀ ALL'EQUILIBRIO LIMITE

Considerata la morfologia del territorio comunale di CARUGO caratterizzata da incisioni vallive con dislivelli decametrici, è stata condotta un'analisi della stabilità dei versanti 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.

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.

$$F.S. = \text{resistenza disponibile} / \text{resistenza mobilizzante}$$

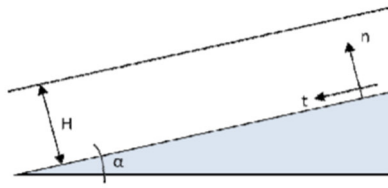
Il fattore di sicurezza è il valore che si associa alla superficie dove è più probabile che si inneschi il movimento. Quando F.S. assume un valore pari ad 1 risulta verificata la condizione di equilibrio limite, ovvero il versante si trova sul punto di collasso. Nel caso in cui la resistenza mobilizzata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

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:

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

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 del grado di 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 permette 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 K_h pari a:

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



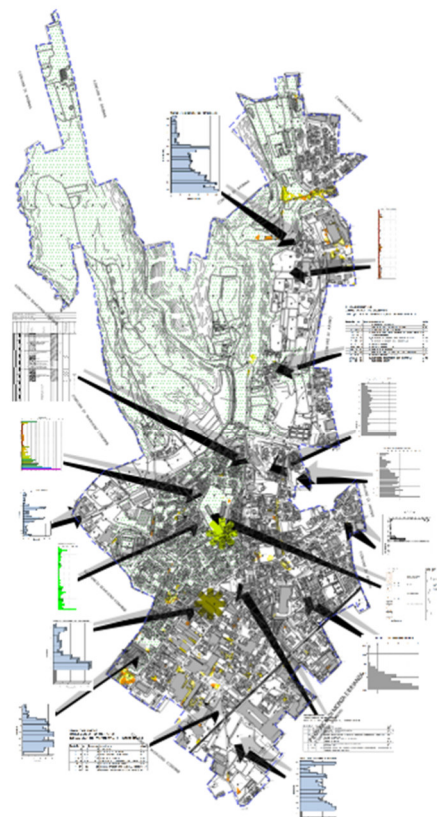
Si precisa che i risultati ottenuti sono significativi a livello di pianificazione e non alla scala di progettazione, in quanto la caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata condotta su dati bibliografici con approccio analitico semplificato (metodo del pendio indefinito). In fase di progetto di singoli interventi sul versante il Progettista dovrà condurre analisi più significative basate su indagini e rilievi in situ.

2.1.8 Carta delle indagini geognostiche e degli studi esterni (Tav. 5)

A completamento delle carte di inquadramento si è provveduto a redigere una nuova carta (Tav. 5) contenente stratigrafie e indagini geognostiche distribuite sul territorio comunale e ulteriori informazioni di carattere bibliografico utili per inquadrare l'area dal punto di vista geologico, geotecnico e idrogeologico.

La carta contiene i seguenti elementi:

- stratigrafie tratte dal database di Regione Lombardia
- indagini geognostiche (Prove penetrometriche dinamiche continue DP) derivanti da studi in ambito di interventi edilizi realizzati sul territorio comunale, forniti dall'ufficio tecnico del comune di CARUGO
- Censimento dei siti contaminati e bonificati del database AGISCO tratti dal database del geoportale di Regione Lombardia aggiornato al 31-12-2025
- Studio comunale di Gestione del Rischio Idraulico



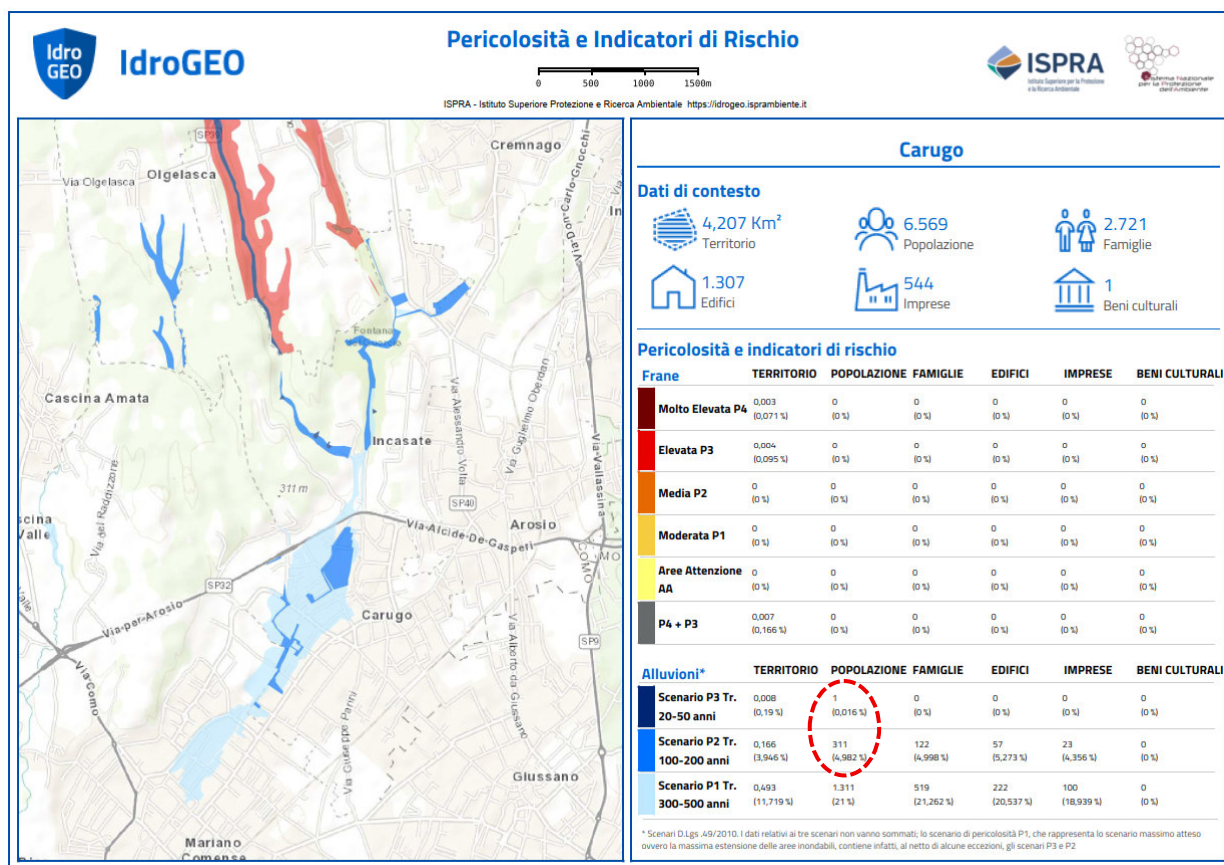
Tali elementi sono la base per una valutazione di insieme dal punto di vista geotecnico del territorio comunale utili per orientare i tecnici nello sviluppare i propri approfondimenti in fase di progetto; la caratterizzazione geotecnica rappresentata nella Tav 5 non è da ritenersi sufficiente per un grado di approfondimento di progetto, in quanto sarà necessario programmare puntuali e specifiche indagini calibrate per ogni singolo intervento edilizio.

Nella Tav. 5 sono riportate parte delle informazioni contenute nel documento "Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico" redatto da WISE ENGINEERING S.r.l. nel giugno 2026. 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 per opere disperdenti. Per ulteriori contenuti si rimanda allo specifico studio.

2.1.9 Dissesto idrogeologico ISPra

Il Rapporto sul dissesto idrogeologico in Italia presenta le “mosaichette 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:



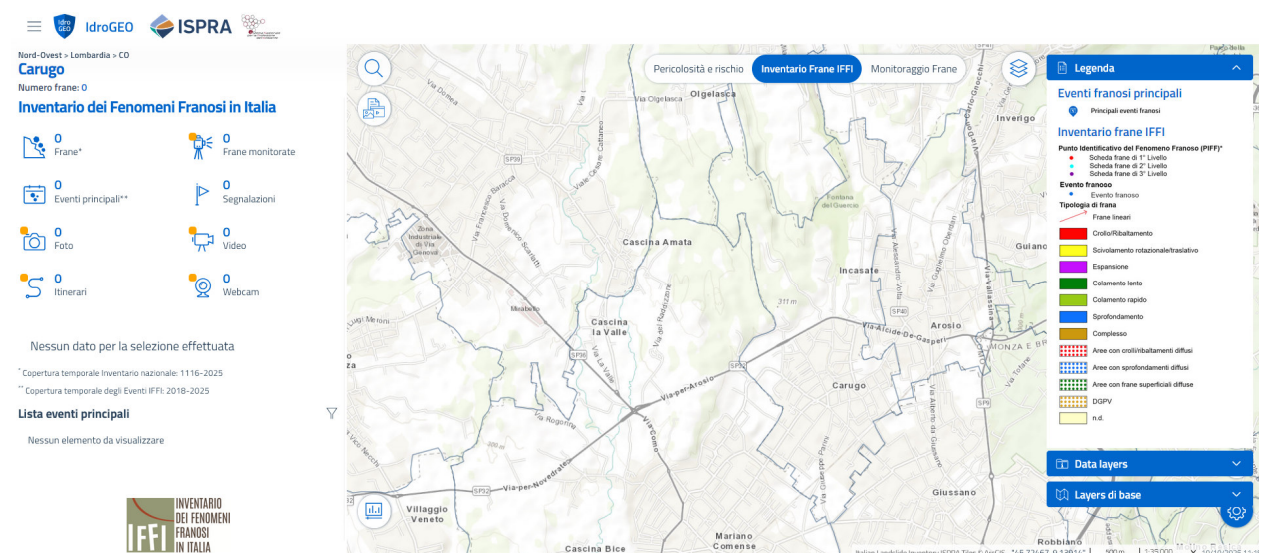
In base alla valutazione del pericolo e del rischio elaborata da ISPra, sul territorio comunale di CARUGO non vi è popolazione esposta a rischio frane, mentre vi sono oltre 300 persone esposte ad alluvioni frequenti o poco frequenti. Si precisa che tale valutazione si basa sulla mappatura di aree esposte a rischio individuate da PAI e da PGRA prima dell’ultimo aggiornamento del 2024, in occasione del quale sono state ripерimetrare le aree allagabili. L’aggiornamento 2024 comporta un probabile aumento delle persone esposte al rischio esondazione frequente o poco frequente.

2.1.10 Inventario Frane GEOIFFI

L'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – IFFI, realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome, censisce le frane verificatesi sul territorio nazionale secondo modalità standardizzate e condivise.

La metodologia di lavoro si basa sulla raccolta di dati storici e d'archivio, sull'interpretazione di foto aeree o satellitari, sui rilievi di terreno, su una Scheda Frane, strutturata su tre livelli di approfondimento progressivo per l'archiviazione delle informazioni, e su una rappresentazione cartografica.

Di seguito si riporta quanto censito sul territorio comunale di CARUGO:



L'inventario delle frane non indica ambiti significativi in dissesto sul territorio del comune di CARUGO.

2.1.11 Sinkhole e cavità sotterranee

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.

Classificazione degli sprofondamenti (sinkhole)

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.

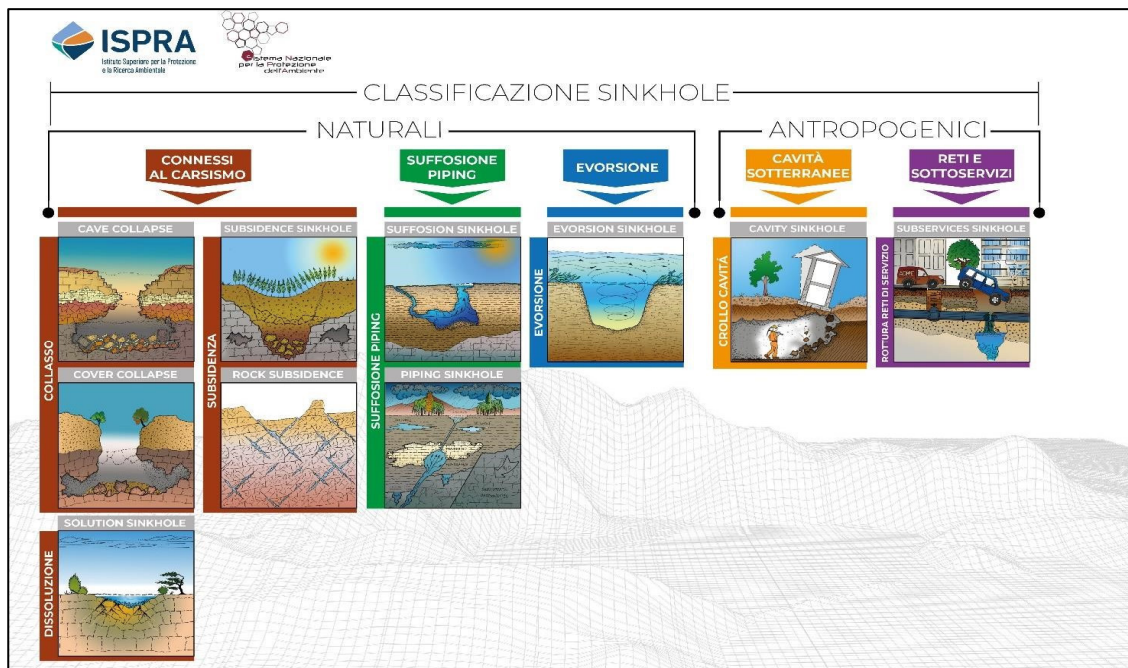


Fig. 1 – Classificazione sinkhole secondo ISPRA

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 artesianiana 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 pianure 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 eversione, 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 CO₂ e H₂S, 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 mobilitazione 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.

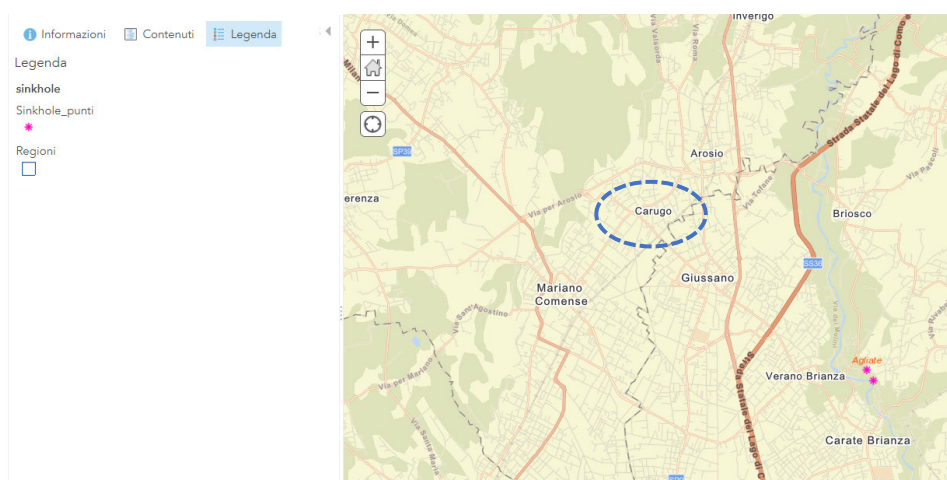
In tale fase devono essere consultate le banche dati tematiche disponibili sul Geoportale della Lombardia quali, in particolare, le seguenti:

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).

ANALISI LOCALE: CARUGO

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 CARUGO.

Pericolosità da occhi pollini nel territorio di Monza e Brianza

Di seguito si riporta un estratto corrispondente al territorio di CARUGO della mappa della pericolosità per possibile occorrenza di "occhi pollini" della confinante Provincia di Monza Brianza contenuta nel documento *'Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della provincia di Monza e Brianza al fenomeno degli occhi pollini'* giugno 2023.

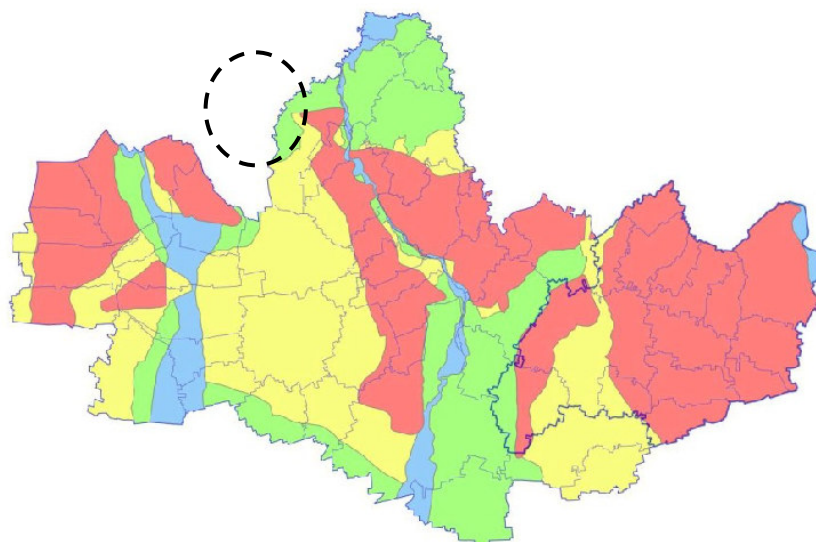
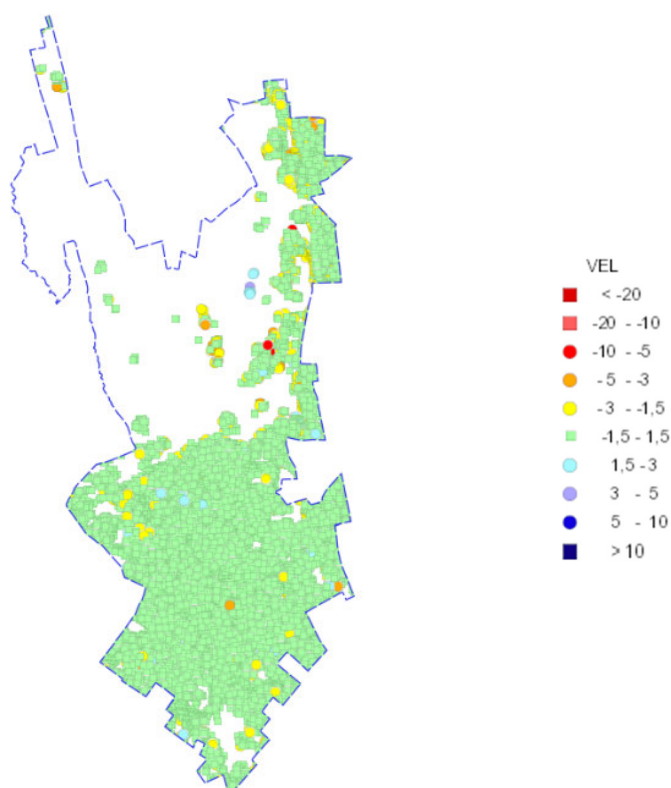


Fig. 7.1 - Carta della pericolosità agli OP della Provincia di Monza e della Brianza. In rosso classe alta H4, in giallo classe media (H3), in verde classe moderata (H2), in azzurro classe bassa (H1). Sono indicati i confini comunali; in blu i confini dell'area oggetto della fase 1. Si notino le differenze rispetto alla fig. 1.1.

Interferometrie:

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

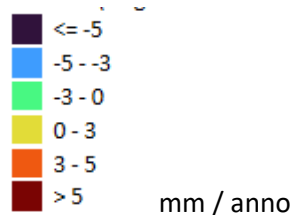
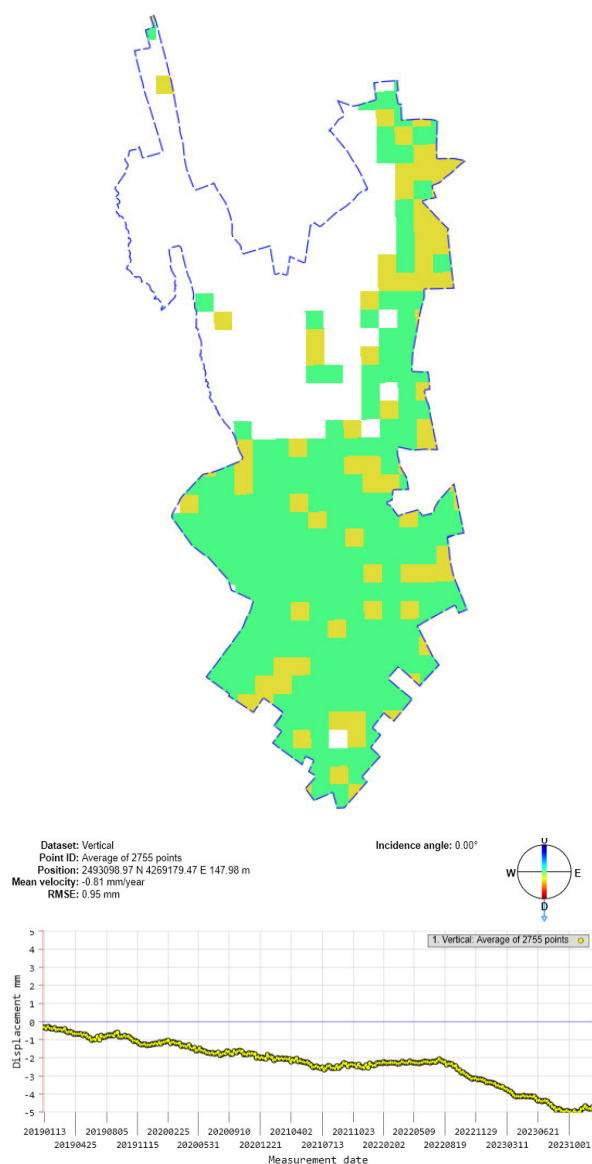


A titolo esemplificativo, di seguito si riportano i grafici di alcune letture registrate negli anni 1999-2014:

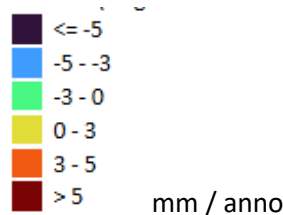
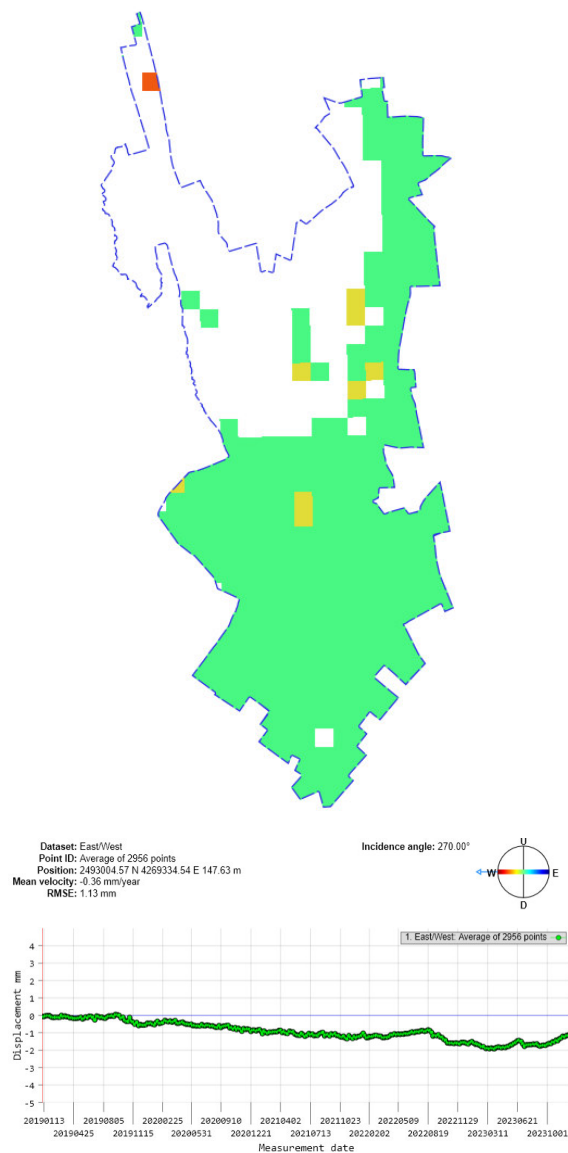
Le registrazioni indicano deformazioni modeste, con velocità comprese tra 0 e -1.5 mm/anno

La Regione Lombardia non fornisce le interferometrie degli ultimi anni. Pertanto di seguito si riportano le elaborazioni delle registrazioni del periodo 2019-2023 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 2019-2023)



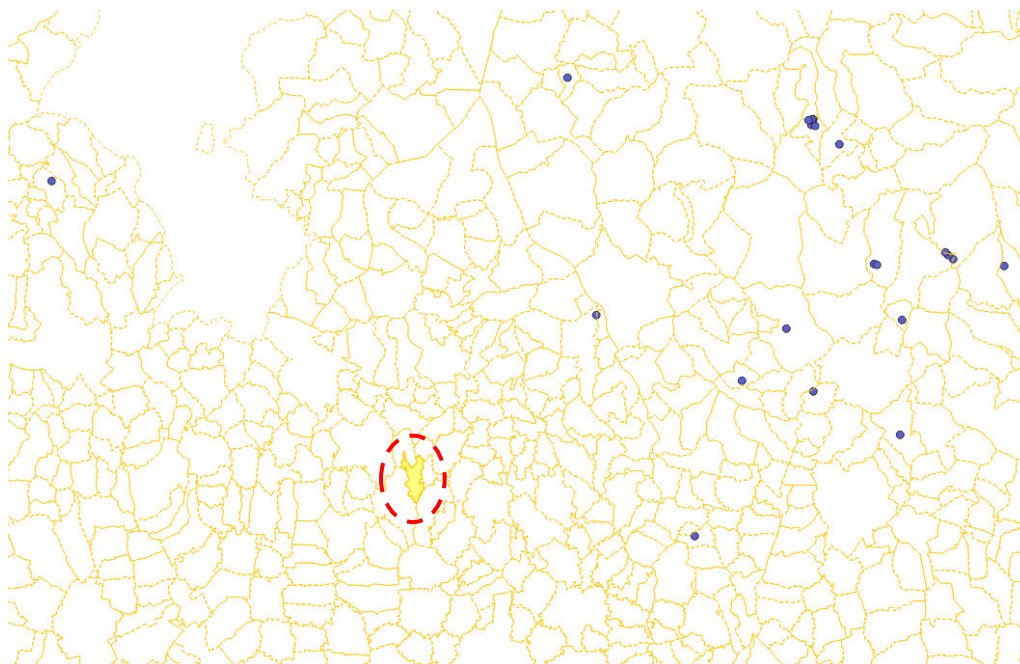
Componente orizzontale (anni 2018-2022)



Le registrazioni indicano ridotte o assenti variazioni orizzontali, mentre si osserva incremento degli spostamenti verticali a partire dal 2022 comunque con valori contenuti.

Geoiffi

Di seguito si riporta la mappa del territorio di CARUGO con la rappresentazione delle aree cartografate come “sprofondamenti” nel progetto Geoiffi



● Sprofondamento

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

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 CARUGO ricade al confine nord rispetto alla fascia 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

La ricerca bibliografica condotta presso l'ufficio tecnico comunale ha permesso di concludere che non vi sono segnalazioni di sprofondamenti sul territorio comunale.

Fase 2: Zonazione della pericolosità entro le aree a potenziale presenza di cavità sotterranee

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.

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;

Conclusioni

Nel territorio del comune di CARUGO l'analisi bibliografica e la consultazione di banche dati e cartografia si è conclusa con **l'assenza di significativi elementi che testimoniano fenomeni di sprofondamento né di origine naturale né di origine antropica**. Pertanto, si ritiene adeguato attribuire una classe di fattibilità geologica 2 con modeste limitazioni per tale aspetto, tenendo conto della distanza rispetto a siti tipicamente interessati da occhi pollini. E' comunque raccomandata l'attenzione in fase progettuale prestando attenzione ai risultati delle indagini geognostiche sito-specifiche (es. carotaggi a vuoto, prove penetrometriche con 0-1 colpi per avanzamento di 30 cm, ecc.).

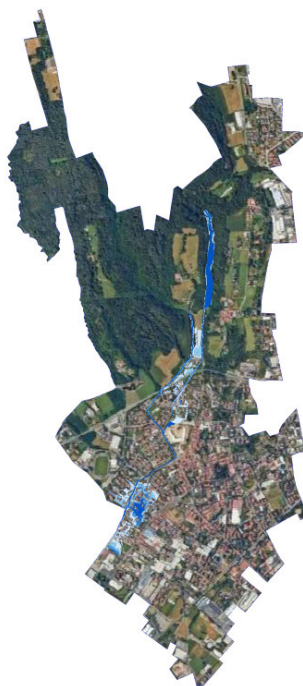
2.1.12 Studio idraulico di dettaglio Roggia Vecchia

Sul territorio di CARUGO, in base alla mappatura PGRA 2024 con aree allagabili classificate a rischio idraulico R4, è stato necessario condurre uno studio idraulico di dettaglio finalizzato alla valutazione del pericolo di alluvione e conseguente rischio lungo l'asta della Roggia Vecchia.

Tale studio è stato condotto nel rispetto di quanto indicato nell'allegato 4 della DGR 2616/2011 e della DGR 6738/2017 e fa parte dell'aggiornamento della componente geologica del PGT 2026.

L'approfondimento è necessario per una migliore definizione alla scala locale della pericolosità e di conseguenza, della fattibilità geologica negli ambiti edificati.

Nello specifico, una volta definita la pericolosità degli ambiti oggetto di approfondimento, in assenza di altri fattori, è stato possibile assegnare la relativa classe di fattibilità geologica seguendo le indicazioni fornite nella Tabella 2 della DGR 2616/2011. In presenza di altri fattori di pericolosità l'attribuzione della classe deve invece derivare da una valutazione dell'interferenza/sovrapposizione dei fenomeni stessi.



Per maggiori dettagli si rimanda allo *Studio idraulico a supporto della valutazione di dettaglio delle condizioni di pericolosità e rischio locale della Roggia Vecchia nel comune di CARUGO*, allegato al presente studio geologico.

Nell'immagine a lato che riporta le aree allagabili lungo la roggia Vecchia e la Roggia Borromeo nel comune di Carugo; non è rappresentato il bacino allagabile retrostante lo sbarramento posto al termine della Valle di Brenna in quanto escluso dalla simulazione idraulica.

L'estensione di tale area allagabile è comunque ricostruita in base alla quota di sfioro del manufatto e al Lidar 1mx1m nella carta di sintesi.

L'attuale perimetrazione delle aree PGRA 2024 è basata sullo studio idraulico a firma ing. Majone 2019 consultato dagli scriventi. Tuttavia tale studio non tiene conto di significative modifiche ai corsi d'acqua, in quanto intervenute successivamente.



Comune di Carugo (CO)

Consulenza idrologico idraulica sul territorio comunale relativa all'identificazione di alternative gestionali dell'area di laminazione sulla Roggia Vecchia al fine individuare la regola di gestione delle paratoie

CONSULENZA IDROLOGICO IDRAULICA

INDICE	DATA	MODIFICAZIONE	REDAZIONE	CONFERMA	APPROVAZIONE
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA					
I PROGETTISTI:		HAIKHO COLLABORATO		SCALA:	
Dott. Ing. Giacomo Galardini		Dott. Ing. Diego Bianchi		-	
Dott. Ing. Alessandro Bello		Geom. Pietro Giacomini		DISEGNO:	
Dott. Ing. Beatrice Majone				CVR 0.001	
LAVORO EFFETTUATO IN DATA 10/12/2019					
Dicembre 2019					

2.2 FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE

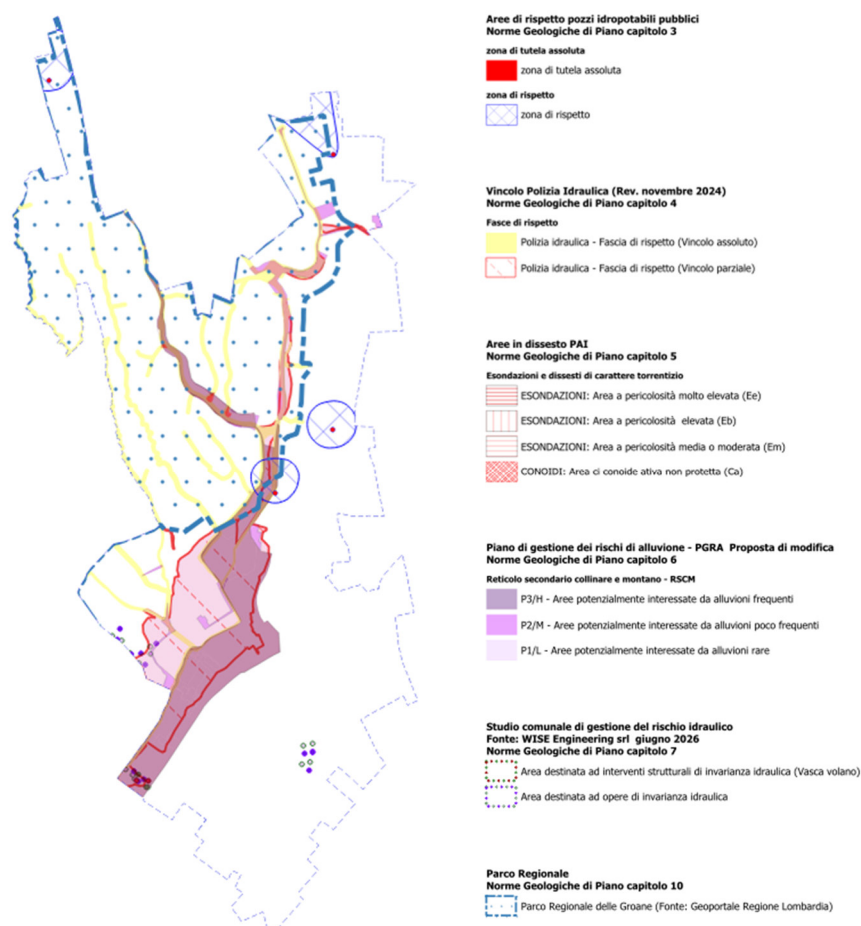
La fase di sintesi/valutazione è definita tramite:

- 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:

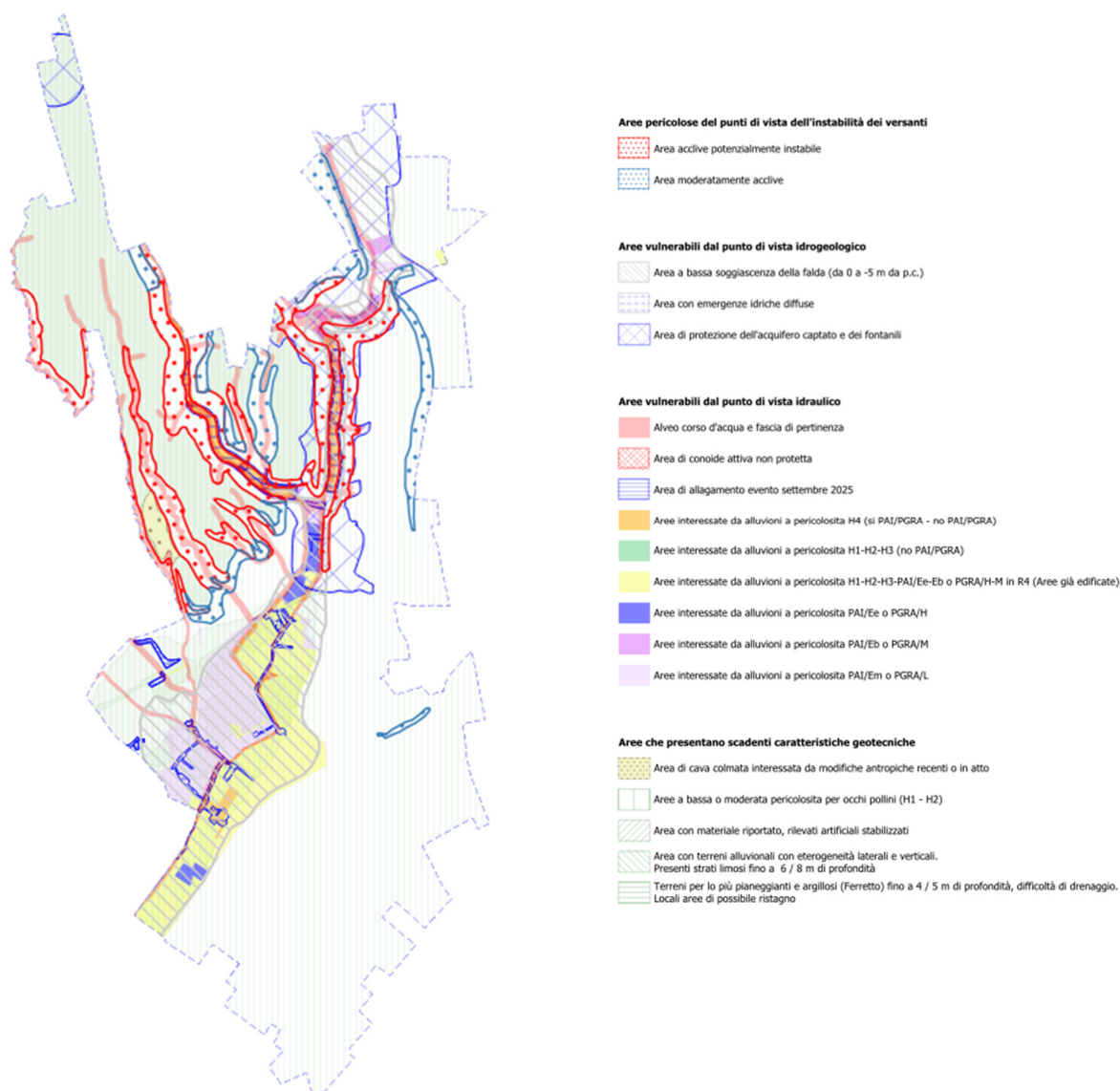
- *Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino PAI - PGRA*
- *Vincoli geologici derivanti dal PTR*
- *Vincoli geologici derivanti dal PTCP*
- *Eventuale presenza di Geositi*
- *Vincoli di polizia idraulica*
- *Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile*

La Carta dei Vincoli è aggiornata tenendo conto dei nuovi vincoli e degli eventuali aggiornamenti di quelli preesistenti.



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

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. L'intersezione 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 cartografia di analisi e per i casi specificati derivanti da "Studi di dettaglio" (nel nostro caso lo studio idraulico sulla Roggia Vecchia). Nella Carta di Sintesi vanno inserite anche le principali 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 Geologiche di Piano**. 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 aree PAI e le aree PGRA) attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono. Al mosaico della fattibilità devono essere sovrapposte, con apposito retino "trasparente", le aree soggette ad amplificazione sismica locale (Fattore di amplificazione maggiore del Limite di soglia comunale o PSL), 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 e destinazioni d'uso del territorio.

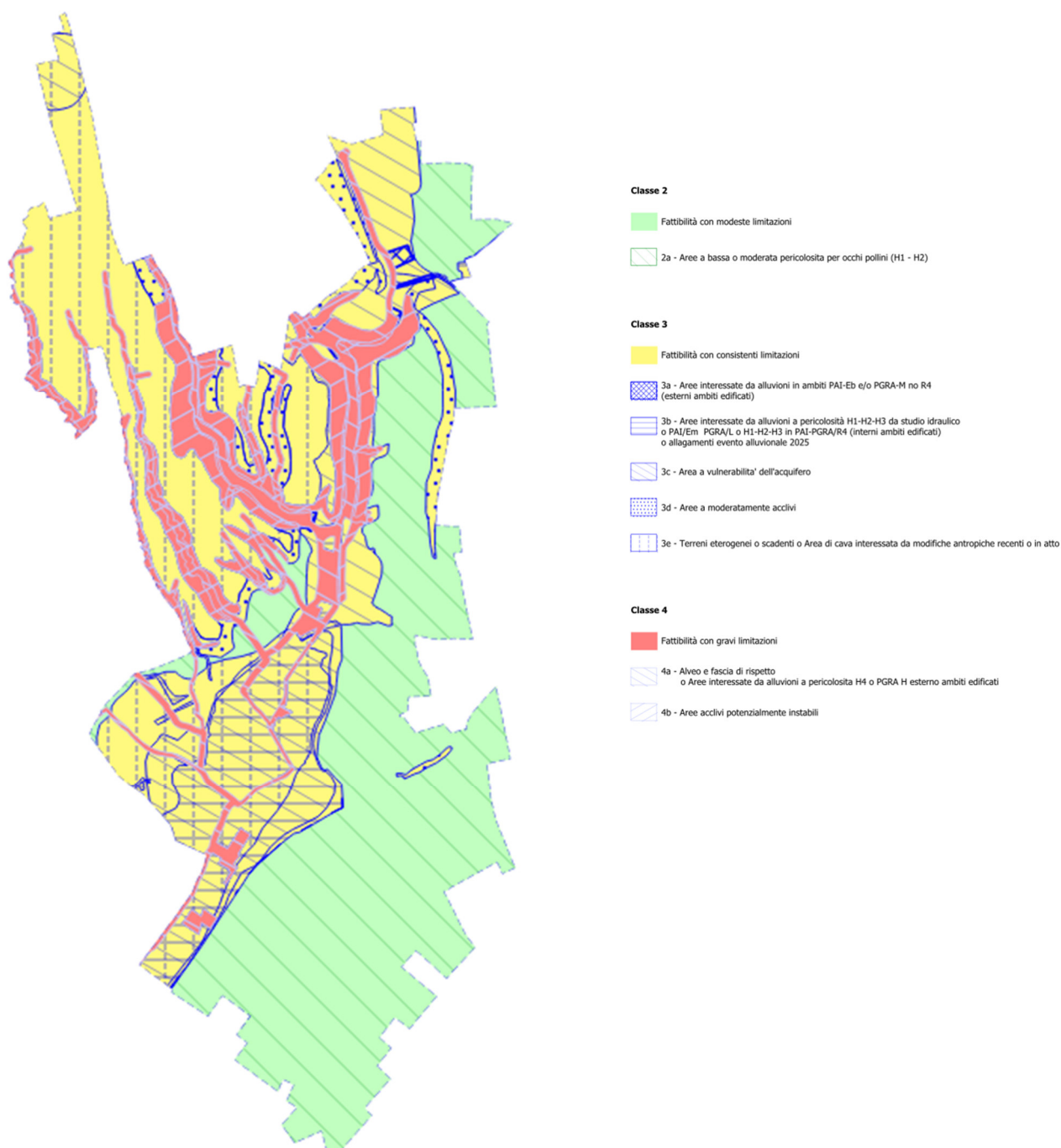
La carta deve essere utilizzata congiuntamente alle "**Norme Geologiche di Piano**" che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, necessità di opere di mitigazione del rischio, necessità di 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 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 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 suddivisa in sottoclassi riguardanti sottoambiti omogenei. Tale suddivisione si rende necessaria laddove le sottoclassi individuino aree sottoposte a particolari normative.



La Relazione Geologica del PGT deve essere composta da:

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

La relazione generale descrive il metodo e raccoglie la documentazione 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;*
- *la descrizione dei corsi d'acqua naturali e artificiali sotto l'aspetto idrografico, idrologico e idraulico;*
- *la descrizione dell'assetto geologico e strutturale dell'area in esame tenendo conto delle finalità applicative dello studio geologico;*
- *la descrizione delle principali forme e processi geomorfologici;*
- *la descrizione dell'assetto idrogeologico dell'area;*
- *la descrizione degli ambiti di pericolosità omogenea come individuati cartograficamente nella carta di sintesi;*
- *la descrizione delle aree riconosciute come passibili di amplificazione sismica;*
- *la descrizione delle opere realizzate (idrauliche, di sistemazione dei dissesti ecc.).*

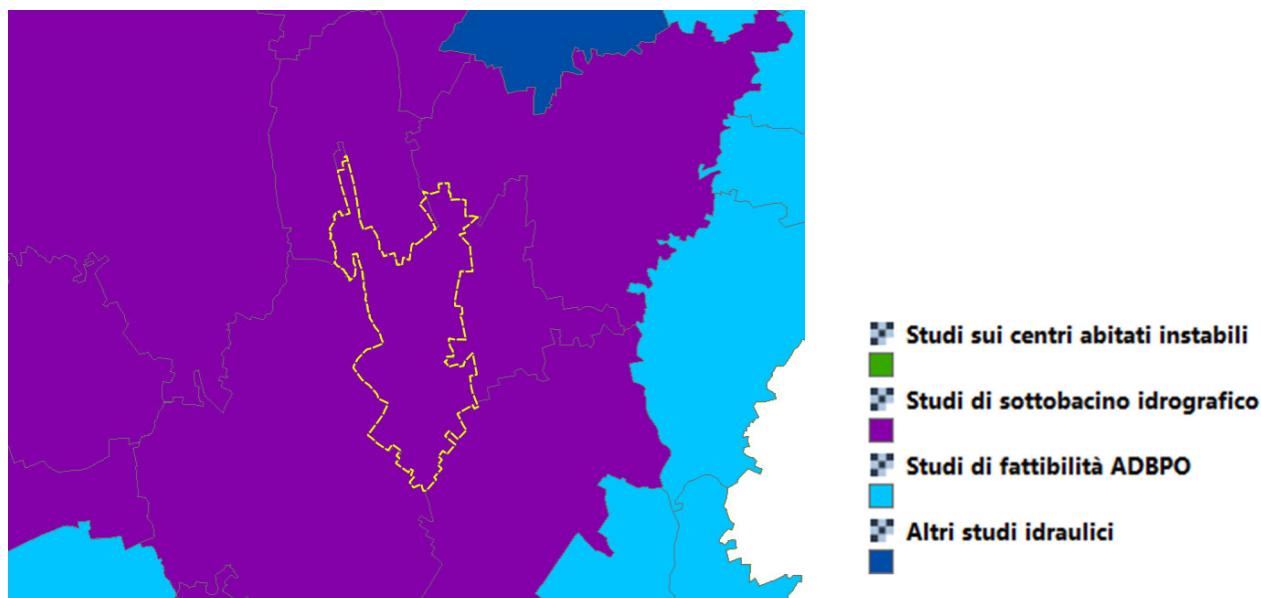
Le “Norme Geologiche di Piano” sono formulate in modo tale da poter essere riportate integralmente nel Piano delle Regole oltre che nel Documento di Piano del P.G.T. Contengono la normativa d'uso della Carta di Fattibilità Geologica ed il richiamo alle normative derivanti dalla Carta dei Vincoli.

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 i poligoni e/o integrato le prescrizioni.

3 ALTRI STUDI E DATI GEOGRAFICI DI RIFERIMENTO

Con d.g.r. n° 3007 del 2024 è stato approvato l'aggiornamento 2024 dell'allegato 1 relativo ai criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, redatti in attuazione dell'art. 57 della L.R.11 marzo 2005, n. 12 e approvati con d.g.r. 2616/2011, già aggiornato con precedente d.g.r. 4685/2021. L'aggiornamento 2024 dell'Allegato 1 tiene conto dei nuovi studi e dati regionali resi disponibili.

Di seguito si riporta un estratto aggiornato dal geoportale di Regione Lombardia nel quale sono riportate le aree interessate da studi di riferimento da consultare:



Le pubblicazioni da consultare risultano:

- Elaborazione e sintesi del quadro ambientale del sottobacino del Torrente Seveso – 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.)

Lo studio geologico comunale deve essere coordinato e coerente rispetto ai contenuti e alle norme di piano del P.T.C.P. della provincia di COMO, nella versione approvata il 2 Agosto 2006, attualmente in fase di aggiornamento.

Il riferimento normativo per la componente geologica è l'Art. 20 che si riporta integralmente:

Art. 20) La difesa del suolo e la prevenzione del rischio idrogeologico

1. Il PTCP ha come finalità la difesa del suolo intesa come salvaguardia delle risorse ambientali vulnerabili (suolo, acqua, aria, etc.) e la prevenzione dal rischio idrogeologico, idraulico ed ambientale. Le politiche di tutela si attuano attraverso la pianificazione e la programmazione di interventi sostenibili sul territorio tesi al ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, al recupero degli ambiti fluviali, alla stabilizzazione e al consolidamento dei terreni al fine di ridurre il rischio per le persone e a valorizzare le risorse non rinnovabili presenti.



2. Il PTCP individua nell'apposita cartografia della Difesa del Suolo (Tavola A1) in scala 1:25000:

- a) le perimetrazioni del quadro dei dissesti comunale con legenda uniformata al PAI conseguente all'applicazione del art. 18 delle NdA del Pai secondo le direttive della D.G.R. 7/7365 del 2001 e successive modificazioni e integrazioni, per quei comuni che avevano completato l'iter alla data di maggio 2004;
- b) lo stato del dissesto di versante e dei corsi d'acqua secondo le perimetrazioni dell'Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici" della Regione Lombardia;
- c) le aree a rischio idrogeologico del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), per i comuni che non hanno completato l'iter di adeguamento ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del PAI alla data del maggio 2004;
- d) le aree a rischio idrogeologico molto elevato ai sensi della Legge 267/93 (c.d. Legge Sarno);
- e) le fasce fluviali del PAI;
- f) gli ambiti territoriali estrattivi;
- g) lo stato di qualità delle acque ai sensi del D.lgs 152/99;
- h) le discariche;
- i) i principali impianti tecnologici;
- J) le sorgenti, i pozzi idropotabili e non e le relative aree di rispetto (D.lgs 258/00).

I vincoli derivanti dal PTCP sono trattati nel successivo paragrafo 8.4.

5 STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO (art. 14 del R.R. n° 7 del 23-11-2017 e s.m.i. – Invarianza Idraulica)

Il comune di CARUGO è dotato dello “Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico” ai sensi del regolamento regionale n° 7 del 23/11/2017 e successive modifiche, redatto nel giugno 2026 da WISE Engineering srl.

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, il presente studio geologico recepisce i seguenti contenuti:

- Nella Carta delle indagini e degli studi esterni: sono stati riportate le aree interessate da allagamenti per insufficienza della rete fognaria individuate dallo studio di gestione del rischio idraulico con Tr 10-50-100 anni e le aree non idonee alla dispersione delle acque meteoriche nel terreno.
- Nella Carta PAI-PGRA: sono state riportate le aree interessate da allagamenti per insufficienza della rete fognaria individuate dallo studio di gestione del rischio idraulico con Tr 10-50-100 anni, così come richiesto dalla d.g.r. 6738/2017
- Nella Carta dei Vincoli: sono state riportate le aree destinate ad interventi strutturali di invarianza idraulica (Vasca volano) e le aree destinate ad opere di invarianza idraulica.

Per la redazione dei progetti di invarianza idraulica a supporto di ogni intervento edilizio, si raccomanda la consultazione integrale dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico con particolare attenzione ai seguenti contenuti:

- Tav. 1 Carta della pericolosità idraulica – stato di fatto
- Tav. 2 Carta degli interventi strutturali e non strutturali
- Tav. 4 Carta della fattibilità delle opere di infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo

7 CARTA PAI-PGRA (Tav. 6)

Nel presente studio si aggiorna la Carta PAI-PGRA.

Come indicato dalla direttiva vigente, si terrà conto di:

- Fasce fluviali PAI tracciate alla scala dello strumento urbanistico comunale con gli aggiustamenti morfologici eventualmente operati ai sensi dell'art. 27 comma 3 delle N.d.A. del PAI;
- Aree allagabili sui corsi d'acqua principali, classificate come RP-P3/H, RP-P2/M e RP-P1/L;
- Aree allagabili su reticolo secondario collinare e montano, classificate secondo la legenda dell'Elaborato 2 del PAI;
- Altri fenomeni di dissesto (frane, valanghe, RME per frana e valanga) classificati secondo la legenda dell'Elaborato 2 del PAI;
- Aree allagabili sul reticolo di pianura, classificate come RSP-P3/H, RSP-P2/M (reticolo consortile) e RSP-P3/H, RSP-P2/M (reticolo naturale);
- Aree allagabili sui laghi, classificate come ACL-P3/H, ACL-P2/M e ACL-P1/L;
- Aree oggetto delle valutazioni più dettagliate delle condizioni di pericolosità e rischio locali.
- Aree soggette ad allagamento individuate nello Studio comunale di gestione del rischio idraulico e/o nel Documento semplificato del rischio idraulico comunale redatto ai sensi del Regolamento di cui all'art. 7 della L.R.4/2016 e successive

7.1 PAI

Dall'analisi della documentazione del geoportale di Regione Lombardia e dal portale di ADBPO, emerge che il territorio del comune di CARUGO è interessato da "Aree in dissesto PAI".

Il comune di CARUGO è esonerato dall'aggiornamento dell'elaborato 2 del PAI che risulta aggiornato con il quadro del dissesto vigente, come indicato nell'allegato 13 aggiornata al settembre 2022 della D.G.R.2616/2011:



Regione Lombardia

ALLEGATO 13

PROVINCIA	COMUNE	SITUAZIONE ITER AGGIORNAMENTO ELABORATO 2 DEL PAI	QUADRO DEL DISSESTO VIGENTE
CO	Carugo	concluso	aggiornato

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 interessati 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 al PGRA vigente (rev. 2024) sono tratti dal Geoportale di Regione Lombardia rispettandone la georeferenziazione originale. Nel comune di CARUGO sono presenti aree PGRA relative al reticolo secondario collinare di montagna di pianura (RSCM).

L'individuazione nel PGRA di aree edificate con rischio R4 ha richiesto lo studio idraulico di dettaglio per la valutazione del pericolo e del rischio per alluvione. Per tale aspetto si rimanda ad apposito elaborato specialistico (STUDIO IDRAULICO A SUPPORTO DELLA VALUTAZIONE DI DETTAGLIO DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ E RISCHIO LUNGO LA ROGGIA VECCHIA -luglio 2026).

7.2.1 INDIVIDUAZIONE AREE A RISCHIO IDRAULICO R4

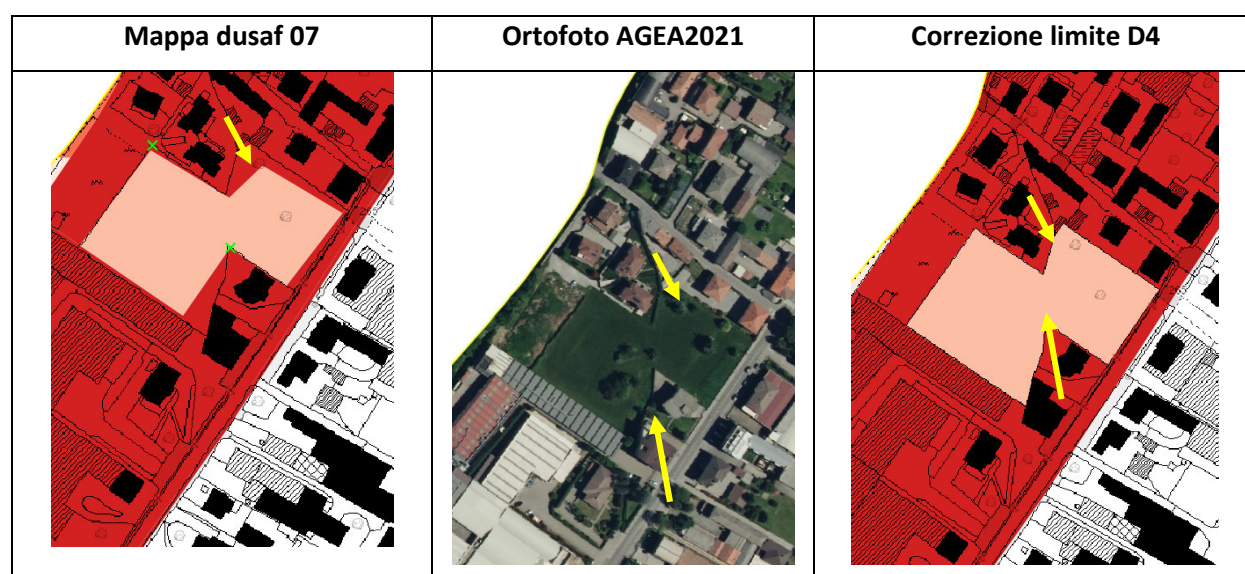
Le aree a rischio **R4** sono state individuate partendo dalle mappature riportate sul geoportale di Regione Lombardia. L'analisi delle foto aeree hanno permesso di affinare la classificazione dell'uso del suolo proposta dal **Dusaf 07** disponibile sul Geoportale di Regione Lombardia. Nello specifico, si è proceduto all'identificazione degli ambiti del territorio 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 - Il A. Mappatura della pericolosità e valutazione del rischio – Marzo 2016"*, di cui a lato si riportano le tabelle con i criteri di raggruppamento delle sottoclassi.

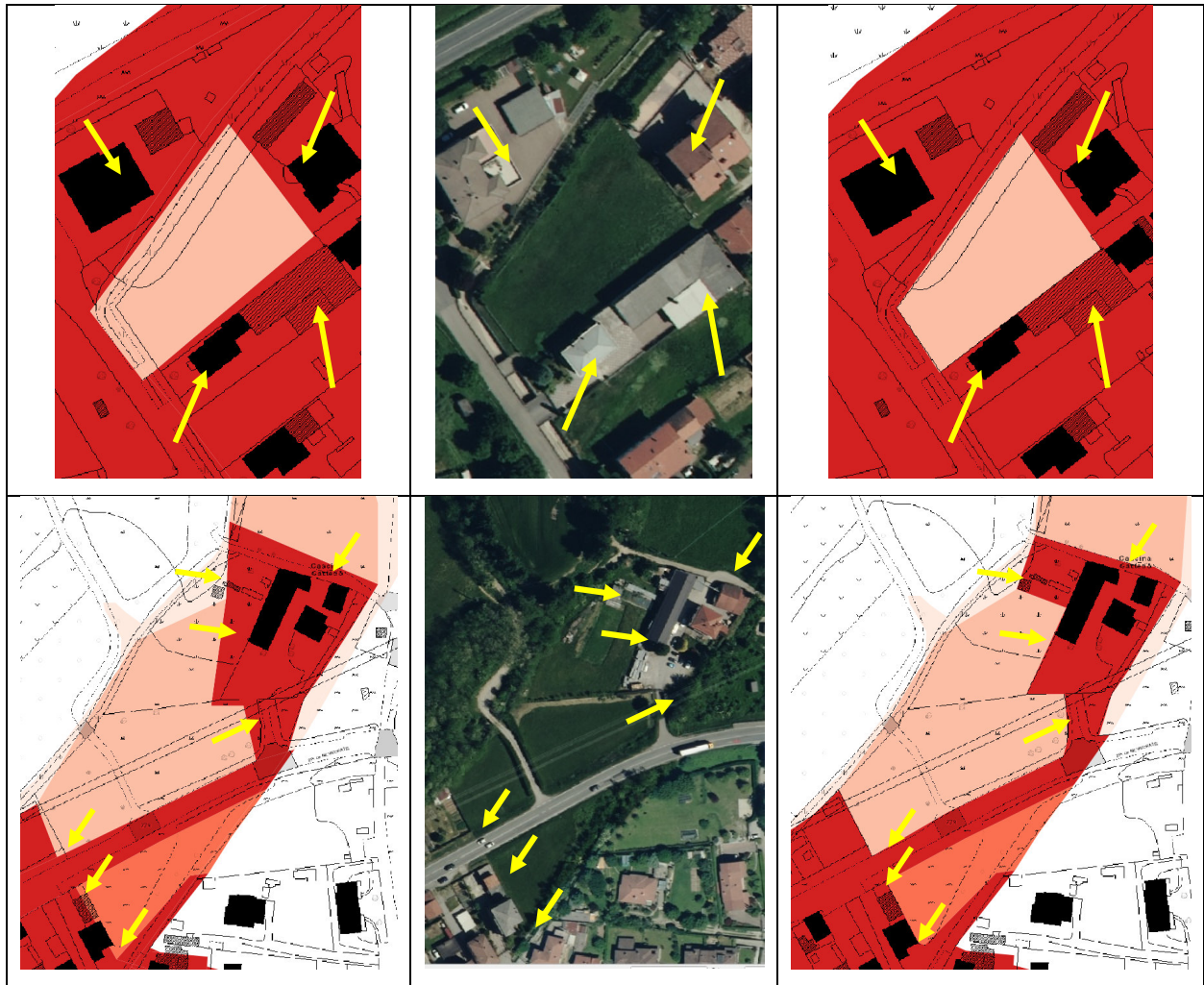
CLASSE D4	CLASSE D3	CLASSE D2	CLASSE D1
1111 Tessuto residenziale denso	133 Cantieri	211 Seminativi	134 Aree degradate non utilizzate e non vegetate
1112 Tessuto residenziale continuo mediamente denso	12124 Cimiteri	1411 Parchi e giardini	231 Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive
1121 Tessuto residenziale discontinuo	132 Discariche	221 Vigneti	311 Boschi di latifoglie
1122 Tessuto residenziale rado e nuclei forme	131 Cave	222 Frutti e frutti minori	312 Boschi conifere
1123 Tessuto residenziale sparso	2113 Colture orticole	223 Oliveti	313 Boschi misti
11231 Cascine	2114 Colture foro-vivaistiche	3114 Castagneti da frutto	314 Rimboschimenti recenti
1424 Aree archeologiche	2115 Orti familiari	213 Risale	321 Praterie naturali d'alta quota
12122 Impianti di servizi pubblici e privati		2313 Marche	322-324 Cespuglieti
12111 Insediamenti industriali, artigianali, commerciali		1412 Aree verdi incolte	332 Accumuli detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione
12112 Insediamenti produttivi agricoli		2241 Pioppeti	333 Vegetazione rada
12121 Insediamenti ospedalieri		2242 Altre legnose agrarie	411 Vegetazione delle aree umide interne e delle torbiere
12123 Impianti tecnologici			3113 Formazioni ripariali
1222 Reti ferroviarie e spazi accessori			3222 Vegetazione dei greli
123 Aree portuali			3223 Vegetazione degli argini sopraelevati
12125 Aree militari obbliterate			511 Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali
124 Aeroporti ed eliporti			5121 Bacini idrici naturali
1421 Impianti sportivi			5123 Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda
1423 Parchi divertimento			5122 Bacini idrici artificiali
1422 Campi e strutture turistiche e ricettive			335 Ghiacciai e nevi perenni

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

Ove necessario per la presenza di evidenti errori materiali, i perimetri delle zone riportati nel Dusaf 07 sono stati localmente corretti sulla base del confronto con l'**ortofoto AGEA 2021** pubblicata sul Geoportale di Regione Lombardia.

Di seguito si riportano alcuni esempi di imprecisioni del DUSAF 07 corrette sulla base dell'ortofoto 2021:





I mappali liberi n3876-3877-3878 in via per Gattedo sono circondati da particelle edificate, per analogia con quanto stabilito dall'art. 39, comma 1, lettera C del PAI, sono quindi considerati "lotti interclusi", in accordo con quanto condiviso coi funzionari di Regione Lombardia in data 05-06-2024; pertanto vengono equiparati ai lotti circostanti quindi riclassificati in classe D4 secondo i criteri del DUSAF.



I mappali liberi n2928-1934-1355-1375 lungo via Cadorna in base all'ortofoto 2021 verso ovest non hanno edificazioni e quindi non si considerano interclusi, ma di frangia e quindi in classe DUSAF D2.



Per la valutazione del rischio, si adotta la seguente matrice in ottemperanza alle direttive vigenti:

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

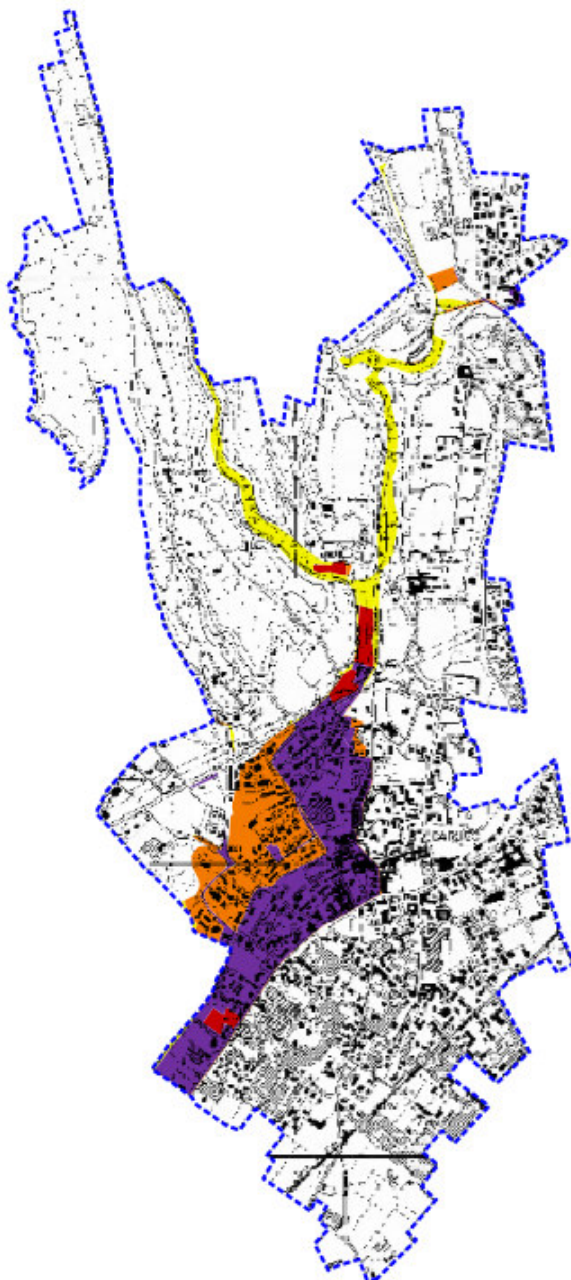
Matrice 1

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

La cartografia risultante del pericolo, del danno potenziale e del rischio idraulico nelle aree allagabili di Carugo è riportata nelle tavole allegate a fine testo.

Rischio per esondazione (Generato da Ortofoto AGEA2021 e Variante PGRA Agosto 2023)

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



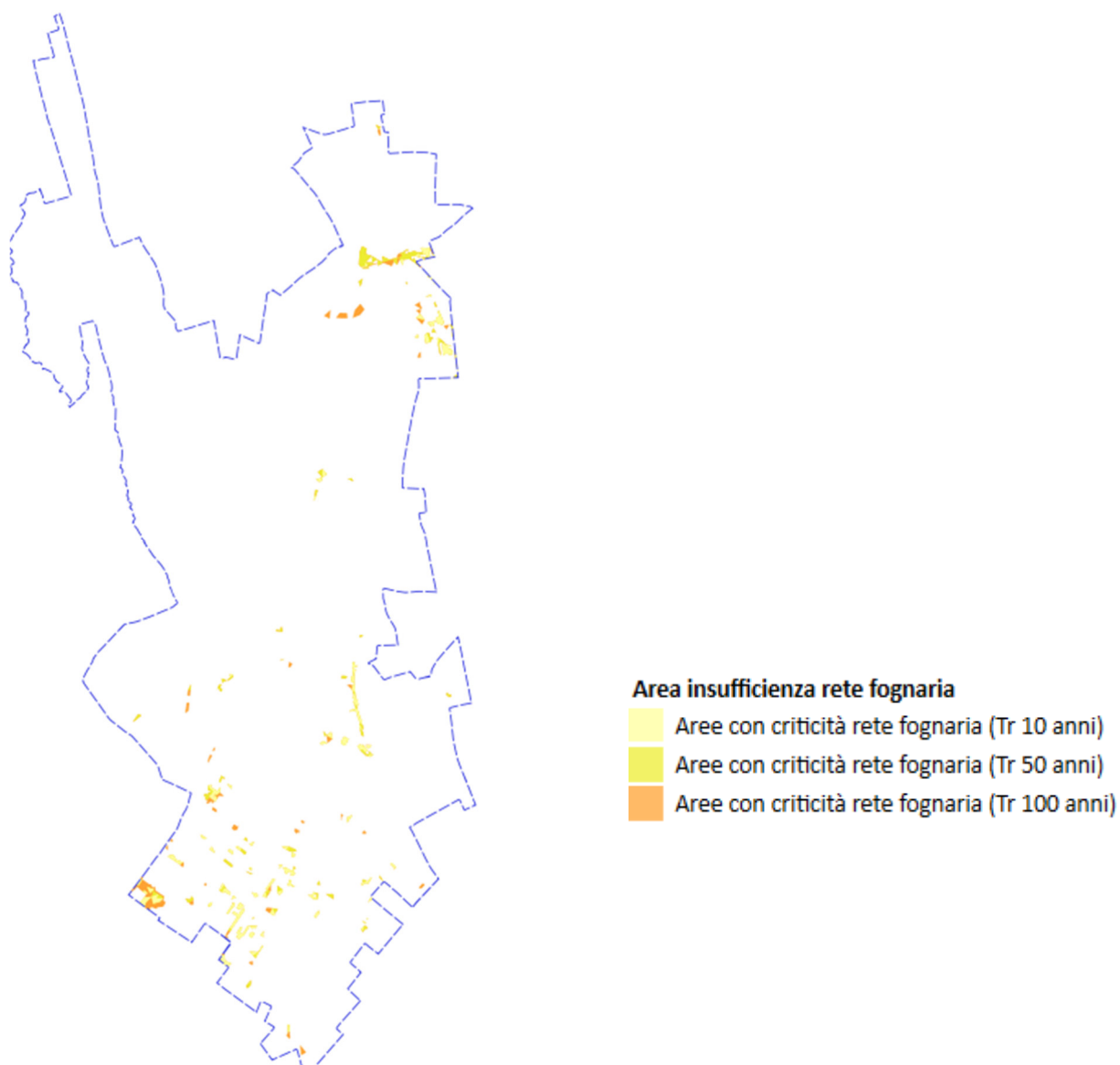
Le aree edificate classificate a rischio **R4** (colore viola) dovranno essere considerate nel Piano di Protezione Civile Comunale, per sviluppare/adequare gli scenari di intervento. A tal fine si potrà consultare lo studio idraulico condotto dallo scrivente sulla Roggia Vecchia per valutare il grado di pericolosità locale.

7.2.2 STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

L'aggiornamento della carta PAI-PGRA deve contenere alcuni dei contenuti dello "Studio Comunale di gestione del Rischio Idraulico".

Nella Tav. 6 sono quindi riportate le informazioni contenute nel documento "Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico" redatto da WISE Engineering srl nel giugno 2026.

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

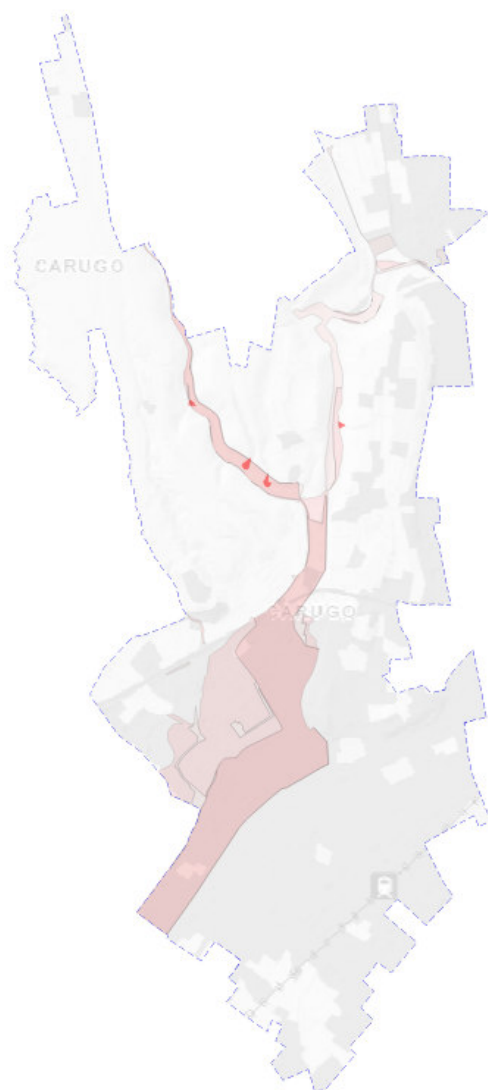


8 AGGIORNAMENTO CARTA DEI VINCOLI (Tav. 7)

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 vigente 2024)
- Vincoli derivanti dal P.T.R. (Strumenti Operativi - aggiornamento 2025)
- Vincoli derivanti dal P.T.C.P.
- Piano Cave della Provincia di Como
- Vincoli di Polizia Idraulica (vedi studio R.I.M. comunale vigente)
- Aree di salvaguardia captazioni idropotabili
- Studio Comunale di Gestione Rischio Idraulico
- Limite Parco delle Groane e della brughiera briantea

8.1 VINCOLI PAI E PGRA



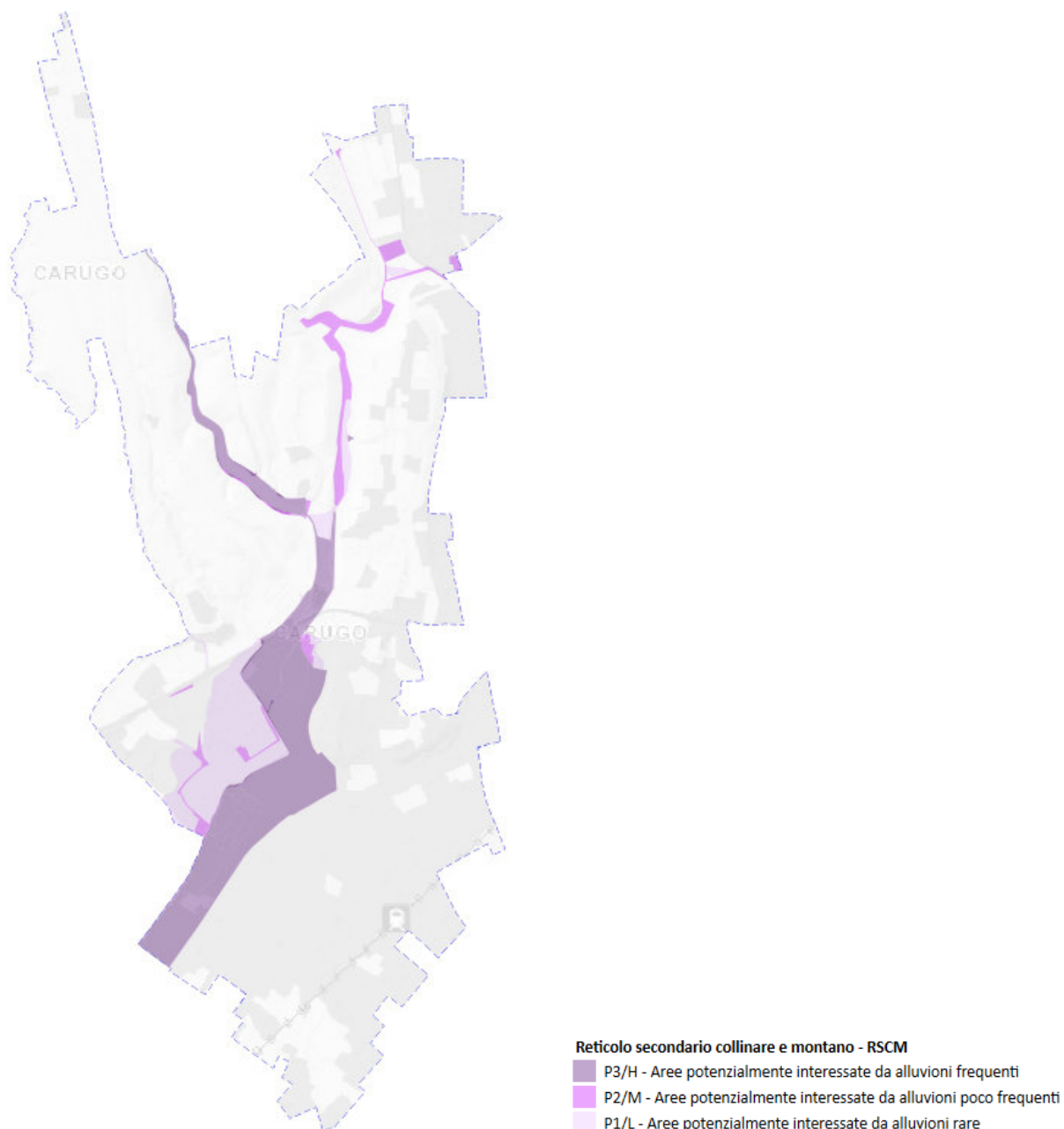
I tematismi riferiti al PAI sono tratti dal Geoportale di Regione Lombardi; il territorio di CARUGO è interessato da ambiti in dissesto PAI di natura alluvionale. Non sono presenti fasce fluviali PAI:

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)
- CONOIDI: Area di conoide attiva non protetta (Ca)

Anche i tematismi riferiti al PGRA sono stati estratti dal Geoportale di Regione Lombardia.

Nel comune di CARUGO sono presenti ambiti PGRA – RSCM:



Gli ambiti PGRA – RSCM sono stati oggetto di approfondimento per la pericolosità e il rischio idraulico. Per tale aspetto si rimanda allo specifico studio idraulico sulla Roggia Vecchia allegato al presente aggiornamento.

Nella Carta PAI-PGRA (Tav. 6) sono indicate anche le aree allagabili per insufficienza della rete fognaria distinte per tempo di ritorno di 10, 50 e 100 anni, così come richiesto dalla d.g.r. 6738/2017.

8.2 VINCOLI DERIVANTI DAL P.T.R

Il Piano Territoriale Regionale (PTR) è lo strumento di supporto all'attività di *governance* territoriale della Lombardia. Il PTR è aggiornato annualmente mediante il Programma Regionale di Sviluppo (PRS), oppure con il Documento di Economia e Finanza regionale (DEFR).

Per il corretto recepimento negli strumenti di governo del territorio delle previsioni del PTR classificate quali "Obiettivi prioritari di interesse regionale o sovraregionale" ai sensi dell'art. 20, cc. 4 e 5 della L.R.12/2005, gli Strumenti Operativi contengono le seguenti Tabelle:

- Obiettivi infrastrutturali prioritari di interesse regionale e sovraregionale (art. 20, comma 4 L.R.12/2005)
- Progetti e studi di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo
- Elenco Comuni tenuti all'invio del PGT (o sua variante) in Regione (L.R.12/2005 art. 13 comma 8)

Con delibera n. 6037 del 20 aprile 2026, la Giunta regionale ha approvato l'Adeguamento del Piano Territoriale Regionale (PTR) ai sensi dell'art. 22, comma 1 bis della L.R.11 marzo 2005 n. 12, pubblicato sul BURL serie ordinaria n. 18 del 29 aprile 2026.

Per quanto riguarda il P.T.R., nella componente geologica 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".



Sul territorio del comune di CARUGO non si segnalano ambiti riportati nella Tabella "Progetti di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo" contenuta negli Strumenti Operativi.

8.4 VINCOLI DERIVANTI DAL P.T.C.P

Come indicato nel capitolo 4, il PTCP di Como è aggiornato al 2006.

Di seguito si riporta un estratto della Tav. A1.c – Difesa del Suolo del PTCP/2006 della Provincia di Como:



L'analisi della cartografia del PTCP indica la presenza di pozzi ad uso idropotabile per i quali vige il vincolo della tutela assoluta nel raggio di 10 m e la zona di rispetto. La zona di rispetto qui è ancora stabilita con il criterio geometrico dei 200 m. Nella Carta dei Vincoli la zona di rispetto dei pozzi è tuttavia quella approvata in sede di conferenza dei servizi nel 2009 e determinata in base al Criterio Temporale.

8.5 PIANO CAVE DELLA PROVINCIA DI COMO

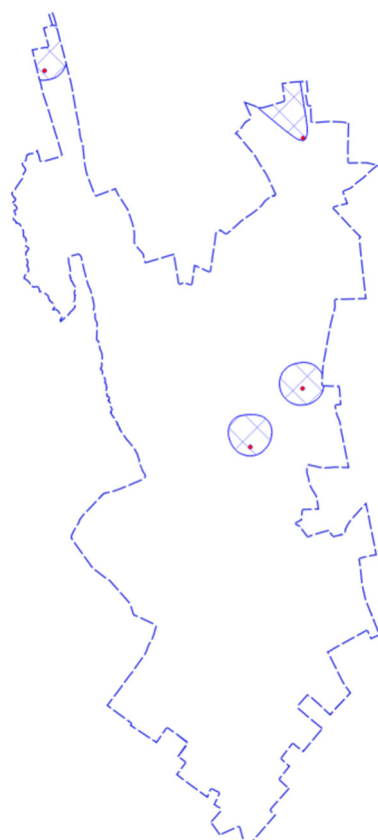
Con delibera del Consiglio Regionale n. XII/792 del 21-01-2025 è diventato vigente il “Nuovo Piano cave della Provincia di Como – Settori merceologici della sabbia-ghiaia e pietre ornamentali” pubblicato sul BURL serie ordinaria n. 6 del 08/02/2025.

Sul territorio di CARUGO non è presente alcun ambito estrattivo citato nel piano cave.

8.6 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 riportati solo i pozzi captati per uso idropotabile ricadenti sul territorio comunale di CARUGO.

Tali elementi sono stati aggiornati sulla base della nuova mappatura fornita dal gestore (Como Acque).

Nello specifico, i pozzi idropotabili sono stati ubicati nel rispetto della geolocalizzazione fornita dal gestore. Le fasce di rispetto dei pozzi sono state tracciate con criterio temporale (il tracciato dell’area di rispetto deriva dagli studi redatti dal dott. geol. Maurizio Nespoli tra il 2005 e il 2008 “Relazione idrogeologica – individuazione dei centri di pericolo presenti nelle zone di rispetto e misure da adottare per il loro allontanamento o messa in sicurezza” Comune di Carugo, e successive integrazioni. La nuova perimetrazione è stata oggetto di parere favorevole espresso dalla conferenza dei servizi del 12/01/2009 appositamente convocata.

8.7 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 di Polizia Idraulica Comunale vanno riportate nella Carta dei Vincoli. Il presente aggiornamento allo studio geologico recepisce i contenuti e le fasce mappate nel documento di polizia idraulica vigente riferite al reticolo minore.

Per quanto riguarda l'aspetto normativo, si rimanda al documento di Polizia Idraulica Comunale vigente redatto nel 2003 dallo Studio inGeo, 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.

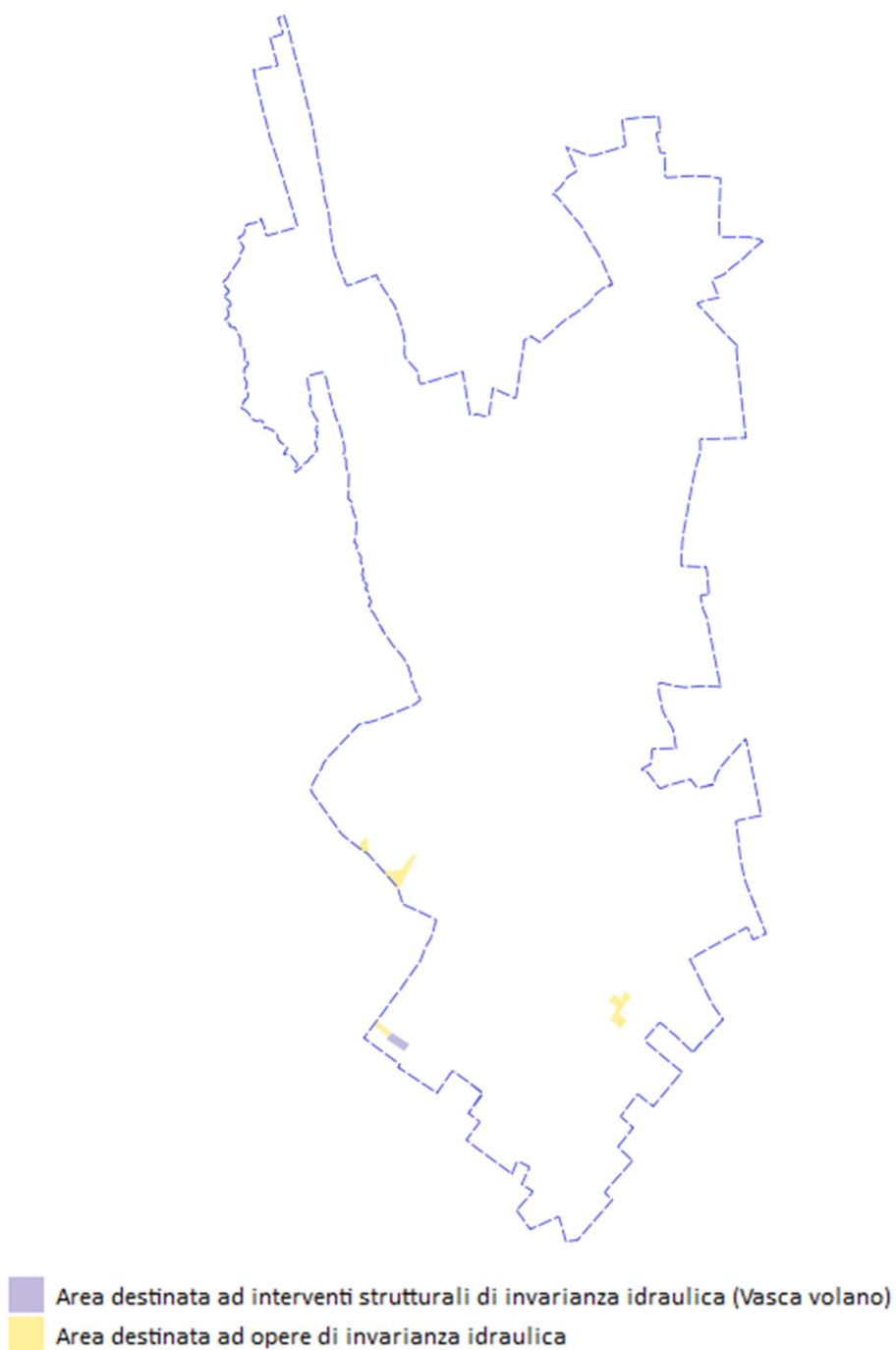


Fasce di rispetto

- Polizia idraulica - Fascia di rispetto (Vincolo assoluto)
- Polizia idraulica - Fascia di rispetto (Vincolo parziale)

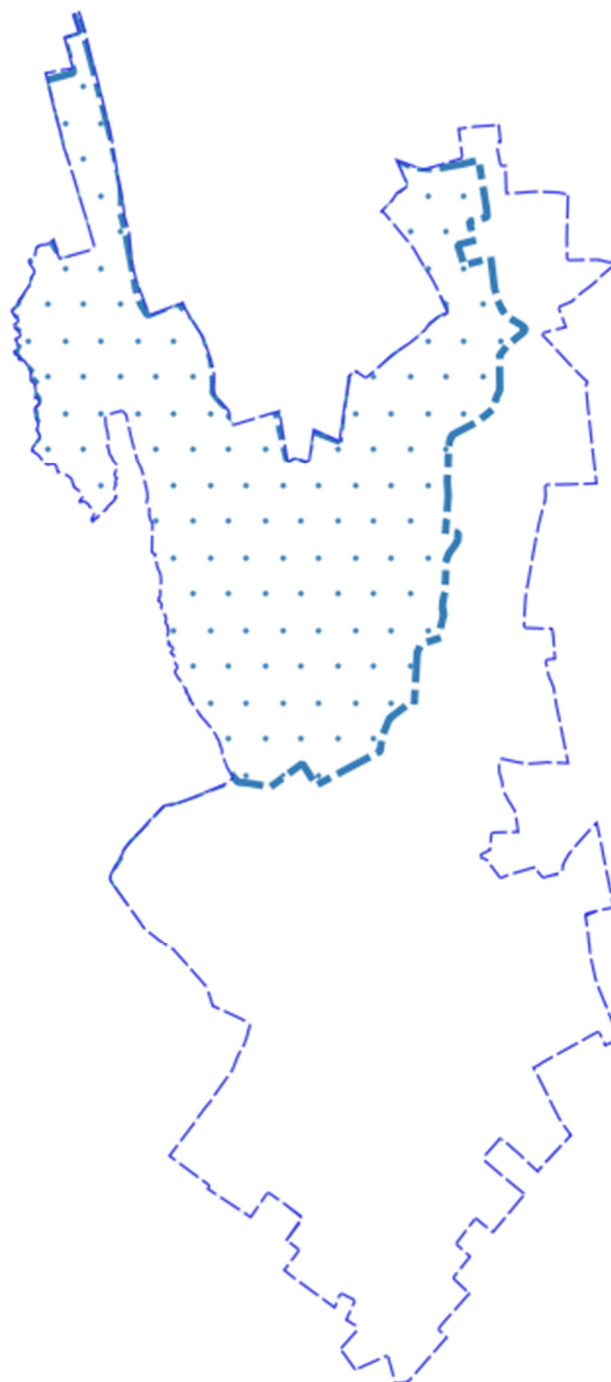
8.8 STUDIO COMUNALE DI GESTIONE RISCHIO IDRAULICO

Nella carta dei vincoli sono state inserite le aree destinate alla realizzazione di opere strutturali previste per la gestione delle acque meteoriche tratte dallo Studio Comunale di gestione del Rischio Idraulico redatto da WISE Engineering srl nel giugno 2026.



8.9 PARCO DELLE GROANE E DELLA BRUGHIERA BRIANTEA

Nella carta dei vincoli si rappresenta il limite del Parco delle Groane ove vigono le Norme di Piano del novembre 2021 per gli ambiti sottoposti a tutela morfologica e idrogeologica.



10 AGGIORNAMENTO CARTA DI SINTESI (Tav. 8)

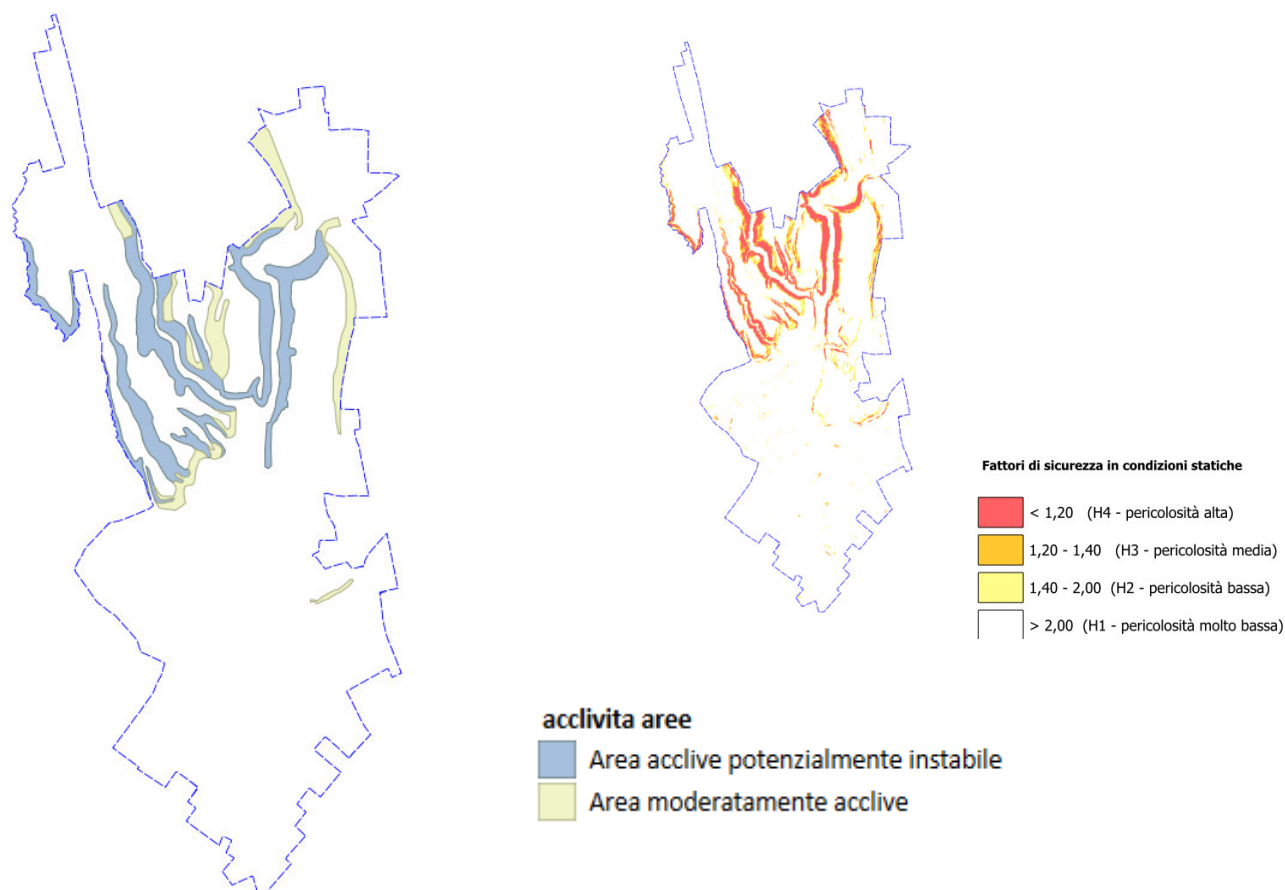
La Carta di Sintesi è redatta su tutto il territorio comunale, ad una scala tale da poter rappresentare le aree omogenee attraverso una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geomorfologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica-idrogeologica omogenee.

L'aggiornamento di questo elaborato ha comportato numerose modifiche dei limiti tra i poligoni 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 (es: sinkhole).

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.

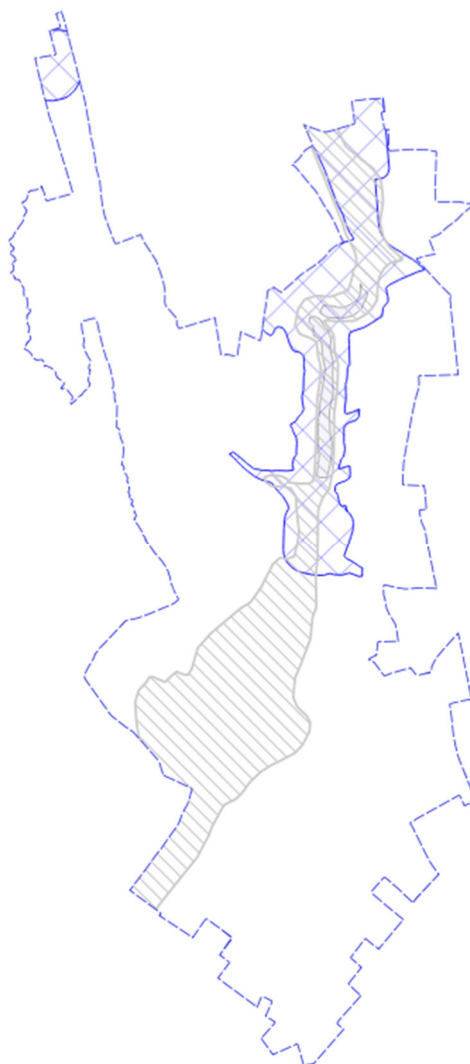
Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

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 esistente. Nel comune di CARUGO gli ambiti instabili corrispondono alle più aree acclivi del territorio individuate dai sopralluoghi e dall'elaborazione tramite programma GIS nella carta della stabilità con metodo semplificato del pendio indefinito (vedi Tav 2), realizzata sulla base del DTM, secondo l'allegato 2 della DGR 2616/2011.



Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

Gli elementi vulnerabili per la falda acquifera sono stati valutati sulla base del contesto rilevato, dall'elaborazione della soggiacenza della falda sulla base di dati più aggiornati e dalla presenza di pozzi pubblici idropotabili ubicati in contesti morfologici con tendenza al richiamo idrico.



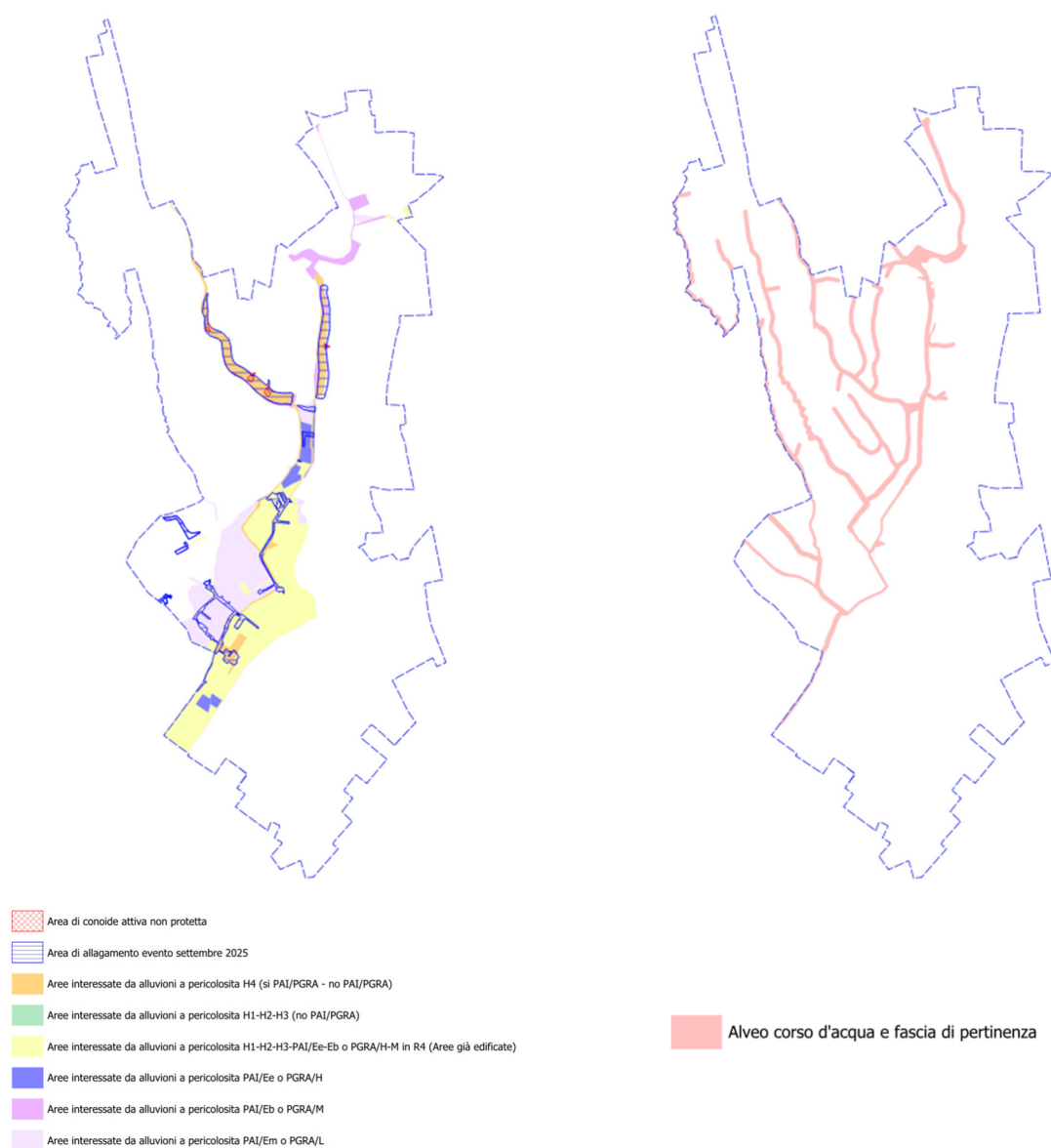
Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

-  Area a bassa soggiacenza della falda (da 0 a -5 m da p.c.)
-  Area con emergenze idriche diffuse
-  Area di protezione dell'acquifero captato e dei fontanili

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

In questa categoria sono stati inseriti gli ambiti del territorio interessati da esondazioni torrentizie. Sono state mappate le aree direttamente occupate da alvei o incisioni vallive sede di scorrimento d'acqua anche solo temporaneo in corrispondenza delle piogge. Sono state inoltre distinte le aree adiacenti ai corsi d'acqua, aree adiacenti alle incisioni vallive con deflussi d'acqua meteorica. 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 dedotte dallo studio idraulico per la valutazione della pericolosità degli ambiti PGRA.



AMBITI PAI-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 indagini geognostiche esaminate o dalla bibliografia precedente.

Il territorio di CARUGO è potenzialmente interessato dalla possibile presenza di occhi pollini. L'analisi di tale aspetto è stata trattata nel capitolo 2.1.12 nel rispetto della d.g.r. 7564 del 2022.

Nella carta si riporta l'antico ambito della cava di argilla che era attiva decenni fa sul pianoro a ferretto alle spalle di loc. Gattedo.



Sono comprese anche le porzioni del pianalto a morfologia pianeggiante e le zone depresse rispetto alle aree circostanti caratterizzate da depositi superficiali con grado di permeabilità molto basso (depositi fluvioglaciali alterati). In terreni di tale natura la capacità di infiltrazione è molto ridotta e pertanto, in conseguenza di elevati apporti meteorici, queste aree sono soggette a fenomeni di ristagno superficiale temporaneo, particolarmente evidente in corrispondenza di alcune aree depresse a drenaggio impedito.

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

-  Area di cava colmata interessata da modifiche antropiche recenti o in atto
-  Aree a bassa o moderata pericolosità per occhi pollini (H1 - H2)
-  Area con materiale riportato, rilevati artificiali stabilizzati
-  Area con terreni alluvionali con eterogeneità laterali e verticali. Presenti strati limosi fino a 6 / 8 m di profondità
-  Terreni per lo più pianeggianti e argillosi (Ferretto) fino a 4 / 5 m di profondità, difficoltà di drenaggio. Locali aree di possibile ristagno

Elementi lineari

Si rappresentano in carta le principali opere di difesa del territorio. Si tratta per lo più di difese spondali realizzate in varie epoche e con varia tipologia lungo l'alveo della Roggia Vecchia a valle dello sbarramento che chiude la Valle di Brenna e determina l'invaso di laminazione a monte.

11 AGGIORNAMENTO CARTA P.S.L. (Tav. 9)

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".

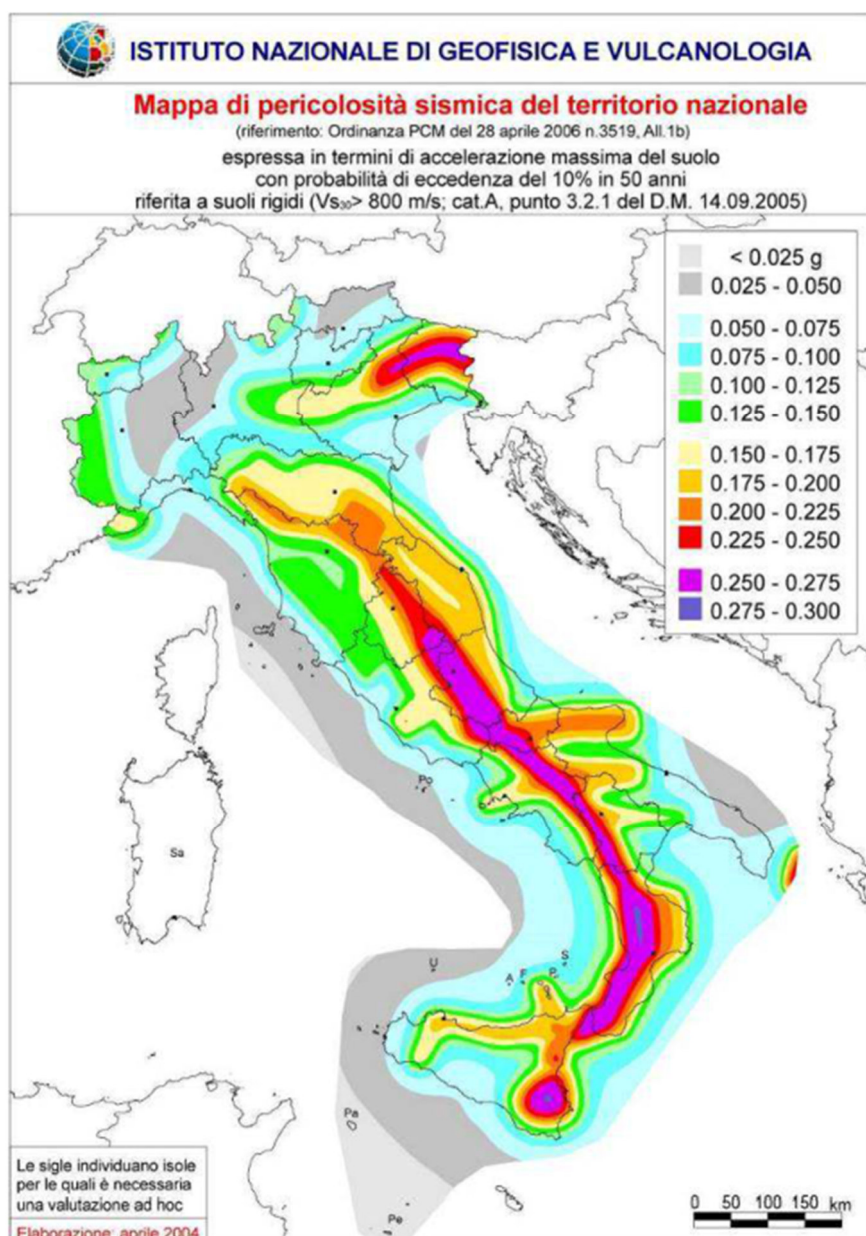
Per l'applicazione della normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003) l'intero territorio nazionale è suddiviso in zone sismiche, con grado di pericolosità crescente da 4 a 1 (vedi allegato A della normativa: classificazione 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.

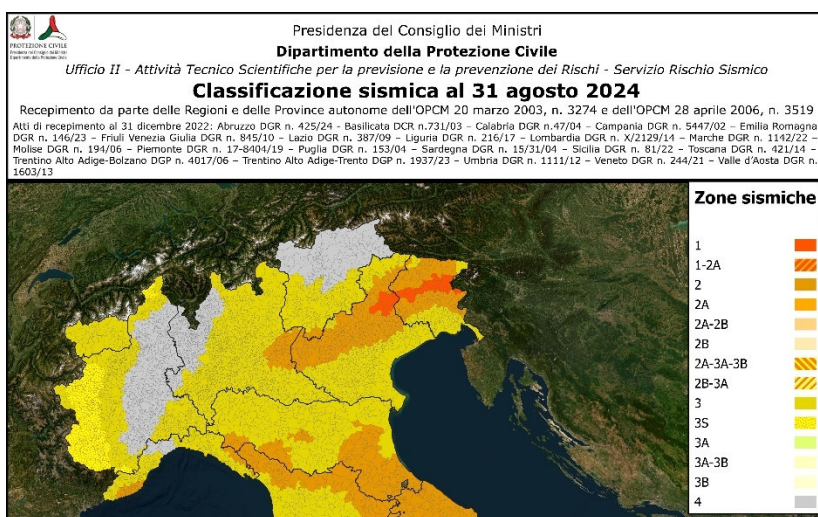
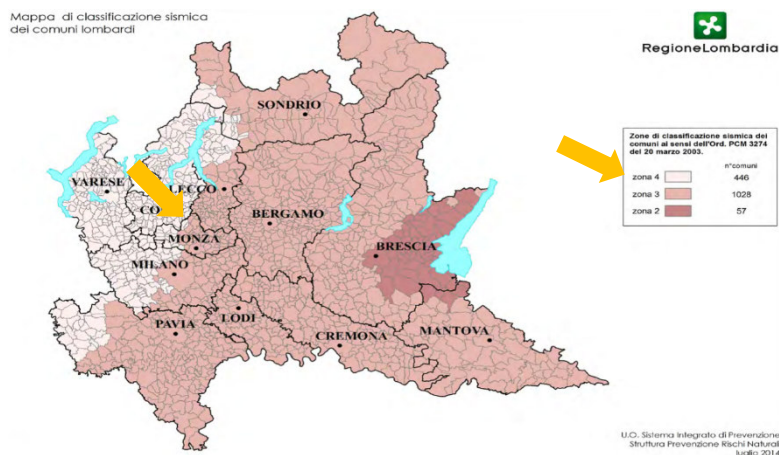
Di seguito si rappresenta la mappa riportata nell'Allegato 1B, rappresentante graficamente la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi caratterizzati da $VS_{30} > 800$ m/s.



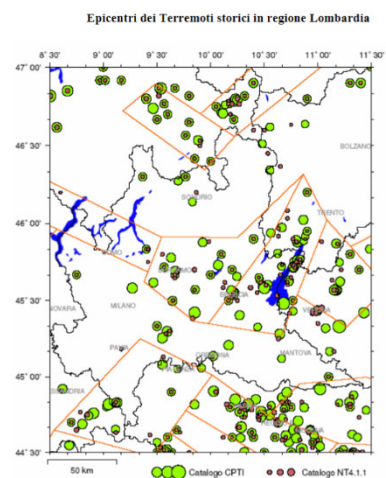
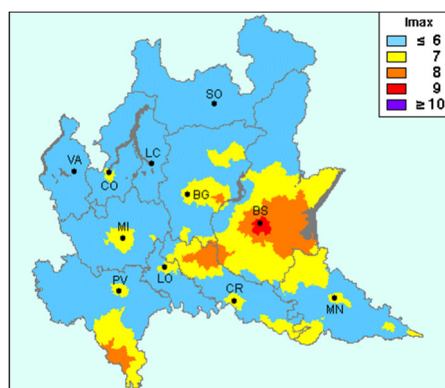
La Regione Lombardia, con la D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 ha recepito la classificazione sismica dei singoli comuni proposta dalla O.P.C.M. citata.

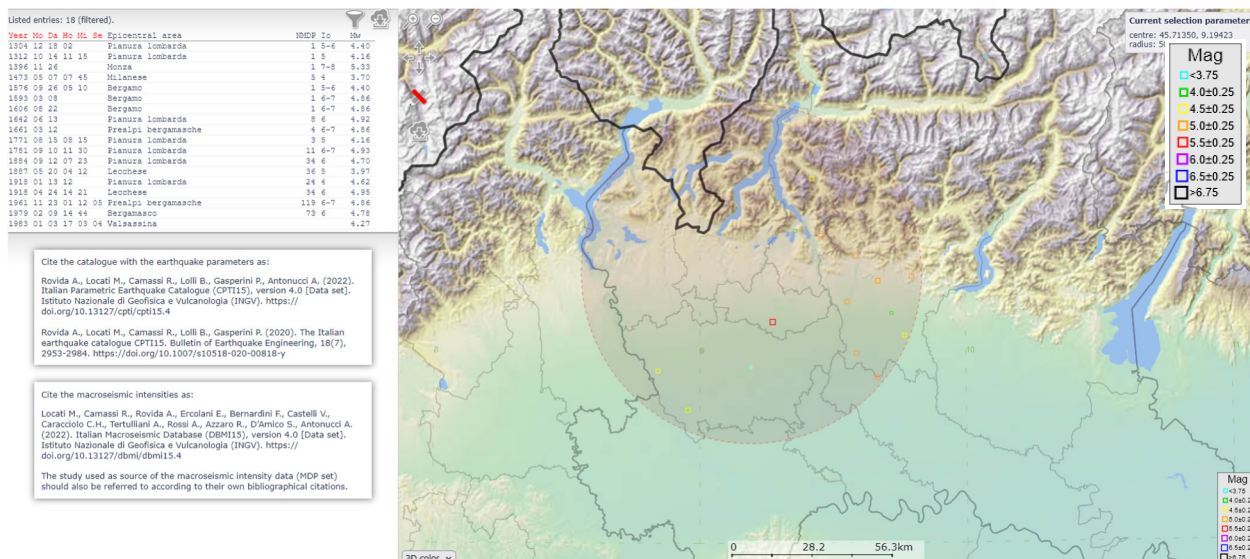
Con DGR n. 2129 del'11 luglio 2014 Regione Lombardia ha provveduto a riclassificare il proprio territorio dal punto di vista sismico. La nuova zonazione sismica (D.g.r. 11 luglio 2014 n° 2129) e la L.R.33/2015 sono entrambe efficaci dal 10 aprile 2016. In data 30 marzo 2016 con la D.G.R. n. X/5001, la 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 CARUGO 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
1396	11	26				Monza	1	7-8	5.33
1918	04	24	14	21		Lecchese	34	6	4.95
1781	09	10	11	30		Pianura lombarda	11	6-7	4.93
1642	06	13				Pianura lombarda	8	6	4.92
1593	03	08				Bergamo	1	6-7	4.86
1606	08	22				Bergamo	1	6-7	4.86
1661	03	12				Prealpi bergamasche	4	6-7	4.86
1961	11	23	01	12	05	Prealpi bergamasche	119	6-7	4.86
1979	02	09	14	44		Bergamasco	73	6	4.78
1884	09	12	07	23		Pianura lombarda	34	6	4.70
1918	01	13	12			Pianura lombarda	24	4	4.62
1304	12	18	02			Pianura lombarda	1	5-6	4.40
1576	09	26	05	10		Bergamo	1	5-6	4.40
1983	01	03	17	03	04	Valsassina			4.27
1312	10	14	11	15		Pianura lombarda	1	5	4.16
1771	08	15	08	15		Pianura lombarda	3	5	4.16
1887	05	20	04	12		Lecchese	36	5	3.97
1473	05	07	07	45		Milanese	5	4	3.70

11.1 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	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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
A	
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilevati isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

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 CARUGO, è previsto come obbligatorio solo 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.).

	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

11.1.1 Analisi di 1° Livello (Tav. 9)

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 sovra-consolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Nell'ambito del territorio comunale di CARUGO 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, dalla carta geologica del progetto CARG e dalla campagna geofisica (MASW e HVSr) condotta dallo Scrivente per il presente studio geologico.

Nella nuova *Carta della Pericolosità Sismica Locale* aggiornata (Tav. 9) 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 (comprese 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 CARUGO sono stati individuati ambiti con possibili effetti di amplificazione sismica locale riconducibili a:

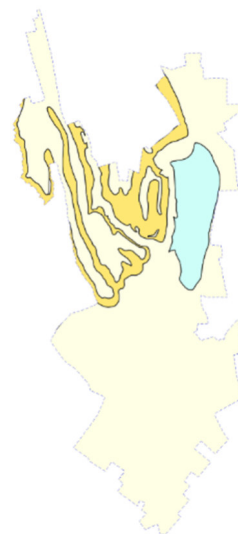
Effetti relativi ad instabilità



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

Effetti relativi ad amplificazione litologica

- **Z4a** Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi
- **Z4b** Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre
- **Z4c** Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)



Gli elementi poligonalari sono stati valutati principalmente sulla base della mappatura del CARG.

Considerata la bassa suscettibilità agli occhi pollini, in ottemperanza a quanto indicato al punto 1.4.3 della d.g.r. 7564 del 2022, non si indica la presenza potenziale di sinkhole in grado di dar luogo ad effetti di instabilità.

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

A supporto dei professionisti, alla Tav.9 delle PSL si allegano alcune indagini sismiche di riferimento per la valutazione orientativa e preliminare dei valori di Vs 30.

11.1.2 Analisi di 2° Livello (Per edifici strategici e rilevanti)

In zona sismica 4, in fase di pianificazione solo per gli edifici strategici e rilevanti di nuova previsione o in fase progettuale per quelli non attualmente previsti si rende necessario l'approfondimento di 2° livello per gli interventi che ricadono in ambiti suscettibili di amplificazioni sismiche di origine morfologica e litologica (poligoni Z3 e Z4 della carta PSL di 1 livello).

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 che deve essere applicata nell'ambito delle singole pratiche edilizie di edifici strategici e rilevanti.

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).

Per interventi di edifici strategici e rilevanti ricadenti in aree PSL interessate da amplificazione litologica Z4, si deve procedere alla caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione attesi, secondo l'approfondimento di 2° livello. I valori di F_a ottenuti da apposite indagini sismiche eseguite *in situ* andranno confrontati con i Valori di soglia del Fattore di amplificazione (F_s) attribuiti dalla normativa regionale al comune 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 V_s , 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 V_s dello strato superficiale, all'interno della scheda di valutazione scegliere la curva più appropriata per la determinazione del valore di F_a 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 F_a per le due diverse classi di periodo (0,1-0,5 e 0,5-1,5 secondi);
- confrontare i valori di F_a calcolati con i valori soglia F_s 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.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore al valore di soglia F_s 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 F_a è superiore al valore di soglia F_s 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.

Per il comune di CARUGO la normativa individua le seguenti soglie del valore di F_s :

PERIODO T DELLA STRUTTURA COMPRESO TRA 0.1-0.5 s strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide						
		Valore di soglia per Fs				
COMUNE CARUGO	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 CARUGO	Classificazione zona sismica 4	Suolo A	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
		1	1.7	2.4	4.2	3.1

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

A conclusione dell'aggiornamento dello Studio Geologico di supporto alla pianificazione territoriale del Comune di CARUGO è stata condotta la revisione della perimetrazione delle classi di fattibilità geologica a seguito dell'aggiornamento della Carta di Sintesi e delle nuove informazioni disponibili.

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 (comprendenti aree di distacco ed accumulo)	4
Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscamento 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 geotecniche 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, comprendenti 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 debolezza 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

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 eventualmente 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 dei punti di vista dell'instabilità dei versanti

-  Area acclive potenzialmente instabile
-  Area moderatamente acclive

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

-  Area a bassa soggiacenza della falda (da 0 a -5 m da p.c.)
-  Area con emergenze idriche diffuse
-  Area di protezione dell'acquifero captato e dei fontanili

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

-  Alveo corso d'acqua e fascia di pertinenza
-  Area di conoide attiva non protetta
-  Area di allagamento evento settembre 2025
-  Aree interessate da alluvioni a pericolosità H4 (si PAI/PGRA - no PAI/PGRA)
-  Aree interessate da alluvioni a pericolosità H1-H2-H3 (no PAI/PGRA)
-  Aree interessate da alluvioni a pericolosità H1-H2-H3-PAI/Ee-Eb o PGRA/H-M in R4 (Aree già edificate)
-  Aree interessate da alluvioni a pericolosità PAI/Ee o PGRA/H
-  Aree interessate da alluvioni a pericolosità PAI/Eb o PGRA/M
-  Aree interessate da alluvioni a pericolosità PAI/Em o PGRA/L

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

-  Area di cava colmata interessata da modifiche antropiche recenti o in atto
-  Aree a bassa o moderata pericolosità per occhi pollini (H1 - H2)
-  Area con materiale riportato, rilevati artificiali stabilizzati
-  Area con terreni alluvionali con eterogeneità laterali e verticali. Presenti strati limosi fino a 6 / 8 m di profondità
-  Terreni per lo più pianeggianti e argillosi (Ferroretto) fino a 4 / 5 m di profondità, difficoltà di drenaggio.
-  Locali aree di possibile ristagno

CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

Classe 2

-  Fattibilità con modeste limitazioni
-  2a - Aree a bassa o moderata pericolosità per occhi pollini (H1 - H2)

Classe 3

-  Fattibilità con consistenti limitazioni
-  3a - Aree interessate da alluvioni in ambiti PAI-Eb e/o PGRA-M no R4 (esterni ambiti edificati)
-  3b - Aree interessate da alluvioni a pericolosità H1-H2-H3 da studio idraulico o PAI/Em PGRA/L o H1-H2-H3 in PAI-PGRA/R4 (interni ambiti edificati) o allagamenti evento alluvionale 2025
-  3c - Area a vulnerabilità dell'acquifero
-  3d - Aree a moderatamente acclive
-  3e - Terreni eterogenei o scadenti o Area di cava interessata da modifiche antropiche recenti o in atto

Classe 4

-  Fattibilità con gravi limitazioni
-  4a - Alveo e fascia di rispetto o Aree interessate da alluvioni a pericolosità H4 o PGRA H esterno ambiti edificati
-  4b - Aree acclive potenzialmente instabili

Come indicato nella 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.

Tale ambito non va obbligatoriamente riportato anche nella carta della fattibilità geologica, ma trattandosi di aree contermini ai corsi d'acque e potenzialmente coinvolgibili dalle dinamiche torrentizie si è deciso di considerarle anche nella Carta della Fattibilità Geologica.

Per il comune di CARUGO, nella Carta di Sintesi e, conseguentemente, nella Carta della Fattibilità Geologica, si è ritenuto di mantenere l'indicazione del tracciato della fascia di rispetto del RIM e quella delle aree di esondazione derivanti da PAI, PGRA, tenendo conto anche dei risultati dello studio idraulico di dettaglio della Roggia Vecchia.

Le "aree potenzialmente instabili" ricadenti in classe 4 sono state determinate seguendo i criteri indicati nell'allegato 2 della dgr 2616/2011 (pendio indefinito – vedi capitolo 2.1.2), utilizzando la nuova cartografia (DBT regionale) e il DTM.

13 AGGIORNAMENTO NORME GEOLOGICHE DI PIANO

L'aggiornamento delle Norme Geologiche di Piano e la normativa sui vincoli sono contenuti nel fascicolo: "NORME GEOLOGICHE DI PIANO" allegato fuori testo che, insieme alla Carta della Fattibilità Geologica (Tav. 10), la Carta dei Vincoli (Tav. 7), la Carta PAI-PGRA (Tav. 6) e Carta della sismicità (Tav. 9) a cui fa riferimento, è parte integrante del Piano delle Regole.

Le norme sono state aggiornate tenendo conto sia delle nuove normative vigenti (es. PGRA, Sinkhole ecc.), sia delle nuove classi di fattibilità introdotte con l'aggiornamento della Carta di Fattibilità Geologica.



14 NOTE PER INTEGRAZIONE CON PIANO DI PROTEZIONE CIVILE COMUNALE

14.1 PAI – PGRA - RISCHIO

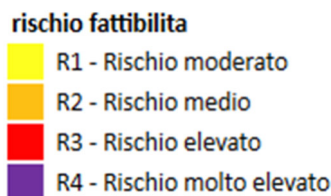
Come richiesto dalla D.G.R.X/6738 del 19-06-2017 il Piano di Emergenza Comunale dovrà essere aggiornato alle nuove perimetrazioni individuate dalla direttiva PAI e dal PGRA su tutto il territorio comunale. Particolare attenzione andrà posta alle aree R4 (in viola) evidenziate dal PGRA che individuano zone già edificate soggette ad alta pericolosità idraulica, individuate nello studio idraulico del Fiume Lambro, al quale si rimanda.

La DGR XI/7278 del 07-11-2022 chiede di verificare la coerenza tra il piano di protezione civile comunale e il PGT.

Di seguito si riportano alcuni estratti che individuano le aree maggiormente a rischio da considerare nell'ambito dell'aggiornamento del piano di protezione civile comunale:



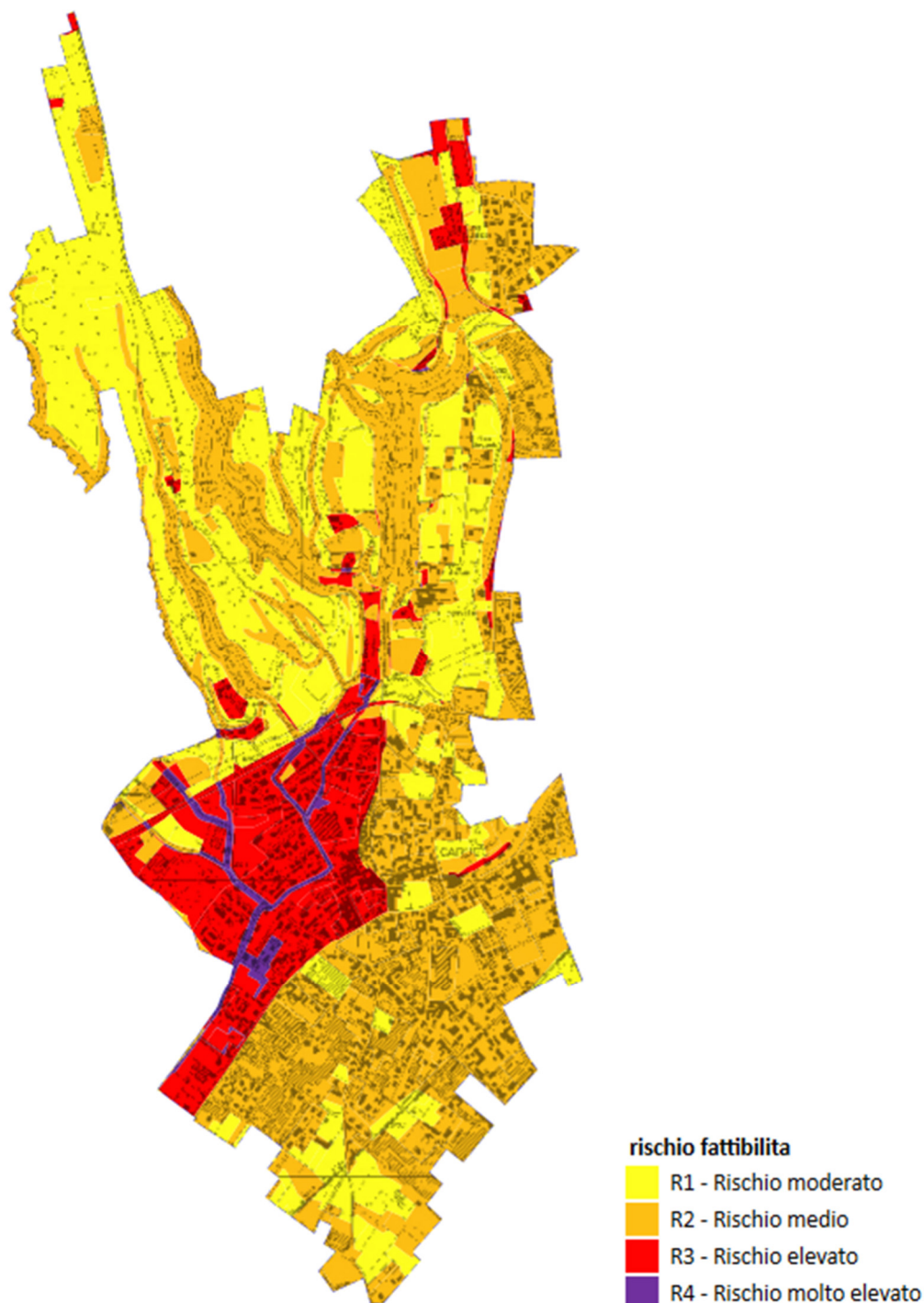
Dalla mappa, lungo i corsi d'acqua emergono alcune aree a rischio molto elevato R4, che dovranno essere oggetto di valutazione per la redazione di specifici scenari di intervento.



14.2 FATTIBILITÀ GEOLOGICA - RISCHIO

Per individuare le aree soggette a rischio idrogeologico, è stata fatta un confronto tra le aree interessate da elementi vulnerabili con le classi di fattibilità geologica, al fine di individuare i punti più critici del territorio, che andranno considerati nel Piano di Protezione Civile comunale con scenari specifici e procedure adeguate.

Di seguito si riporta una illustrazione che rappresenta la distribuzione del rischio idrogeologico generale nel comune di Carugo:



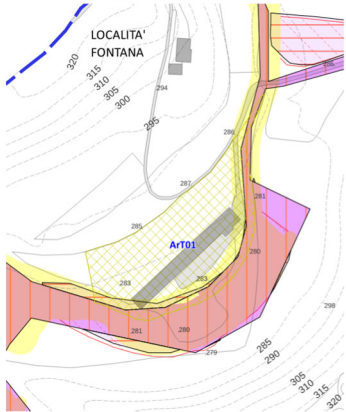
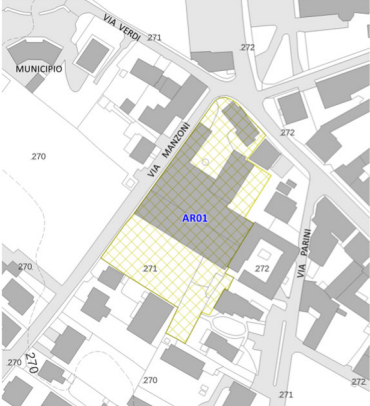
Aggiornamento componente geologica PGT - Comune di CARUGO (Co) – 2026

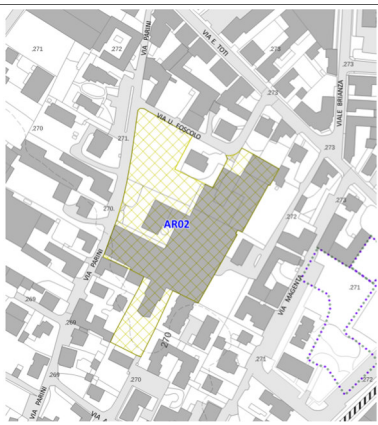
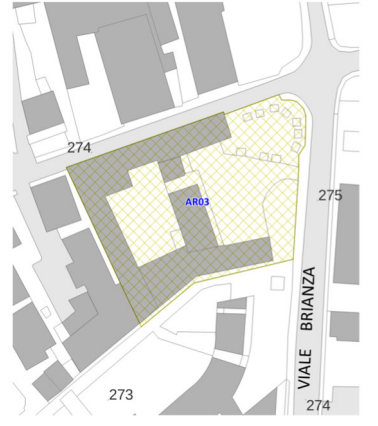
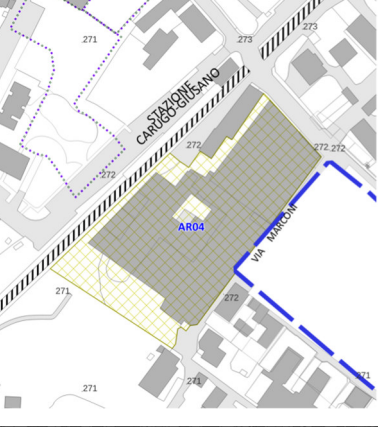
15 CONGRUITA' TRA VINCOLI COMPONENTE GEOLOGICA, PAI-PGRA E PREVISIONI URBANISTICHE

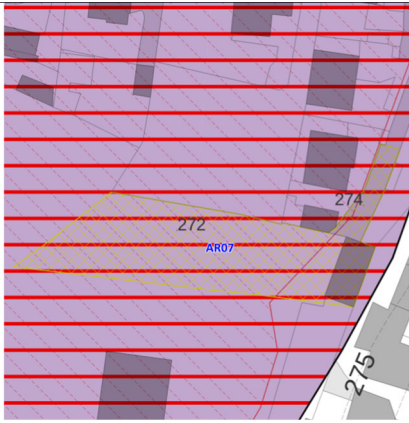
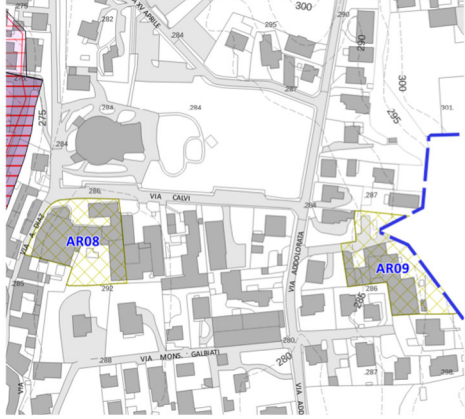
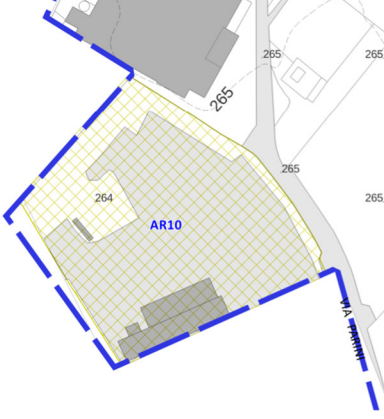
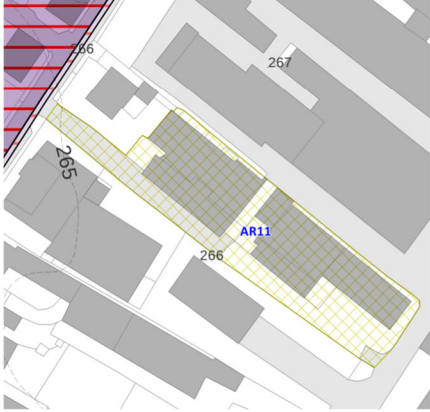
Di seguito si riporta la sovrapposizione tra gli Ambiti di Rigenerazione Urbana, ambiti di Trasformazione e Piani Attuativi con convenzione vigente forniti via mail in data 21-07-2026 dall'urbanista (Studio Coppa) con gli elementi a vincolo indicati nella Carta dei Vincoli, nella carta PAI-PGRA e con la classe 4 di fattibilità geologica.

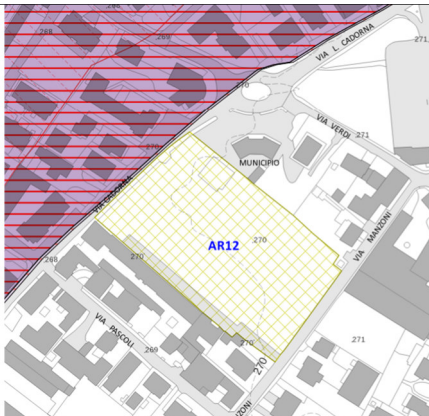
Nella tabella sottostante, per ogni ambito di trasformazione si rappresentano gli eventuali vincoli di carattere geologico presenti nell'area circostante.

Ambiti di Rigenerazione

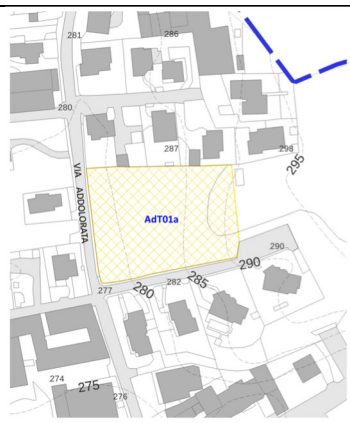
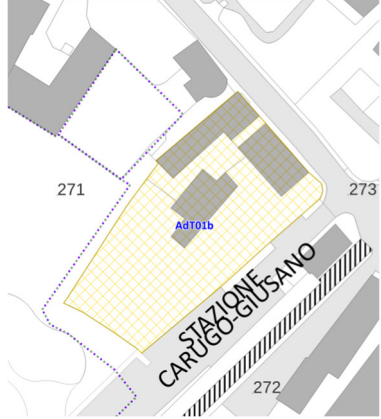
 CARUGO - Trasformazioni PGT2026 Ambito di Rigenerazione Territoriale ArT01 VINCOLI GEOLOGICI Vincolo Polina sismica (Rev. novembre 2024) (NT capitolo 4) ■ Polina sismica - Fascia di rispetto (vincolo assoluto) ■ Polina sismica - Fascia di rispetto (vincolo parziale) Area in alluvione (NT capitolo 5) ■ Frazionazioni e alluvioni di carattere torrentizio ■ FONDACIOMI: Area a pericolosità elevata (E3) ■ FONDACIOMI: Area a pericolosità media o moderata (E2) Piano di gestione dei rischi di alluvione - PGRA. Proposta di modifica (NT capitolo 6) ■ Rischio secondario collinare e montano - RSCM ■ F2M: Area potenzialmente interessata da alluvioni poco frequenti ■ F1L: Area potenzialmente interessata da alluvioni rare	ArT01 <u>Vincoli geologici:</u> RSCM-M/L, PAI Eb/Em, RIM <u>Fattibilità geologica:</u> 3abc 4a
 CARUGO - Trasformazioni PGT2026 Ambito di Rigenerazione Urbana AR01	AR01 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a

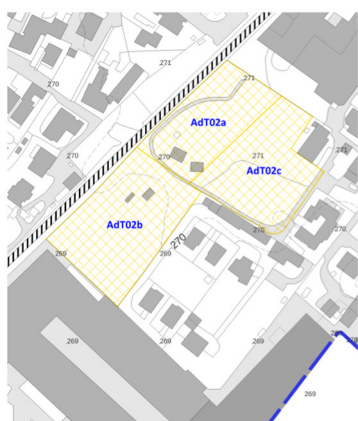
 CARUGO - Trasformazioni PGT2026 ■ Ambito di rigenerazione urbana AR02 VINCOLI GEOLOGICI Studio comunale di gestione del rischio idraulico 2026 (NT capitolo 7) ■ Area destinata ad opere di invarianza idraulica	AR02 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
 CARUGO - Trasformazioni PGT2026 ■ Ambito di rigenerazione urbana AR03 VINCOLI GEOLOGICI Studio comunale di gestione del rischio idraulico 2026 (NT capitolo 7) ■ Area destinata ad opere di invarianza idraulica	AR03 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
 CARUGO - Trasformazioni PGT2026 ■ Ambito di rigenerazione urbana AR04 VINCOLI GEOLOGICI Studio comunale di gestione del rischio idraulico 2026 (NT capitolo 7) ■ Area destinata ad opere di invarianza idraulica	AR04 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
 CARUGO - Trasformazioni PGT2026 ■ Ambito di rigenerazione urbana AR05a ■ Ambito di rigenerazione urbana AR05b ■ Ambito di rigenerazione urbana AR06a ■ Ambito di rigenerazione urbana AR06b VINCOLI GEOLOGICI Studio comunale di gestione del rischio idraulico 2026 (NT capitolo 7) ■ Area destinata ad opere di invarianza idraulica	AR05a AR05b AR06a AR06b <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a

 CARUGO - Trasformazioni PGT2026 Ambito di rigenerazione urbana AR07 VINCOLI GEOLOGICI Vincolo Polizia Idraulica (Rev. novembre 2024) (NT capitolo 4) Polizia idraulica - Fascia di rispetto (Vincolo parziale) Aree in dissesto PAI (NT capitolo 5) Esondazioni e dissesti di carattere torrentizio ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata (Ee) Piano di gestione dei rischi di alluvione - PGRA Proposta di modifica (NT capitolo 6) Reticolo secondario collinare e montano - RSCM P3/H - Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti P1/L - Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare	AR07 <u>Vincoli geologici:</u> RSCM-H/R4, PAI Ee, <u>Fattibilità geologica:</u> 3bce
 CARUGO - Trasformazioni PGT2026 Ambito di rigenerazione urbana AR08 Ambito di rigenerazione urbana AR09 VINCOLI GEOLOGICI Vincolo Polizia Idraulica (Rev. novembre 2024) (NT capitolo 4) Polizia idraulica - Fascia di rispetto (Vincolo parziale) Aree in dissesto PAI (NT capitolo 5) Esondazioni e dissesti di carattere torrentizio ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata (Ee) ESONDAZIONI: Area a pericolosità media o moderata (Em) Piano di gestione dei rischi di alluvione - PGRA Proposta di modifica (NT capitolo 6) Reticolo secondario collinare e montano - RSCM P3/H - Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti P1/L - Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare	AR08 AR09 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
 CARUGO - Trasformazioni PGT2026 Ambito di rigenerazione urbana AR10 VINCOLI GEOLOGICI Aree in dissesto PAI (NT capitolo 5) Esondazioni e dissesti di carattere torrentizio ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata (Ee) ESONDAZIONI: Area a pericolosità media o moderata (Em) Piano di gestione dei rischi di alluvione - PGRA Proposta di modifica (NT capitolo 6) Reticolo secondario collinare e montano - RSCM P3/H - Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti P1/L - Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare	AR10 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
 CARUGO - Trasformazioni PGT2026 Ambito di rigenerazione urbana AR11 VINCOLI GEOLOGICI Aree in dissesto PAI (NT capitolo 5) Esondazioni e dissesti di carattere torrentizio ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata (Ee) ESONDAZIONI: Area a pericolosità media o moderata (Em) Piano di gestione dei rischi di alluvione - PGRA Proposta di modifica (NT capitolo 6) Reticolo secondario collinare e montano - RSCM P3/H - Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti P1/L - Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare	AR11 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a

 CARUGO - Trasformazioni PGT2026 Ambito di rigenerazione urbana AR12 VINCOLI GEOLOGICI Vincolo Polizia Idraulica (Rev. novembre 2024) (NT capitolo 4) Polizia idraulica - Fascia di rispetto (Vincolo parziale) Aree in dissesto PAI (NT capitolo 5) Esondazioni e dissesti di carattere torrentizio ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata (Ee) ESONDAZIONI: Area a pericolosità media o moderata (Em) Piano di gestione dei rischi di alluvione - PGRA Proposta di modifica (NT capitolo 6) Reticolo secondario collinare e montano - RSCM P3/H - Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti P1/L - Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare	AR12 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
--	--

Ambiti di Trasformazione

	AdT01a <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
 VINCOLI GEOLOGICI Studio comunale di gestione del rischio idraulico 2026 (NT capitolo 7) *** Area destinata ad opere di invarianza idraulica	AdT01b <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a



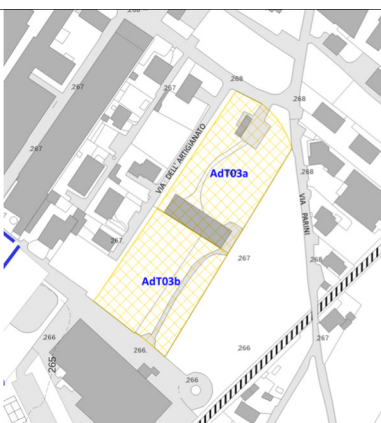
AdT02a-b-c

Vincoli geologici:

//

Fattibilità geologica:

2a



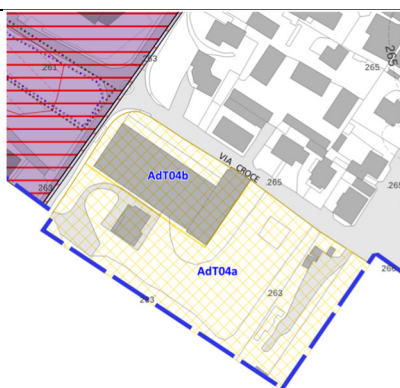
AdT03a-b

Vincoli geologici:

//

Fattibilità geologica:

2a



VINCOLI GEOLOGICI

Vincolo Polizia idraulica (Rev. novembre 2024) (NT capitolo 4)
Polizia idraulica - Fascia di rispetto (vincolo parziale)

Aree in dissesto PAI (NT capitolo 5)

Esondazioni e dissesti di carattere torrentizio

ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata (E4)

ESONDAZIONI: Area a pericolosità media o moderata (E3)

Piano di gestione dei rischi di alluvione - PGRA. Proposta di modifica (NT capitolo 6)

Reticolo secondario collinare e montano - RSCM

P1/H - Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti

P1/L - Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare

Studio comunale di gestione del rischio idraulico 2026 (NT capitolo 7)

Area destinata ad interventi strutturali di invarianza idraulica (bassa vulnerabilità)

Area destinata ad opere di invarianza idraulica

AdT04a-b

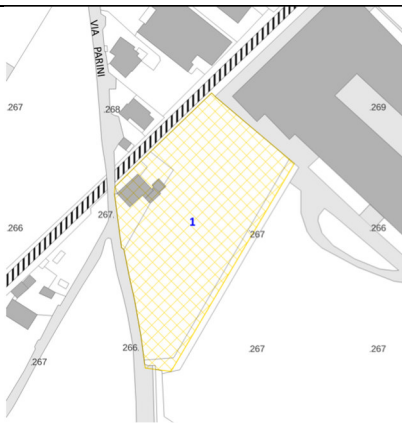
Vincoli geologici:

//

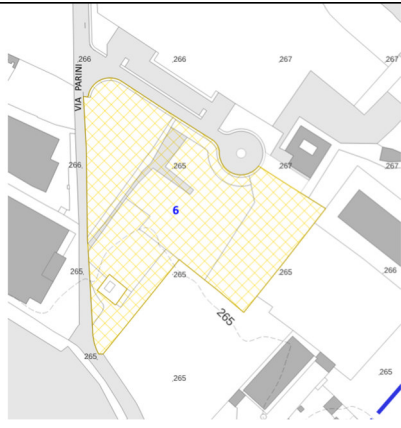
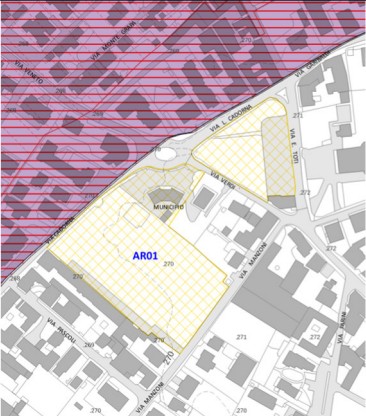
Fattibilità geologica:

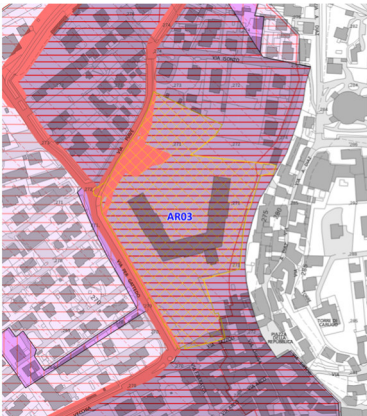
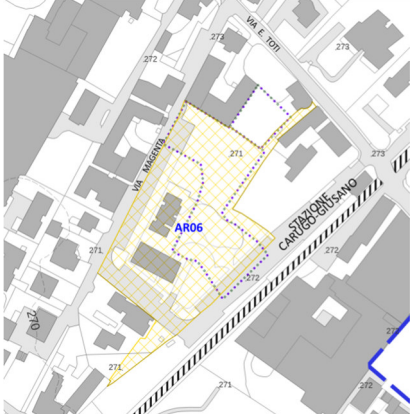
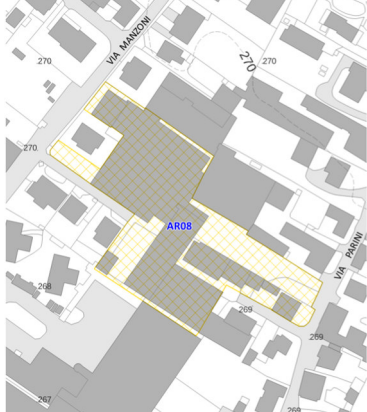
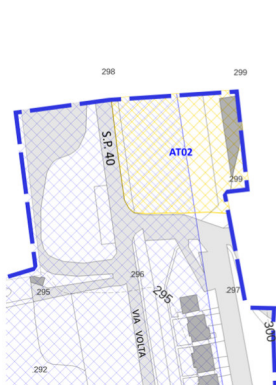
2a

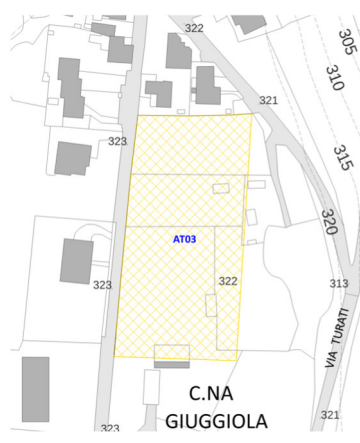
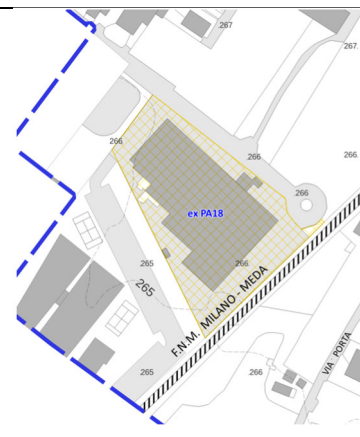
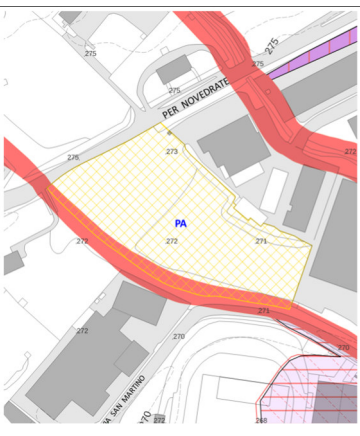
Piani attuativi

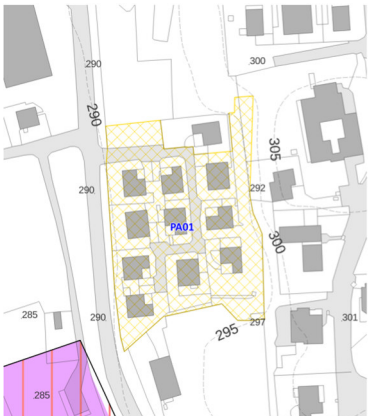
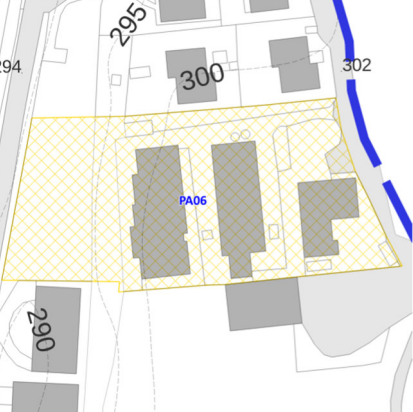
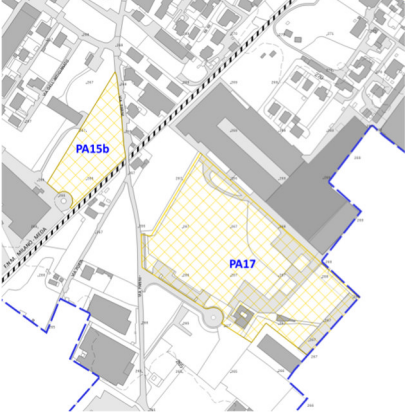
	PdR1 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
---	--

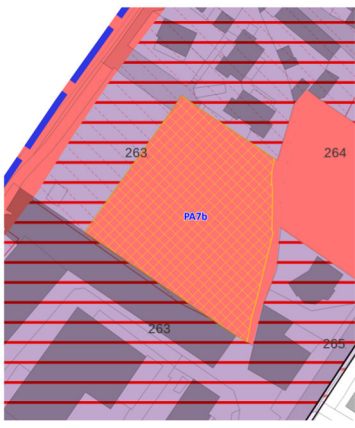
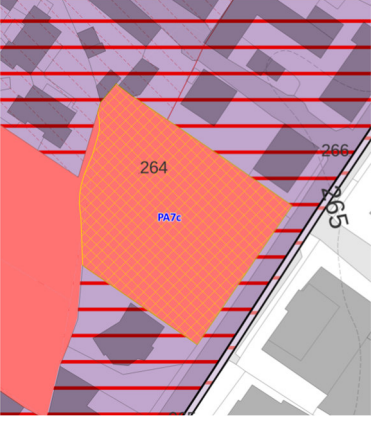
Piani attuativi vigenti

	6 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
 VINCOLI GEOLOGICI Vincolo Polizia idraulica (Rev. novembre 2004) (NT capitolo 4) Polizia idraulica - Fascia di rispetto (Vincolo parziale) Area in divieto PIA (NT capitolo 5) Esondazioni e dissesti di carattere torrentizio ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata (Ia) ESONDAZIONI: Area a pericolosità media o moderata (Ib) Piano di gestione dei rischi di alluvione - PGAA. Proposta di modifica (NT capitolo 6) Reticolo secondario collinare e montano - RSCM P3M: Area potenzialmente interessata da alluvioni frequenti P3L: Area potenzialmente interessata da alluvioni rare	AR01 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a

	AR03 <u>Vincoli geologici:</u> RIM, RSCM-H/R4, PAI Ee <u>Fattibilità geologica:</u> 3bce 4a
	AR06 <u>Vincoli geologici:</u> Opere invar. idraulica <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
	AR08 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
	AT02 <u>Vincoli geologici:</u> Zona rispetto pozzi <u>Fattibilità geologica:</u> 3c

	AT03 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
	Ex PA18 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
	PA <u>Vincoli geologici:</u> RIM, RSCM-L, PAI Em <u>Fattibilità geologica:</u> 3bce 4a

 VINCOLI GEOLOGICI Area in dissesto PAI (NT capitolo 5) Esondazioni e dissesti di carattere torrentizio ESONDAZIONI: Area a pericolosità elevata (Ea) Piano di gestione dei rischi di alluvione - PGRA Proposta di modifica (NT capitolo 6) Reticolo secondario collinare e montano - RSCM P2/M - Area potenzialmente interessata da alluvioni poco frequenti	PA01 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a 3c
	PA06 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
	PA15b PA17 <u>Vincoli geologici:</u> // <u>Fattibilità geologica:</u> 2a
 Fattibilità geologica - gravi limitazioni Fattibilità con gravi limitazioni VINCOLI GEOLOGICI Vincolo Polisa idraulica (Rev. novembre 2014) (NT capitolo 4) Polisa idraulica - Fascia di rispetto (vincolo assoluto) Polisa idraulica - Fascia di rispetto (vincolo parziale) Area in dissesto PAI (NT capitolo 5) Esondazioni e dissesti di carattere torrentizio ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata (Ea) ESONDAZIONI: Area a pericolosità elevata (Eb) ESONDAZIONI: Area a pericolosità media o moderata (Em) Piano di gestione dei rischi di alluvione - PGRA Proposta di modifica (NT capitolo 6) Reticolo secondario collinare e montano - RSCM P2/M - Area potenzialmente interessata da alluvioni frequenti P2/M - Area potenzialmente interessata da alluvioni poco frequenti P2/L - Area potenzialmente interessata da alluvioni rare	PA7a <u>Vincoli geologici:</u> RIM, RSCM-H/R4, PAI Ee <u>Fattibilità geologica:</u> 3bce 4a

	PA7b <u>Vincoli geologici:</u> RIM (vincolo parziale) RSCM-H, PAI Ee <u>Fattibilità geologica:</u> 4a
	PA7c <u>Vincoli geologici:</u> RIM (vincolo parziale) RSCM-H, PAI Ee <u>Fattibilità geologica:</u> 4a

La sovrapposizione tra gli Ambiti di Rigenerazione Urbana, ambiti di Trasformazione e Piani Attuativi con convenzione vigente forniti via mail in data 21-07-2026 dall'urbanista (Studio Coppa) con gli elementi a vincolo indicati nella Carta dei Vincoli, nella carta PAI-PGRA e con la classe 4 di fattibilità geologica ha messo in evidenza alcuni ambiti interessati da interferenze con vincoli di natura idrogeologica che dovranno essere tenuti in debita considerazione per i futuri interventi edilizi.

Le criticità maggiori, sia per estensione e sia per il carattere di inedificabilità in base a vincoli sovracomunali, si riscontrano per i Piani Attuativi Vigenti **PA7b** e **PA7c**.

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 dicembre 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 Tecniche. (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, LUGLIO 2026

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

in collaborazione con:
dott. geol. Sergio LOCCHI

documento firmato digitalmente