



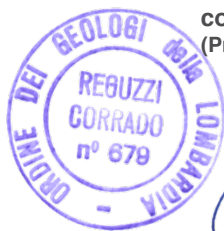
COMUNE DI ZOGNO
Provincia di Bergamo

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

**AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE
GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA
AI SENSI DEI CRITERI ATTUATIVI DELL'ART. 57 L.R. 12/2005**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

con integrazioni di cui al parere di Regione Lombardia
(Prot. Z1.2026.0021995 del 15.06.2026)



DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almè (BG), luglio 2026

INDICE

	Pag.
1 PREMESSA	1
FASE DI INQUADRAMENTO.....	2
2 CARATTERI METEO-CLIMATICI E NIVOLOGICI.....	2
2.1 Clima.....	2
2.2 Precipitazioni	3
2.2.1 Precipitazioni brevi e di forte intensità.....	4
2.3 Temperatura	8
2.4 Radiazione solare	9
2.5 Regime dei giorni di ghiaccio, gelo e disgelo.....	10
2.6 Manto nevoso	11
2.7 Anemometria	12
FASE DI ANALISI.....	14
3 RICERCA STORICA EVENTI DISSESTO	14
4 ASSETTO STRUTTURALE.....	17
4.1 Assetto strutturale provinciale.....	17
4.1.1 Thrust Orobici.....	19
4.1.2 Anticlinali Orobiche	19
4.1.3 Fascia mediana delle Unità Carbonatiche alloctone e fascia meridionale.....	20
4.1.4 La zona collinare a pieghe e sovrascorrimenti	21
4.2 Assetto strutturale dell'area di interesse	21
4.3 Inquadramento stratigrafico ed evoluzione paleogeografia	23
5 GEOLOGIA.....	24
5.1 Criteri di indagine	24
5.2 Depositi superficiali	24
5.3 Substrato roccioso	30
6 ELEMENTI DI PEDOLOGIA.....	41
7 CARATTERI GEOMORFOLOGICI.....	42
7.1 Criteri di indagine	42
7.2 Ambiti geomorfologici	43
7.2.1 Creste rocciose	43
7.2.2 Versanti vegetati	44
7.2.3 Aree terrazzate.....	44
7.2.4 Dossi	45
7.2.5 Area di fondovalle	45

7.2.6	Area a morfologia carsica	46
7.3	Forme, processi e depositi.....	47
7.3.1	Forme, processi e depositi legati alla gravità	47
7.3.2	Forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali	54
7.3.3	Forme, processi e depositi legati al carsismo	56
7.3.4	Forme, processi e depositi di origine poligenica	58
7.3.5	Forme, processi e depositi di origine antropica.....	59
7.3.6	Aree di particolare rilevanza naturalistica	61
7.3.7	Sistema informativo Regionale Valanghe	61
7.4	Acclività dei versanti	63
8	IDROGRAFIA	64
8.1	Criteri di indagine	64
8.2	Caratteri idrologici.....	64
8.2.1	Reticolo idrico principale: fiume Brembo.....	67
8.2.2	Altri corsi d'acqua afferenti al reticolo idrico principale.....	78
8.2.3	Reticolo idrico minore.....	80
8.2.4	Elementi idrologici	82
8.2.5	Elementi antropici.....	82
9	IDROGEOLOGIA.....	83
9.1	Criteri di indagine	83
9.2	Struttura idrogeologica.....	84
9.3	Permeabilità.....	84
9.4	Vulnerabilità	85
9.5	Forme, processi ed elementi legati alla presenza delle acque profonde.....	87
10	ANALISI DEL VIGENTE QUADRO DEL DISSESTO, FASCE FLUVIALI CARTA PAI-PGRA E PROPOSTA DI AGGIORNAMENTO	90
10.1	Dissesti – Elaborato 2 del PAI	90
10.1.1	Aree oggetto di precedenti studi di dettaglio	90
10.1.2	Aree in dissesto di nuova perimetrazione	92
10.1.3	Sintesi elementi di dissesto Elaborato 2 del PAI	94
10.2	Fasce fluviali – Elaborato 8 del PAI	94
10.2.1	Fascia A	95
10.2.2	Fascia B	96
10.2.3	Fascia C	96
10.3	Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)	97
10.3.1	Ambito territoriale Reticolo Idrografico Principale (RP) – Fiume Brembo.....	98

10.3.2 Ambito territoriale Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM)	99
10.4 Valutazione di dettaglio della pericolosità e del rischio idraulico ai sensi della D.G.R. 6738/2017 lungo il fiume Brembo (RP).....	100
10.4.1 Aree in fascia B di progetto	100
10.4.2 Aree P2/M non ricadenti in fascia A e B.....	106
11 INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE	108
11.1 Criteri di indagine	108
11.2 Indagini geognostiche pregresse	109
11.3 Indagini di nuova acquisizione	109
11.3.1 Prove penetrometriche dinamiche DPSH	110
11.3.2 Prova sismica multicanale MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).....	111
11.3.3 Prova di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)	117
12 QUADRO LITOSTRATIGRAFICO	118
12.1 Generalità	118
12.2 Stratigrafie di dettaglio	119
12.3 Zonizzazione litostratigrafica del territorio	129
12.4 Parametri geotecnici di massima attribuiti ai depositi superficiali	129
12.5 Caratteristiche geomeccaniche del substrato roccioso	130
13 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE A POTENZIALE PRESENZA / EVOLUZIONE DI CAVITA' SOTTERRANEE.....	132
14 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	134
14.1 Zona sismica di appartenenza	134
14.2 Sismicità storica	135
14.3 Procedura regionale per la valutazione della pericolosità sismica locale	139
14.3.1 Metodologia di lavoro	142
14.4 Analisi sismica di 1° livello	142
14.4.1 Carta di pericolosità sismica locale (PSL)	143
14.5 Analisi sismica di 2° livello	145
14.5.1 Effetti di amplificazione morfologica – Scenario Z3	146
14.5.2 Effetti di amplificazione litologica – Scenario Z4	154
FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE.....	178
15 VINCOLI.....	178
15.1 Quadro del dissesto	178

15.2	Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Delimitazione fasce fluviali	178
15.3	Vincoli di polizia idraulica: fasce di rispetto Reticolo idrico Principale e fasce di rispetto Reticolo idrico Minore	178
15.4	Aree di salvaguardia delle captazioni delle acque destinate al consumo umano – aree di tutela assoluta e di rispetto	183
15.4.1	Acque asservite alla rete acquedottistica	183
15.4.2	Acque minerali naturali	183
15.4.3	Vincoli derivanti dal PTR	186
15.4.4	Geositi	186
16	SINTESI	187
16.1	Criteri	187
16.2	Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti - "V"	188
16.3	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico - "Idr"	189
16.4	Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche - "G"	190
16.5	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico - "I"	190
	FASE DI PROPOSTA	193
17	CARTA PAI-PGRA	193
18	PROPOSTA DI AGGIORNAMENTO DELLE AREE PAI-PGRA	194
19	FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO	195
19.1	Criteri di attribuzione delle classi di fattibilità	196
20	ALLEGATI	198
21	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	198

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce l'aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio comunale di Zogno (BG), redatto ai sensi della D.G.R. 6134/2022 "Modifiche ai criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della legge 11 marzo 2005, n. 12 approvati con D.G.R. 2616/2011 e integrati con D.G.R. 6738/2017", della D.G.R. 6702/2022 "Dati e studi di riferimento per la componente geologica dei PGT" e della D.G.R. 7564/2022 "Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT relativa al tema degli sprofondamenti (sinkhole)".

Lo studio geologico vigente, redatto dallo scrivente, è stato approvato in data 03.11.2011 con deliberazione n. 24 del Consiglio Comunale e successivamente modificato dalla Variante 1 al Piano di Governo del Territorio approvata dal Consiglio Comunale in data 08.04.2014 con deliberazione n. 3 che recepiva lo studio "Valutazione e zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione delle aree di Fascia B di progetto del PAI in sponda destra del Fiume Brembo, all'interno del centro edificato".

L'aggiornamento dello studio geologico ha seguito lo schema metodologico individuato dalla D.G.R. VIII/2616 del 2011, suddividendo le attività in quattro fasi:

- inquadramento con revisione della cartografia di base;
- analisi di dettaglio dei fattori di rischio presenti sul territorio comunale;
- sintesi e valutazione degli elementi tecnici ritenuti vincolanti per l'uso e la trasformazione d'uso del territorio e finale;
- proposta di zonizzazione del territorio in quattro classi di fattibilità geologica per le azioni di piano, accompagnata da specifiche norme geologiche di piano.

In particolare nella fase di analisi è stato aggiornato lo studio della pericolosità sismica in relazione alla nuova classificazione attribuita al territorio comunale (D.G.R. 11.07.2014 n. X/2129), rispetto a quella considerata nello studio geologico precedente (zona sismica 4); coerentemente a quanto previsto dalla D.G.R.

2616/2011, è stata effettuata la revisione della carta di pericolosità sismica locale ed è stato predisposto l'approfondimento sismico di II livello di cui all'Allegato 5 della suddetta delibera di giunta regionale.

Sono state recepite le aree allagabili del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) con stesura della carta PAI-PGRA come previsto dalla D.G.R. 6738/2017 ed aggiornata la carta dei vincoli di carattere geologico, idraulico e idrogeologico (quadro del dissesto e fasce fluviali PAI, aree esondabili PGRA, fasce di rispetto dei corsi d'acqua ed aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili).

La relazione è stata aggiornata recependo le indicazioni dei pareri preventivi espressi da Regione Lombardia (Prot. Z1.2026.0007773 del 09/03/2026 e Z1.2026.0021995 del 15/06/2026) sulla documentazione trasmessa in data 13/11/2025 prot. n. 17576 (Atti Regionali Prot. Z1.2025.0034733 del 13/11/2025) e 05/05/2026 prot. n. 6373 (Atti Regionali Prot. Z1.2026.0018287 del 11/05/2026).

FASE DI INQUADRAMENTO

2 CARATTERI METEO-CLIMATICI E NIVOLOGICI

2.1 Clima

Il territorio di Zogno è situato a ridosso degli ultimi rilievi montuosi presenti nella porzione terminale della Valle Brembana ed è caratterizzato da quote altimetriche comprese tra 300 e 1300 m s.l.m.

Il clima della zona può essere inquadrato come "temperato subcontinentale" (Pinna 1970), tipico delle vallate alpine, del margine prealpino e della regione dei laghi.

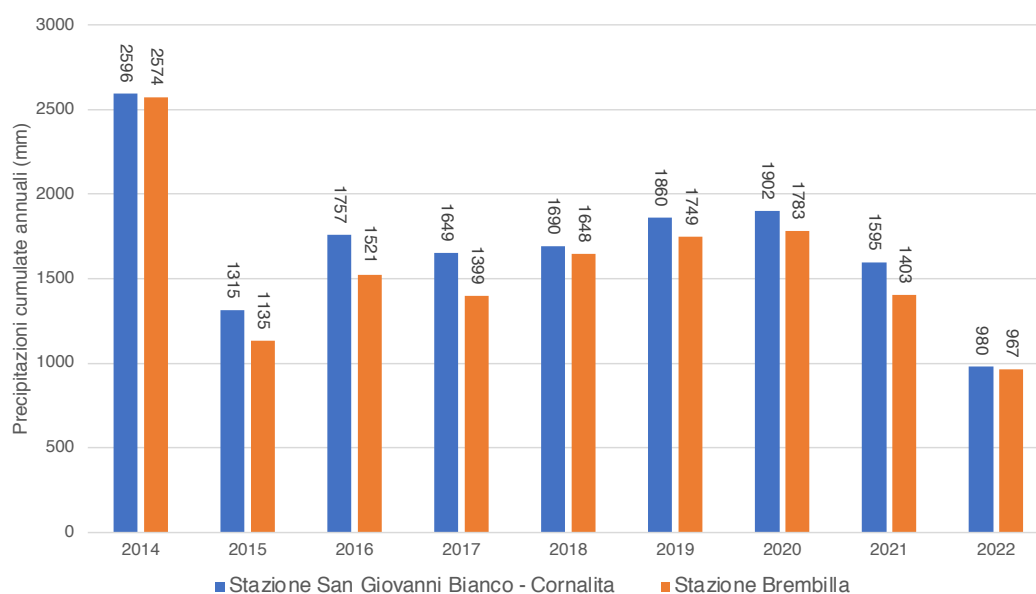
Secondo la classificazione fitoclimatica del Pavari, il territorio appartiene alla zona del "Castanetum", sottozona calda del primo tipo, ovvero senza siccità estiva. L'attribuzione alla sottozona calda è in relazione alla temperatura media mensile del mese più freddo che è generalmente maggiore di 0°.

2.2 Precipitazioni

I dati di precipitazione sono stati estrapolati dall'archivio dei dati meteorologici di ARPA Lombardia.

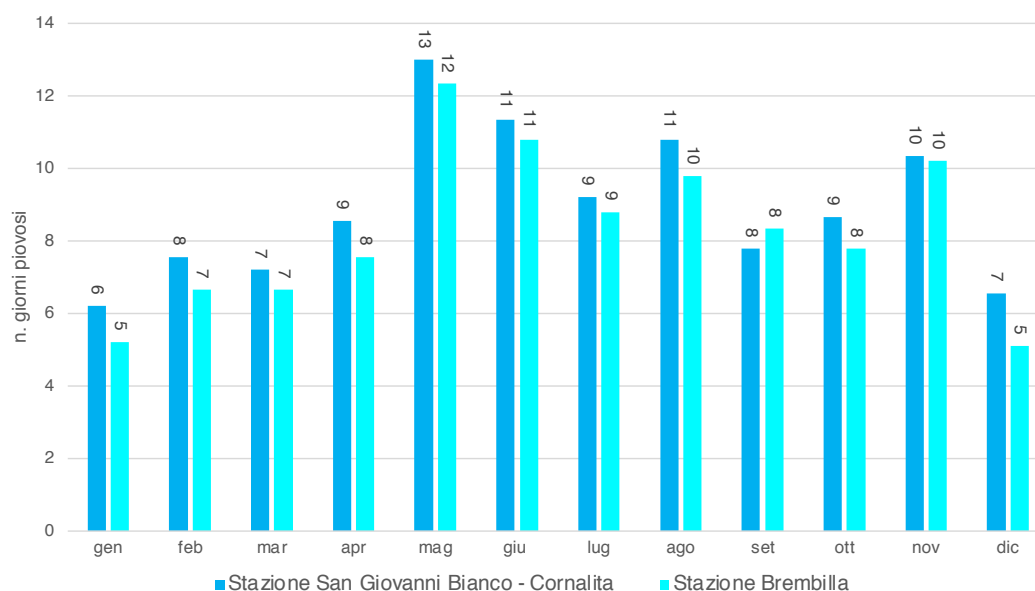
Per l'area di interesse sono disponibili serie sito-specifiche per la presenza di n. 2 stazioni di rilevamento meteorologico ubicate sul territorio comunale di Brembilla e sul comune di San Giovanni Bianco, località Cornalita, per il periodo 2014-2022.

I valori massimi di precipitazione cumulata annuale sono stati registrati nel 2014, mentre i minimi sono quelli riferiti al 2022; l'andamento delle precipitazioni presenta un significativo decremento a partire dal 2020.



Precipitazioni cumulate annuali (mm). Stazioni di Brembilla e San Giovanni Bianco (2014-2022)

Il calcolo del numero medio mensile dei giorni piovosi per il periodo 2014-2022, indica la presenza di un picco primaverile (maggio) ed il secondo ad agosto e novembre. Durante l'anno la media dei giorni piovosi (giorno nel quale la precipitazione assume un valore uguale o superiore ad 1 mm) è di 99 per la stazione di Brembilla e di 107 per quella di San Giovanni Bianco - Cornalita.



Giorni piovosi (n). Stazioni di Brembilla e San Giovanni Bianco (2014-2022)

In sintesi, dall'osservazione dei dati e dei grafici di cui sopra, è possibile sintetizzare quanto segue:

- le precipitazioni presentano un valore medio annuo su lungo periodo tra 1.600÷1.700 mm con un range compreso fra 2.596 mm (massimo assoluto nell'anno 2014) e 967 mm (minimo assoluto 2022);
- la media annua dei giorni piovosi si attesta sui 100 giorni circa;

2.2.1 Precipitazioni brevi e di forte intensità

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, ovvero la determinazione del rapporto che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

L'altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, è l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale ed impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) ed in assenza di perdite.

Per la caratterizzazione degli eventi di breve durata e di forte intensità nell'area comunale, si sono utilizzati i parametri a ed n pubblicati dal Sistema informativo idrologico (SIDRO) di Arpa Lombardia e da questa determinati interpolando i parametri a ed n ricavati dai dati storici delle altezze di pioggia massima (1-24 ore).

La relazione statistica che lega l'altezza delle precipitazioni h in mm alla durata d in ore ed al tempo di ritorno T in anni (linea segnalatrice di possibilità pluviometrica - LSPP), è data dalla seguente espressione:

$$h_T = a_1 \cdot w_T \cdot d^n$$

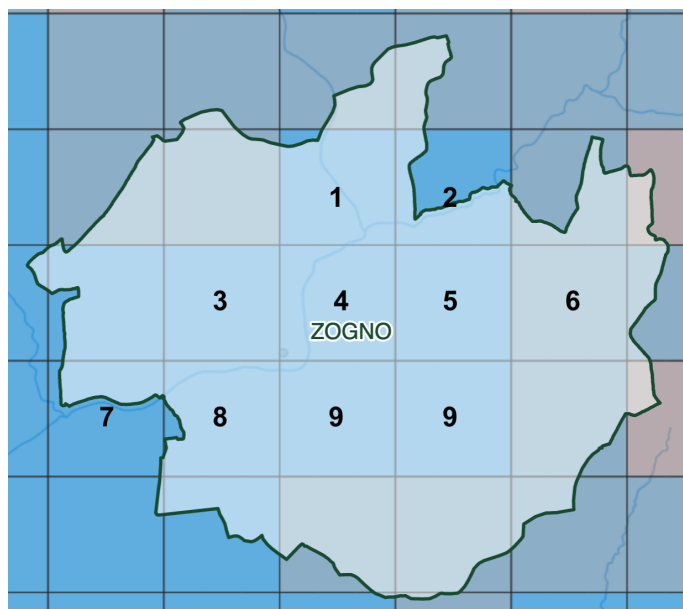
dove i parametri a ed n , funzione di T , sono stimati sulla base delle serie storiche di dati disponibili. Attraverso il valore w_T sono implementati i valori dei parametri e dei quantili della distribuzione GEV (α , k ed ε), che permettono la determinazione dell'altezza di pioggia per i vari tempi di ritorno. Nello specifico, il parametro a_1 è il coefficiente di scala della linea segnalatrice, pari al valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale per la durata di riferimento; α è un parametro di scala; k un parametro di forma e ε è un parametro di posizione.

Il quantile regolarizzato w_T è funzione dei parametri statistici sopra indicati α , ε , k della distribuzione GEV (Generalized Extreme Values) e si calcola secondo la seguente formula

$$w_T = \varepsilon + (\alpha/k)[1 - (\ln(T/(T-1)))^k]$$

Si riportano di seguito i parametri a_1 , n , α , k ed ε per eventi della durata superiore a 1 ora, per ciascuna delle singole celle che interessano le aree urbanizzate e urbanizzabili del territorio comunale di Zogno (l'intera Lombardia è stata suddivisa in celle quadrate di lato pari a 1 km per ognuna delle quali sono stati definiti i parametri a_1 , n , α , k ed ε).

	Cella 1	Cella 2	Cella 3	Cella 4	Cella 5	Cella 6	Cella 7	Cella 8	Cella 9	Cella 10	Media
a_1	29,49	29,58	30,02	29,76	29,70	29,23	30,14	29,71	29,53	29,56	29,67
n	0,3182	0,3122	0,3082	0,3100	0,3092	0,3177	0,3079	0,3164	0,3171	0,3139	0,3131
α	0,3128	0,3100	0,3082	0,3071	0,3078	0,3106	0,3074	0,3110	0,3109	0,3097	0,3096
k	-0,0069	-0,0062	-0,0079	-0,0082	-0,0086	-0,0091	-0,0050	-0,0057	-0,0053	-0,0055	-0,0068
ε	0,8166	0,8186	0,8193	0,8198	0,8193	0,8173	0,8207	0,8183	0,8185	0,8191	0,8188



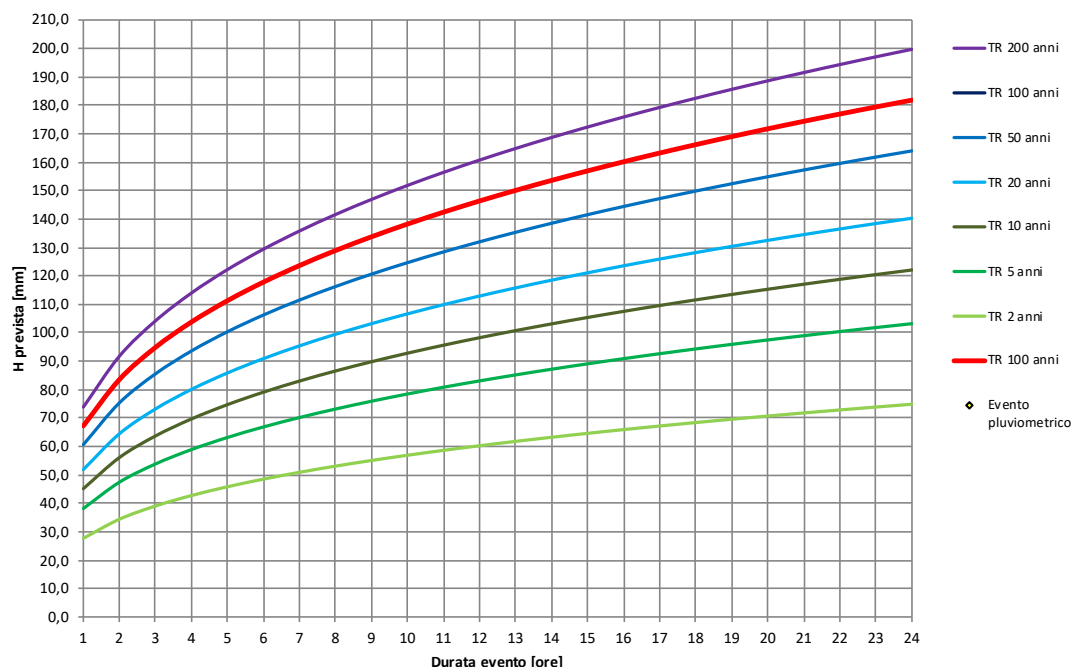
Distribuzione delle celle per la definizione dei parametri a_1 , n , α , k ed ε per eventi di durata superiore all'ora

Applicando la metodologia precedentemente esposta si calcolano i coefficienti w_T al variare del tempo di ritorno, considerando i parametri medi a_1 , n , α , k ed ε .

Tr	2	5	10	20	50	100	200
w_T	0,93241	1,2856	1,52087	1,74772	2,04301	2,26552	2,48826

Da cui risultano le seguenti altezze di pioggia oraria h (mm):

Durata (ore)	Tr 2	Tr 5	Tr 10	Tr 20	Tr 50	Tr 100	Tr 200
1	27,7	38,1	45,1	51,9	60,6	67,2	73,8
2	34,4	47,4	56,1	64,4	75,3	83,5	91,7
3	39,0	53,8	63,6	73,1	85,5	94,8	104,1
4	42,7	58,9	69,6	80,0	93,6	103,8	114,0
5	45,8	63,1	74,7	85,8	100,3	111,3	122,2
6	48,5	66,8	79,1	90,9	106,2	117,8	129,4
7	50,9	70,1	83,0	95,4	111,5	123,6	135,8
8	53,0	73,1	86,5	99,4	116,2	128,9	141,6
9	55,0	75,9	89,8	103,2	120,6	133,7	146,9
10	56,9	78,4	92,8	106,6	124,6	138,2	151,8
11	58,6	80,8	95,6	109,9	128,4	142,4	156,4
12	60,2	83,0	98,2	112,9	132,0	146,3	160,7
13	61,8	85,2	100,7	115,8	135,3	150,1	164,8
14	63,2	87,1	103,1	118,5	138,5	153,6	168,7
15	64,6	89,1	105,4	121,1	141,5	156,9	172,4
16	65,9	90,9	107,5	123,5	144,4	160,1	175,9
17	67,2	92,6	109,6	125,9	147,2	163,2	179,3
18	68,4	94,3	111,5	128,2	149,8	166,2	182,5
19	69,6	95,9	113,4	130,4	152,4	169,0	185,6
20	70,7	97,4	115,3	132,5	154,9	171,7	188,6
21	71,8	98,9	117,1	134,5	157,2	174,4	191,5
22	72,8	100,4	118,8	136,5	159,6	176,9	194,3
23	73,8	101,8	120,4	138,4	161,8	179,4	197,0
24	74,8	103,2	122,1	140,3	164,0	181,8	199,7



Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per il territorio di Zogno

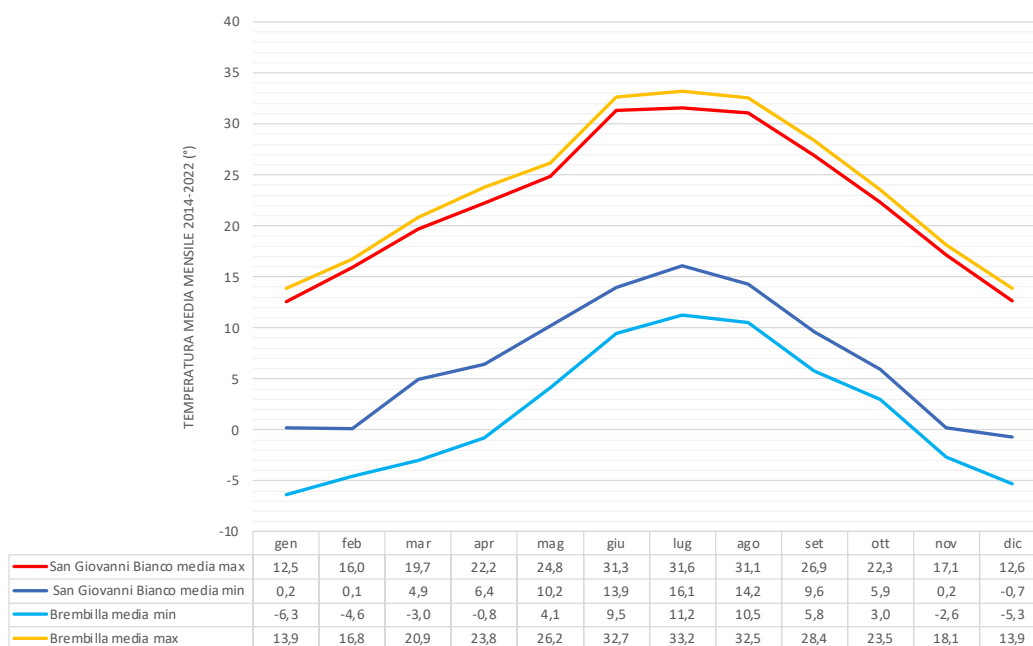
La caratterizzazione degli eventi meteorici brevi ed intensi appare molto importante considerando le caratteristiche dei corsi d'acqua caratterizzati da aste fluviali di ridotte dimensioni e bacini di alimentazione arealmente poco estesi, che sono quelli che maggiormente risentono di precipitazioni brevi ed intense: i bacini montani di piccole dimensioni hanno infatti caratteristiche tali da comportare una risposta pressoché immediata all'impulso di pioggia; ciò si traduce in un trasferimento in alveo di quasi tutte le piogge che cascano sui bacini con tempi molto brevi.

2.3 Temperatura

Le stazioni da cui sono stati mutuati ed elaborati i dati termometrici sono quelle di Brembilla e San Giovanni Bianco - Cornalita, rappresentativa delle temperature dell'area di interesse sia per vicinanza geografica sia per le analoghe caratteristiche morfologiche del territorio. Le osservazioni riguardano il periodo dal 2014 al 2022.

La temperatura media annua risulta di 13,6°C con un'escursione termica media di 18,7°C tra i mesi più caldi (giugno-agosto) ed i più freddi (novembre-

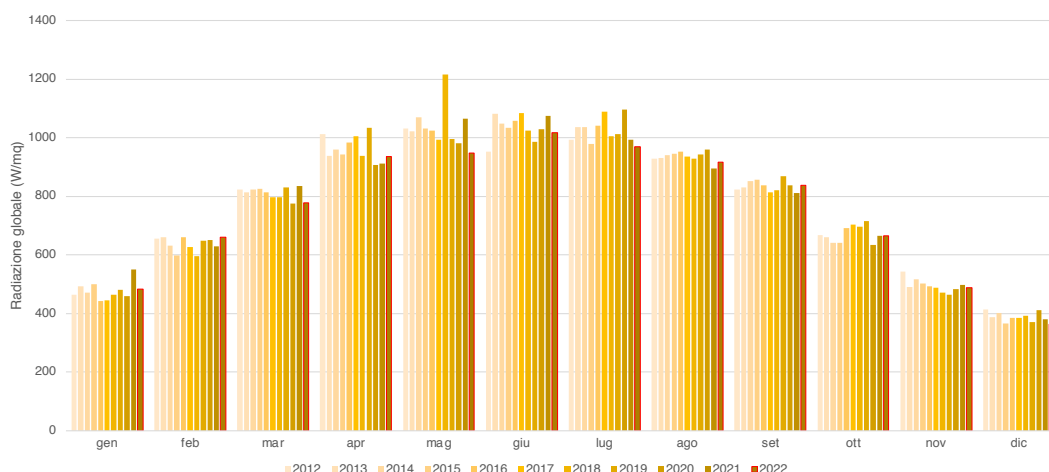
febbraio); i valori medi delle minime si attestano su una temperatura di 4,3°C ed i medi massimi sui 23,0°C. Dal grafico sotto riportato, si evidenzia uno scostamento negativo nelle temperature minime registrate dalla stazione di Brembilla rispetto a quelle della stazione di San Giovanni Bianco; lo scostamento max è di circa 4°-5° nei mesi più freddi.



Caratteristiche termiche mensili. Stazioni di Brembilla e San Giovanni Bianco (2014-2022)

2.4 Radiazione solare

La stazione meteorologica di San Giovanni Bianco – Cornalita, è dotata di un sensore di misurazione dell'insolazione globale (piranometro); le rilevazioni della radiazione solare elaborate per la serie annuali 2012-2022, mostrano valori massimi nel periodo estivo (radiazione solare luglio 2020 pari a 1.095 W/m², ad eccezione dell'anomalia termica del maggio 2018) ed i minimi nel periodo invernale dicembre (radiazione solare dicembre 2022 pari a 363,8 W/m²), conformemente all'andamento dell'illuminazione solare.



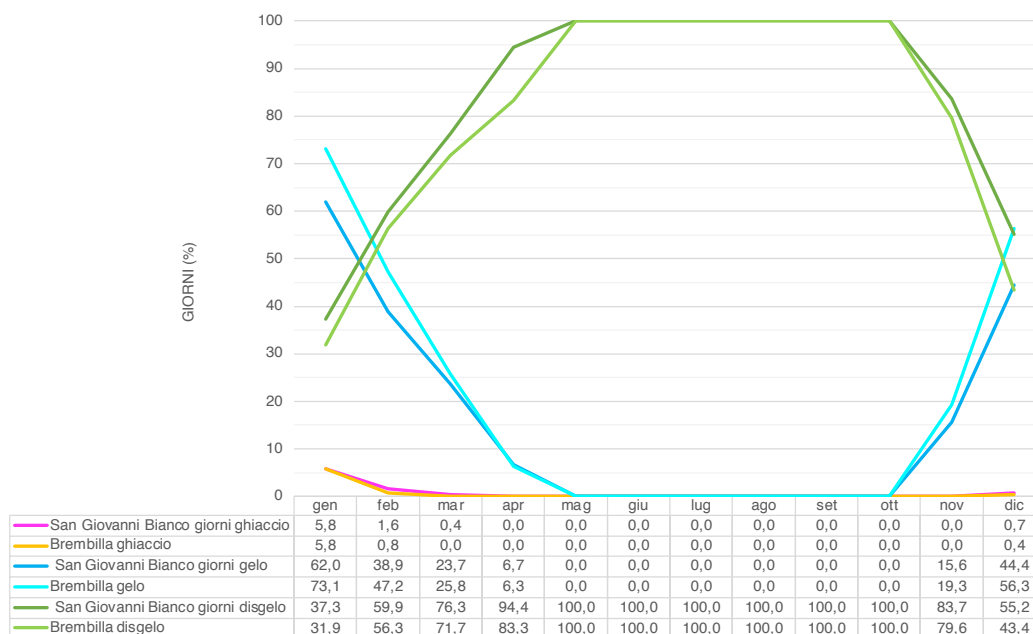
Radiazione globale. Stazione di San Giovanni Bianco - Cornalita (2012-2022)

2.5 Regime dei giorni di ghiaccio, gelo e disgelo

Disponendo di rilevazioni giornaliere, in serie continua per la serie annuale 2014-2022 per le stazioni di Brembilla e San Giovanni Bianco – Cornalita, sono stati elaborati i dati per l'individuazione dei giorni di ghiaccio, gelo e disgelo, intendendo per giorni di ghiaccio, quelli la cui temperatura massima è inferiore a 0°C, di gelo le giornate caratterizzate da una temperatura minima inferiore a 0°C e di disgelo i giorni con temperature minime superiori a 0°C. Le risultanze numeriche sono indicate nel grafico successivo, ove i valori mensili sono espressi in valore percentuale.

I dati elaborati indicano come i giorni di ghiaccio caratterizzino il mese di gennaio e costituiscano un max del 6% circa dei giorni a livello annuo. I giorni di gelo cadono nel periodo invernale, per una percentuale annuale che varia da un minimo del 15% ad un massimo del 73%; il disgelo interessa i mesi compresi tra maggio e ottobre.

Il regime dei giorni di ghiaccio, gelo e disgelo è inoltre influenzato dalla morfologia del territorio: lungo i versanti esposti in direzione prevalente settentrionale (frazioni di Stabello e Poscante), la limitata insolazione dei mesi invernali favorisce la formazione di ghiaccio.



Regime dei giorni di ghiaccio, gelo e disgelo. Stazioni di Brembilla e San Giovanni Bianco (2014-2022)

2.6 Manto nevoso

Per il Comune di Zogno non sono disponibili dati nivologici specifici per il territorio. Considerando le caratteristiche morfologiche del territorio comunale, con particolare riferimento alla posizione altitudinale delle frazioni di Miragolo San Marco, Miragolo San Salvatore e San Antonio Abbandonato ed ipotizzata la situazione termica, anche il fenomeno nevoso merita di essere preso in esame.

Le elaborazioni effettuate si basano su rilevazioni del manto nevoso registrate in alta Valle Brembana e sui dati della Stazione meteorologica di Bergamo, per la quale si dispone di un trentennio di osservazioni.

L'analisi del fenomeno rimane puramente indicativa sia per la mancanza di dati sistematici in un numero sufficiente di località, sia per la variabilità del contenuto di acqua nella neve alle diverse quote.

I dati estrapolati per le quote comprese tra 800-900 e 1100-1200 m dalle stazioni dell'Alta Valle Brembana in funzione delle altitudini, indicano come nelle porzioni morfologicamente più rilevate del territorio comunale ci si possa attendere una permanenza del manto nevoso per il trimestre invernale dicembre-febbraio, con altezze medie comprese tra 15 e 30 cm. In annate con precipitazioni eccezionali, il

fenomeno può interessare anche i mesi di novembre e marzo. Per le aree di fondo-valle, i valori considerati di riferimento sono quelli della stazione di Bergamo (350 m s.l.m.) ove i valori massimi di altezza media del manto nevoso al suolo vengono registrati nel bimestre gennaio-febbraio con valori non superiori a 10 cm.

L'accrescimento del manto nevoso non è continuo: normalmente cresce in dicembre, diminuisce in gennaio e raggiunge la massima altezza in febbraio in corrispondenza dell'aumento delle precipitazioni, qualche settimana prima dell'inizio della fusione che si compie rapidamente e senza regolarità, in stretta relazione alle oscillazioni del regime termico ed all'esposizione.

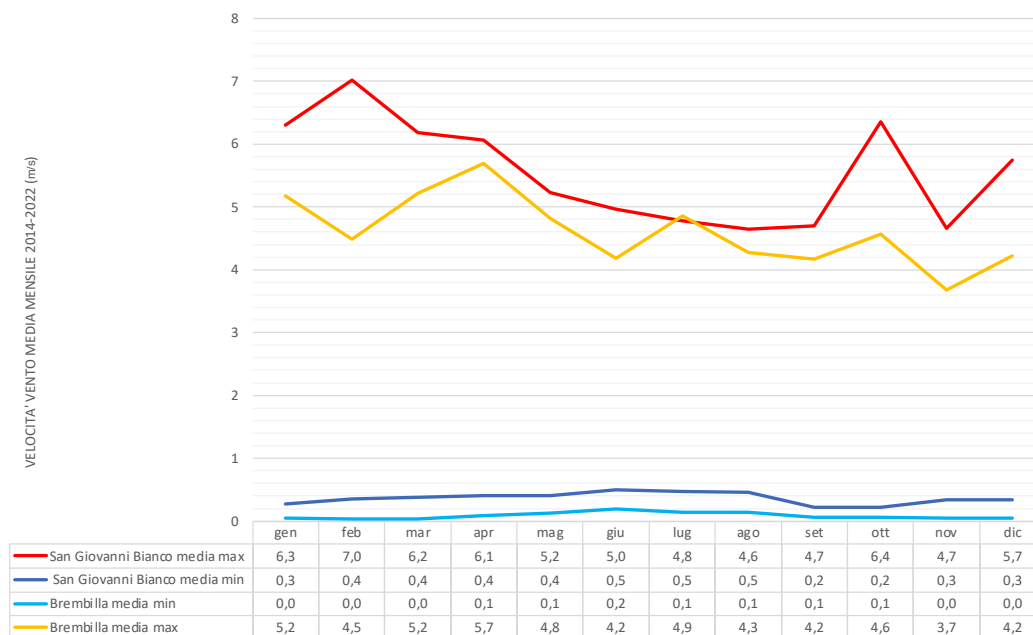
Per le zone rilevate, nell'intervallo dicembre-febbraio il suolo può essere coperto dal manto nevoso, mediamente per un terzo circa dei giorni.

2.7 Anemometria

Le stazioni anemometriche vicine all'area al territorio comunale sono quelle di Brembilla e San Giovanni Bianco – Cornalita, da cui sono stati elaborati i valori di velocità del vento medi mensili sulla base dei dati medi orari registrati tra gli anni 2014 e 2022.

I dati individuano un valore medio max della velocità del vento pari 7,0 m/s nel mese di febbraio alla stazione di San Giovanni Bianco.

I venti sono prevalentemente di origine termica (brezze) con direzione di provenienza prevalente dai quadranti compresi tra NNW e SW, con una componente significativa da SE.



Velocità del vento mensili. Stazioni di Brembilla e San Giovanni Bianco (2014-2022)

FASE DI ANALISI

3 RICERCA STORICA EVENTI DISSESTO

Come richiesto nella nota prot. Z1.2026.0007773 del 09.03.2026, è stato dato corso alla ricerca storica degli eventi di dissesto che hanno interessato il territorio comunale; si riportano di seguito gli eventi occorsi documentati.

- Il 21 febbraio 2011 si è verificato il franamento della scarpata in roccia a monte della strada di collegamento tra Spino al Brembo e la località Tessi; per la messa in sicurezza della scarpata è stato realizzato un muro di sostegno in cls ed è stata posata una rete paramassi in aderenza al versante.
- Il 04 novembre 2013 è stata constatata la caduta di massi sulla strada Poscante-Castegnone, provenienti dalla scarpata rocciosa a monte della carreggiata; si è provveduto alla messa in opera di reti paramassi in aderenza all'affioramento roccioso.
- A seguito del nubifragio del 16 giugno 2016, si è verificato uno smottamento lungo il versante a monte della carreggiata della viabilità comunale in località Ripa, frazione di Spino al Brembo; la strada è stata interessata dalla caduta di materiale per una lunghezza di 25 m. Il versante è stato consolidamento mediante la realizzazione di un nuovo muro di sostegno e la realizzazione di terre rinforzate.
- Il 23 ottobre 2019 si è verificato lo scalzamento della fondazione del muro di difesa spondale in destra idrografica del Brembo, in via degli Alpini, con conseguente crollo del muro per una lunghezza di 10 m; si è provveduto al rifacimento del manufatto.
- Il 5 giugno 2020 a causa delle violente precipitazioni che hanno colpito la bergamasca, si è verificato un fenomeno franoso nella frazione di Ambria che ha coinvolto il muro di sostegno della strada intercomunale che sale a Serina; per ripristinare la viabilità, è stato realizzato un muro di sostegno a margine della carreggiata stradale e sono state messe in atto misure per la gestione delle acque meteoriche.
- Il 3 ottobre 2020 la piena del fiume Brembo ha determinato l'erosione al piede della scarpata in sponda sinistra, all'altezza della località Al Derò, con

conseguente franamento della pista ciclabile intercomunale e dei sottoservizi presenti (metano, energia elettrica, fibra, acquedotto), per un tratto di 200 m circa, isolando un'abitazione con 2 residenti. La scarpata è stata successivamente interessata da interventi di consolidamento, mediante la realizzazione di una scogliera in massi ciclopici e cls, con ripristino dei sottoservizi, della viabilità della pista ciclopedonale e del transito per i residenti. Analogo fenomeno di erosione spondale si è verificato poco più a valle, in località Ambria, in sponda sinistra del Brembo, con conseguente franamento della scarpata per un tratto di 100 m; anche in questo caso, è stata realizzata una scogliera in pietrame e cls. Le piogge intense hanno inoltre determinato il dissesto della strada di via Camanecchio, con formazione di un avvallamento della carreggiata e smottamento del lato di valle della stessa; l'intervento di ripristino effettuato consiste in un muro di sostegno in c.a. su micropali e la realizzazione di opere di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche.

- In data 27 gennaio 2022 si è verificato il distacco di alcuni massi dalla parete rocciosa a monte di via Molino, a causa della rottura delle reti in aderenza presenti. Per la messa in sicurezza del fronte roccioso, sono state posate nuove reti paramassi tirantate.
- Il 4 novembre 2023, in concomitanza con abbondanti e persistenti precipitazioni meteoriche, si sono verificate profonde fessurazioni del manto stradale lungo la strada comunale Poscante-Castegnone, interessandone una porzione lunga circa 35 m; il fenomeno franoso si colloca all'interno di un'ampia area riconosciuta come frana stabilizzata nell'Elaborato 2 del PAI; la sede stradale è stato oggetto di interventi di consolidamento mediante l'installazione di una cortina di micropali sul lato di valle della carreggiata;
- Il 30-31 marzo 2024 a seguito di forti precipitazioni, si sono verificati intensi fenomeni di erosione della sponda destra del Brembo in località Ponti, con conseguente franamento della scarpata a valle della pista ciclopedonale. Il fenomeno si è aggravato a seguito degli eventi meteorici del 8-9 ottobre 2024. Gli interventi di consolidamento realizzati consistono in una scogliera in pietrame e cls.

- Nel maggio 2024 a monte del civico 1 di via Molino, si è verificato il crollo di un grosso masso, seguito da interventi di messa in sicurezza mediante messa in opera di reti paramassi ad alta energia;
- Il 17 maggio 2024 si è verificato il distacco di blocchi dal versante a monte della pista ciclabile in località Al Derò; successivamente, si è verificato lo smottamento dei terreni sovrastanti, di privati. Il transito lungo la pista ciclabile è stato ripristinato grazie alla realizzazione di interventi provvisori di messa in sicurezza.
- Il 9 settembre 2024 sono state segnalate alcune frane di lieve entità che hanno interessato la viabilità rurale; nel dettaglio, si è verificato uno scivolamento della coltre sciolta superficiale in corrispondenza della mulattiera che collega la località Passata con Miragolo; a Poscante è franata la scarpata a monte della strada di collegamento con Grimoldo in località Caorsone, oltre a cedimento del sentiero Pratogrande-Mulino; a Endenna si sono accentuati i fenomeni di dissesto del versante, andando ad interessare i muri della mulattiera per Romacolo.
- Il 9 ottobre 2024 si è verificato un movimento franoso in loc. Pamparato, in adiacenza al civico 11 di via don Vittorio Cortinovis; la frana si è sviluppata in un terreno limoso-argilloso molto soffice, su un pendio, adibito a prato stabile, avente una pendenza media di circa il 30%; tale pendio era già stato sede di una precedente frana nel 1958, sviluppatosi con una dinamica presumibilmente analoga; la nicchia di distacco, posta alla quota di circa 560 m, ha uno sviluppo lineare di circa 25 m; il corpo di frana ha una lunghezza stimata in 80 m ed una larghezza di 25÷30 m ed ha raggiunto l'edificio posto a valle alla quota di 530 m, lambendolo; lo spessore del corpo di frana varia mediamente da 2 a 4÷5 m; allo stato attuale, il corpo di frana risulta quiescente; nell'ambito dei numerosi dissesti occorsi sul territorio comunale in tale periodo, si segnalano fenomeni di allagamento in via Monte Grappa, in corrispondenza della località Tre Fontane, e lungo la Roggia Traini, per rigurgito all'altezza del magazzino comunale.
- L'11 ottobre 2024 si è verificato un dissesto franoso in località Braga, lungo la scarpata a valle della strada tra gli abitati di Poscante e Castegnone;

trattasi di un fenomeno di limitata estensione, compreso tra la sede stradale e il fondovalle inciso dal torrente identificato nello studio per l'individuazione del reticolo idrico minore con la sigla BG083-86; la scarpata è stata consolidata mediante la realizzazione di una scogliera alla base della scarpata instabile;

- Il 21 marzo 2025 si è verificato un piccolo franamento della scarpata di valle di via Molino, frazione di Poscante. Per il consolidamento della scarpata è stata realizzata una scogliera in massi ciclopici e cls per una lunghezza di 15 m.
- Il 23 maggio 2025, dopo giorni di precipitazioni intense, dalla parete rocciosa sovrastante la strada che porta a Poscante in località Molino, all'altezza del civico n. 4, è avvenuto il distacco di un masso di grosse dimensioni (circa 3 m³); la scarpata è stata oggetto di interventi di consolidamento mediante la posa di reti paramassi in aderenza, tirantate.
- Il temporale della notte tra il 12 e il 13 settembre 2025 ha provocato fenomeni di esondazione con trasporto solido della Valle Calchera, in corrispondenza del tombotto di via Pratogrande a Poscante, e della Valle di Piazza Martina, prima dell'immissione nel fiume Brembo. In entrambi i casi, l'esondazione è avvenuta per occlusione del tombotto/vasca da parte di ramaglie e materiale detritico trasportato.
- Il 17 novembre 2025 è caduto un masso di circa 5 m³ in località Pamparato, nel tratto di strada che conduce alle località Carnit-San Gaetano-Castello. A protezione della strada comunale, è stato realizzato un vallo in terra paramassi per una lunghezza di circa 110 m.

4 ASSETTO STRUTTURALE

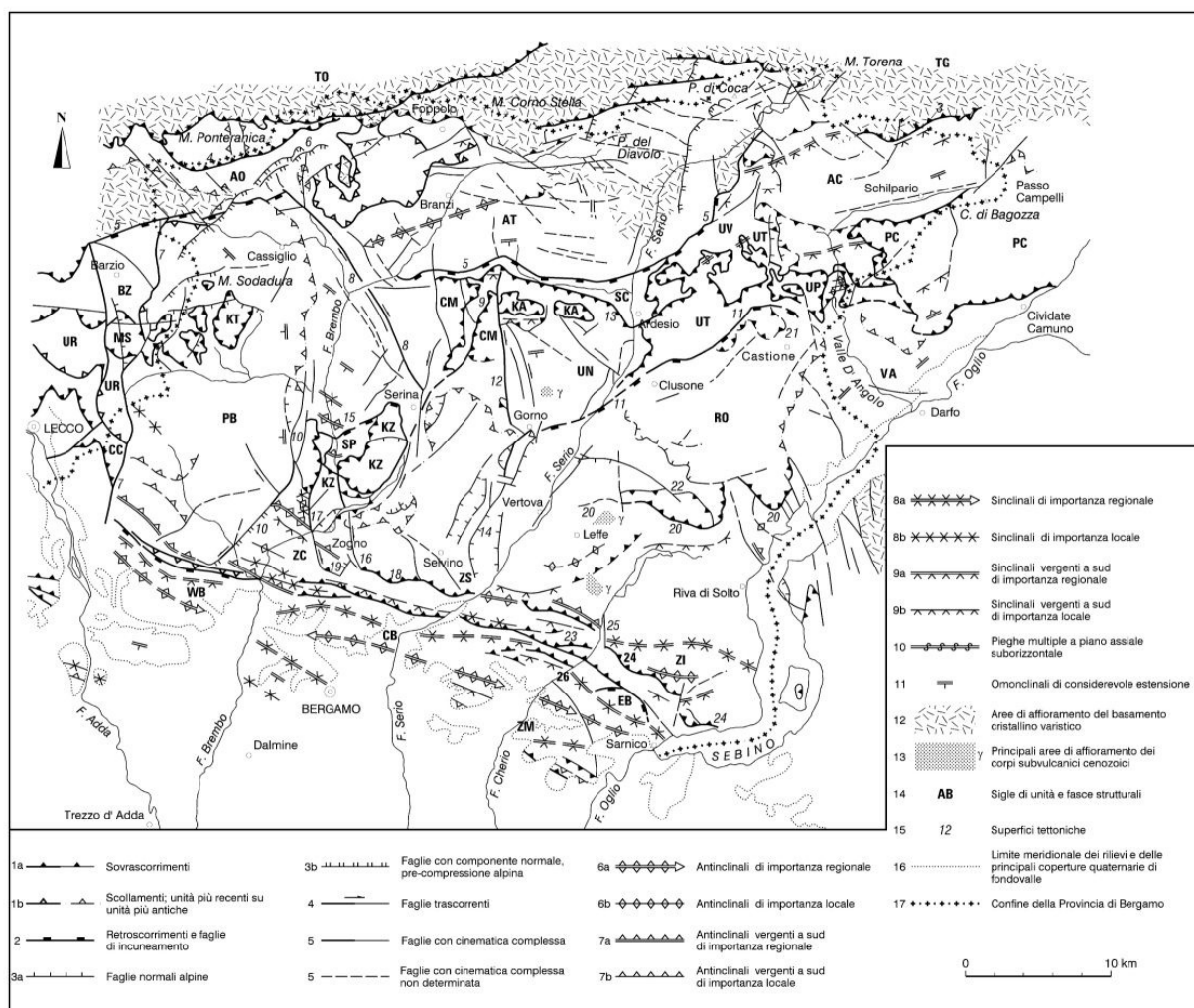
4.1 Assetto strutturale provinciale

Il territorio provinciale appartiene al Sudalpino, che rappresenta il settore di catena alpina posto a sud della Linea Insubrica. Il Sudalpino orobico si configura come una fascia di rilievi interessati da pieghe e sovrascorrimenti disposti in direzione circa est-ovest; i sovrascorrimenti hanno coinvolto il basamento cristallino e la

copertura sedimentaria non metamorfica estesa dal Carbonifero al Cretacico, producendo un progressivo ribassamento da nord a sud dei corpi rocciosi più antichi, dai 3.000 m delle Alpi Orobie agli oltre 10 km di profondità al di sotto della Pianura Padana.

Gli attuali tratti strutturali salienti della catena sono dovuti alle fasi compressive alpine, che hanno prodotto una catena a pieghe e thrust pellicolari in assenza di significativi episodi di metamorfismo.

Le maggiori unità strutturali presenti nel territorio provinciale sono rappresentate di seguito e sinteticamente descritte a partire dalle più settentrionali.



4.1.1 Thrust Orobici

I Thrust Orobici, e le relative scaglie basali, ricoprono verso sud un'area con assetto piuttosto complesso, tradizionalmente denominata zona delle Anticlinali Orobiche.

Da un punto di vista areale interessano marginalmente il territorio provinciale, in quanto le superfici di scorrimento che li delimitano alla base emergono sul versante bergamasco del crinale orobico nel settore più occidentale della provincia, ma rimangono prevalentemente sul versante valtellinese ad Est del monte Corno Stella.

L'alloctono è formato in gran parte da rocce del basamento metamorfico; lembi di coperture sedimentarie permiane costituiscono scaglie tettoniche che sottolineano le superfici di scorrimento, o costituiscono coperture di estensione limitata aderenti al basamento stesso e traslate solidalmente con esso durante le fasi compressive alpine.

Le unità di basamento costituiscono la porzione sommitale dell'edificio a thrust orobico e richiamano, con il loro assetto embricato, la geometria delle altre fasce strutturali più meridionali e geometricamente sottostanti.

Le superfici di scorrimento vengono tradizionalmente designate in letteratura con il nome di Linea Orobica: si tratta di un fascio di linee in parte vicarianti, talora en échelon che configurano nel loro complesso un trend regionale Est-Ovest fino al Passo del Sellero, oltre il quale la traccia principale devia verso ENE, assumendo il nome di Linea della Gallinera.

4.1.2 Anticlinali Orobiche

Si tratta di una triade di "anticlinali" con andamento en-échelon destro che, nel loro insieme, delineano una fascia con orientazione est-ovest formante il settore più settentrionale del territorio provinciale, delimitato a nord dal fronte dei sovrascorimenti orobici e a sud da un fascio di faglie noto in letteratura come Linea Valtorta-Valcanale.

La linea Valtorta-Valcanale è caratterizzata da un piano di faglia, immergente verso sud, a tetto del quale si accavalla una serie di anticlinali che coinvolgono unità litologiche di età triassica ed hanno asse orientato circa E-W. Nel settore più

occidentale del bacino di alimentazione del fiume Brembo (zona di Foppolo), le antichinali presentano un assetto complesso, assumendo un andamento a sovrascorrimenti embricati, esposto tra i Passi di San Simone e di Porcile.

Sulle maggiori vette delle Orobiche, in corrispondenza delle grandi pieghe antichinali, affiorano le rocce sedimentarie permotriassiche, litologicamente rappresentate da conglomerati, arenarie, siltiti, tufi stratificati oltre ad ignimbriti e porfidi quarziferi mentre, nelle incisioni vallive, affiora il basamento.

4.1.3 Fascia mediana delle Unità Carbonatiche alloctone e fascia meridionale

Nel settore centrale delle Prealpi Orobiche, a sud della Linea Valtorta-Valcanale, si sviluppa la fascia delle unità triassiche: si tratta di unità strutturali separate da faglie e sovrascorrimenti caratterizzata da una duplice o triplice ripetizione della sequenza carbonatica triassica (unità carbonatiche alloctone). Tale zona strutturale viene indicata con la denominazione "Unità alloctone inferiori e parautoctono" da Jadoul & Rossi (1982).

La zona del parautoctono è pertanto delimitata a nord dalla linea Valtorta – Valcanale e, verso sud, dal fronte meridionale della dolomia principale, ben esposto in località Zogno.

L'assetto strutturale è dato dalla sovrapposizione di elementi tettonici di copertura, separati da piani di sovrascorrimento impostati in corrispondenza di orizzonti litologici meno competenti (argilliti e gessi): la principale caratteristica di tale zona, nella porzione settentrionale, è costituita da una successione di sovrascorrimenti embricati costituiti da unità triassiche, compresi tra due principali livelli di scollamento, rappresentati dalla Carniola di Bovegno e dai gessi di San Giovanni Bianco.

Le linee di scollamento si presentano perlopiù sudvergenti: la geometria d'insieme rappresenta una serie di embrici immergenti verso la pianura. A nord la successione di sovrascorrimenti descritti ricopre il fianco meridionale delle antichinali orobiche; a sud la zona è ricoperta, con un contatto suborizzontale debolmente vergente a sud, dalla Dolomia Principale.

I litotipi affioranti nel settore descritto sono stati coinvolti in sovrascorrimenti e piegamenti a carattere regionale; anche la Dolomia Principale è stata interessata da raddoppi tettonici, esposti nella porzione medio-bassa della Valle Brembana. A

causa della notevole rigidità, la Dolomia Principale è segmentata da sistemi di faglie trascorrenti orientati principalmente da NE-SW fino a NW-SE (in località Selvino e San Pellegrino Terme-Zogno).

I tipi litologici maggiormente rappresentati nell'intero settore sono riconducibili ad una sedimentazione marina di piattaforma carbonatica e bacini intrapiattaforma: affiorano nella zona dolomie, calcari e calcari marnoso, argillosi; la presenza di ambienti formazionali deltizi, poco profondi, è documentata da depositi terrigeni ed evaporitici.

La zona del Parautoctono lascia spazio, verso sud, ad un'area a pieghe sudvergenti e faglie con asse orientato in direzione W-E che coinvolge formazioni giurassiche e cretache prevalentemente costituite da calcari, marne, argilliti e selci, tipiche di ambienti di sedimentazione marini profondi. Questa zona occupa una vasta fascia estesa in senso E-W dalle Valli Imagna e Taleggio sino al Lago d'Iseo, attraverso le medie valli brembana e seriana.

4.1.4 La zona collinare a pieghe e sovrascorrimenti

A sud della Flessura Pedemontana, i criteri collinari cretacei si raccordano alla pianura alluvionale; i lineamenti strutturali a carattere regionale sono caratterizzati da pieghe e sovrascorrimenti sud-vergenti con direzioni medie comprese tra E-W e N110°.

4.2 Assetto strutturale dell'area di interesse

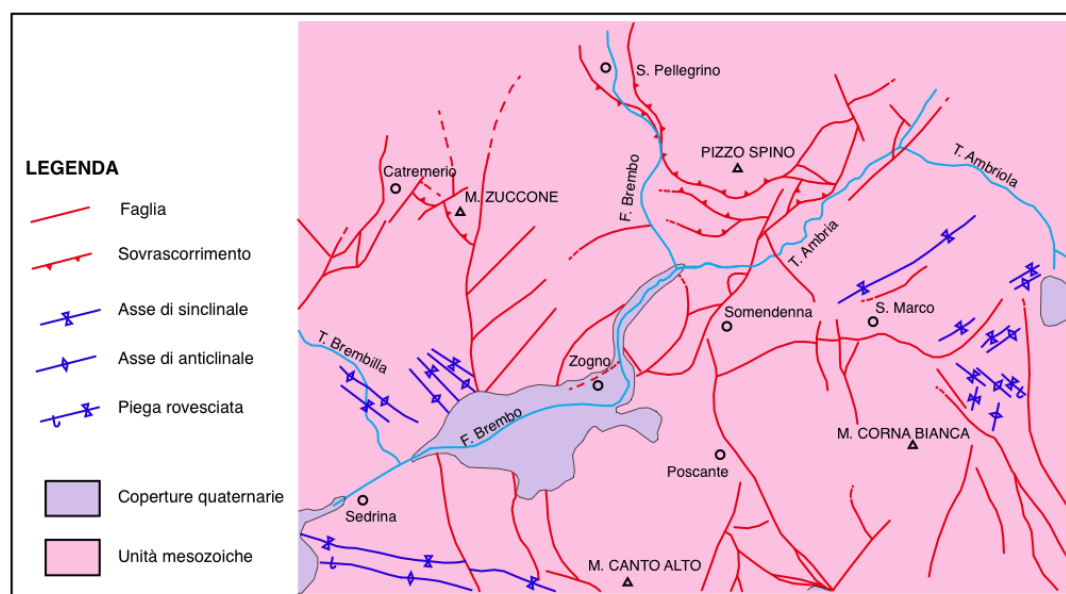
Il territorio comunale di Zogno è caratterizzato dai lineamenti trascorrenti con andamento N-S prevalente del sistema di faglie Roncola - Catramerio - M. Molinasco e della terminazione occidentale della Linea di Albino, che delimitano parte dell'area di interesse. Le unità stratigrafiche affioranti, di età norico-cretaceo inf., appartengono ad almeno due tipi di successioni: una completa, potente e bacinale, la seconda lacunosa (alti strutturali tardo triassici-liassici del M. Botto, Corna Marcia, del M. Cavallo, Canto Basso). Questi domini paleogeografici sono delimitati da alcune paleofaglie liassiche, orientate principalmente N-S, alcune delle quali hanno

avuto un ruolo importante di riattivazione alpina (faglie del Canto Basso, parte meridionale della faglia Roncola - Catremerio - monte Molinasco).

L'assetto strutturale alpino di questo settore si differenzia in senso N-S: nel fondovalle brembano del comparto più settentrionale sono presenti limitate scaglie tettoniche di Dolomia Principale e/o delle sue facies eteropiche e superiormente alcuni scollamenti-retroscorrimenti nella successione Argillite di Riva di Solto - Calcare di Zu. Il comparto meridionale, a sud di Zogno, si caratterizza per una serie di ampi piegamenti, con direttrici prevalenti degli assi N130, che coinvolgono tutta la successione compresa tra il Calcare di Zu e la Maiolica; essi si raccordano, verso SE, con analoghi piegamenti che interessano la successione giurassico - cretacea della fascia pedemontana.

In questa successione piegata riveste importanza regionale l'anticlinale asimmetriche del M. Ubiale - Canto Alto che, verso est tende a rovesciarsi e risulta dislocata da una serie di faglie presenti nella zona del Canto Basso.

Nelle direzioni settentrionale ed orientale, la successione della bassa Val Brembana si raccorda con la Dolomia Principale del M. Zucco di S. Pellegrino, tramite la faglia trascorrente destra della Val Carrubbo, o con la Dolomia Principale della Corna Bianca - Monte Podona.



4.3 Inquadramento stratigrafico ed evoluzione paleogeografia

Le rocce sedimentarie affioranti sul territorio comunale, hanno età compresa tra il Triassico ed il Cretacico, con predominanza di litotipi calcareo-marnosi e calcareo-dolomitici.

Con il Triassico ha inizio la sedimentazione marina, che si protrarrà fino a parte del Cenozoico: nel corso del Triassico si evidenziano tre cicli sedimentari prevalenti, costituiti da fasi alternate di trasgressione-regressione marina, con conseguente deposizione di sedimenti prevalentemente carbonatici con litotipi caratterizzanti condizioni di clima arido (gessi ed evaporiti) e ambienti deposizionali costituiti da piccoli bacini chiusi o dalla sedimentazione di depositi terrigeni (argilliti).

I sedimenti giurassici sono caratterizzati da un ambiente deposizionale contraddistinto dalla presenza di piattaforme carbonatiche separate da bacini intrapiattaforma piuttosto profondi; le formazioni ascrivibili a tale periodo sono potenti (spessori elevati) in corrispondenza delle aree a forte subsidenza (fosse tettoniche) mentre si presentano condensate e lacunose nelle zone di alto. I litotipi prevalenti sono costituiti da calcari e calcari marnosi con liste e noduli di selce, fino a formazioni silicee, costituite da fanghi derivanti dall'accumulo di microrganismi planctonici a scheletro siliceo (Radiolariti).

Il Cretacico inferiore è caratterizzato dalla prosecuzione della sedimentazione di fanghi carbonatici unitamente a sedimenti ricchi di frazione organica; a partire dal Cretacico medio sono presenti successioni torbiditiche (flysch), provenienti dal rimaneggiamento di materiali erosi da zone in fase di sollevamento. Le rocce sedimentatesi nel bacino lombardo nel periodo indicato testimoniano infatti un ambiente deposizionale di avanfossa, ove la subsidenza del bacino è ascrivibile ai processi di ispessimento crostale legati allo sviluppo di processi orogenetici.

5 GEOLOGIA

5.1 Criteri di indagine

La carta geologica (Tav. 1) è stata compilata per tutto il territorio comunale facendo riferimento alla cartografia CARG, implementata con rilievi sul terreno e con i dati disponibili, forniti dall'Amministrazione comunale.

Le formazioni rocciose ed i depositi superficiali sono stati descritti mantenendo la suddivisione e le denominazioni istituite nella cartografia geologica - CARG redatta in scala 1:50.000.

5.2 Depositi superficiali

Unità Postglaciale - depositi di versante (Pleistocene sup. - Olocene)

Unità caratterizzata da diamicton a ciottoli e blocchi spigolosi, arrotondati solo se provenienti da precedenti depositi glaciali o alluvionali, a supporto sia clastico che di matrice; la matrice, ove presente, va da sabbioso siltosa ad argillosa, se derivante da prodotti pedogenetici rimaneggiati. Sono assenti strutture significative, ma si riconoscono frequentemente letti paralleli al pendio.

Sul territorio comunale di Zogno affiorano estesamente in località Catremorio, lungo il versante settentrionale che digrada dal dosso Miragolo-Somendenna, nonché in località Poscante e Lallio. Deposit di versante ascrivibili all'Unità Postglaciale sono stati rilevati lungo il versante meridionale del Pizzo di Spino ed a ridosso del rilievo del Monte Zucco.

Unità Postglaciale - depositi alluvionali (Pleistocene sup. - Olocene)

Sono localizzati lungo le aste dei corsi d'acqua, a carattere sia effimero che perenne e sono costituiti da ghiaie a ciottoli e blocchi con matrice sabbiosa, sabbie anche con ciottoli, ghiaie ben selezionate. Le ghiaie sono in prevalenza a supporto clastico e ciottoli ben arrotondati; ovviamente nei corsi d'acqua minori e nelle aree di alimentazione la maturità tessiturale del sedimento è minore. In questi depositi, organizzati in corpi sia lenticolari che stratoidi, si osservano strutture sedimentarie dovute all'azione di corrente, quali ciottoli embricati, laminazioni oblique a basso

angolo, laminazione incrociata. I clasti rispecchiano i litotipi affioranti nel bacino a monte.

I depositi alluvionali dell'Unità Postglaciale sono presenti in destra idrografica del fiume Brembo, a valle del centro abitato, fino al confine comunale con Sedrina; sono inoltre presenti sia in destra sia in sinistra idrografica del Brembo, nella porzione settentrionale del territorio comunale, tra la località Tre Fontane ed il confine con il Comune di San Pellegrino Terme.

Complesso del Brembo - Unità di Zogno (Pleistocene sup.)

Il Complesso del Brembo è costituito da depositi di versante ed alluvionali caratterizzati, i primi, da diamicton a supporto di matrice limoso sabbiosa e clasti spigolosi, i secondi da ghiaie a ciottoli arrotondati a supporto clastico o di matrice sabbiosa, sabbie laminate, limi e sabbie di esondazione, da massivi a laminati. Litologicamente i clasti costituenti il deposito rappresentano le Formazioni affioranti nella zona dell'alta Valle Brembana.

La superficie limite superiore è caratterizzata da morfologie ben conservate anche se talora erose; i profili di alterazione sono generalmente inferiori a 1,6 m. I clasti e la matrice presentano un grado di alterazione scarso, colore tra 7.5YR e 10YR; la copertura loessica è assente.

Il Complesso del Brembo costituisce terrazzi localizzati grossomodo lungo tutto il corso del Fiume Brembo tra Zogno ed il Comune di San Pellegrino Terme, prevalentemente in destra idrografica. Gli affioramenti giungono mediamente ad una quota di 310 m; il dislivello tra il tetto dell'unità ed il corso attuale del fiume si attesta intorno ai 10 m.

Complesso della Goggia - Unità di Inzogno (Pleistocene medio - sup.)

Il Complesso della Goggia è caratterizzato da diamicton massivo a supporto di matrice limosa: till di ablazione e di alloggiamento.

Il deposito è costituito da ghiaie a supporto clastico, con ciottoli da 2 a 25 cm ben arrotondati, abbondante matrice sabbiosa da media a grossolana; le ghiaie presentano una grossolana stratificazione incrociata. I ciottoli sono costituiti

prevalentemente da carbonati, in massima parte Calcare di Esino, con rari esotici quali Verrucano Lombardo e porfidi del Collio; gli scisti metamorfici sono molto rari. L'alterazione è variabile, solitamente estremamente ridotta, con decarbonatazione parziale della matrice entro i primi 50 cm; occorre ricordare che le acque circolanti sono ricche di carbonato di calcio, come evidenziato dalle sottili croste di travertino tuttora in formazione che si osservano lungo i corsi d'acqua e le sorgenti lungo il versante a monte.

Il Complesso della Goggia costituisce i più antichi terrazzi in destra idrografica del Brembo a Zogno; sono distribuiti a Inzogno e nell'area dell'abitato di Zogno, tra q. 310 m e q. 325 m.

Unità di Fuipiano (Pleistocene - Olocene)

L'Unità di Fuipiano è costituita da diamicton a ciottoli e blocchi spigolosi, con matrice fine anche abbondante e supporto di matrice o clastico, da diamicton a blocchi spigolosi con volume fino a molte decine di metri cubi e da diamicton con scarsi ciottoli spigolosi in abbondante matrice sabbioso limosa, con clasti isoorientati paralleli al pendio, in letti clinostratificati.

La litologia dei clasti e dei blocchi è riferibile a quella dei versanti sovrastanti, costituiti da unità carbonatiche di età tardo triassica e giurassica: Calcare di Sedrina, Dolomia a Conchodon e Calcare di Zu. I grandi blocchi slittati lungo il pendio hanno conservato i caratteri e la stratigrafia di queste formazioni.

Depositi di frana ascrivibili all'Unità di Fuipiano sono cartografabili lungo il versante nord-orientale del Canto Alto, a monte di località Castegnone.

Unità di Pianca (Pleistocene medio)

L'Unità di Pianca è costituita da depositi di versante e di conoide alluvionale; i primi sono caratterizzati da diamicton a ciottoli e blocchi da spigolosi a ben arrotondati, con supporto clastico e di matrice siltoso arenacea sempre molto abbondante, massivi o in letti grossolanamente clinostratificati. In molti casi è presente pseudo-matrice, cioè materiale derivato da pedogenesi degli orizzonti più superficiali rimaneggiato lungo il pendio ed eventualmente infiltrato nel sedimento ove più poroso,

oppure implicato negli eventi di frana. I depositi di conoide alluvionale sono invece caratterizzati da ghiaie a matrice sabbiosa, ciottoli da spigolosi ad arrotondati, sabbie e sabbie fini con ciottoli, a laminazione obliqua e parallela, in corpi stratoidi e lenticolari debolmente clinostratificati. I clasti sono sempre derivati dai versanti a monte, quindi essenzialmente carbonatici.

I profili di alterazione raggiungono apparentemente il metro di spessore, ma quasi sempre la decarbonatazione degli orizzonti superficiali non è spinta: i livelli superficiali infatti nelle zone di erosione sono troncati fino al detrito di versante più fresco, mentre nelle zone di accumulo si osservano probabili [suoli](#) rimaneggiati insieme a detrito più recente. Per questi fattori non è mai osservabile un suolo propriamente detto.

L'unità caratterizza il conoide di Stabello ed è distribuita sul versante settentrionale di Monte di Nese, lungo il pendio che da Miragolo S. Marco digrada verso la valle di Ambriola, in direzione nordest e a nord di Spino al Brembo, in prossimità del confine comunale con San Pellegrino Terme. L'Unità di Pianca è stata rilevata anche sul versante settentrionale del territorio comunale, nelle zone di Gromo -Tiglio e di Pradonecco.

Unità di Stabello (Pleistocene inf. - medio?)

L'Unità di Stabello è costituita da ghiaie a supporto clastico, con ciottoli ben arrotondati di dimensione massima 40 cm, spesso discoidali con matrice sabbiosa abbondante; è visibile una laminazione a basso angolo nelle ghiaie, che sembrano essere grossolanamente stratificate. Alcuni affioramenti nell'area più occidentale, presso Cassettone, presentano le stesse litologie, ma cementate in una posizione geometrica perfettamente riconducibile all'Unità di Stabello: di conseguenza o la cementazione è stata determinata da fattori locali, oppure l'alterazione ha determinato la decarbonatazione totale dei cementi in tutto lo spessore dell'unità nelle altre aree di affioramento. I ciottoli sono sia carbonatici che cristallini, con netta predominanza di questi ultimi. Sono molto abbondanti i porfidi della Formazione di Collio, cui seguono in ordine di abbondanza arenarie e conglomerati del Verrucano Lombardo. L'alterazione è variabile, talvolta assai spinta nei primi metri, con decarbonatazione totale anche di ciottoli decimetrici; la matrice sabbiosa risulta pressoché interamente

argillificata; i clasti silicei sono inalterati, i ciottoli di Verrucano Lombardo presentano un cortex di alterazione molto friabile.

L'Unità di Stabello risulta terrazzata, con una successione di scarpate alte fino a 2 m pressoché continua tra le quote di 390 e 365 m, ove la topografia è complessivamente più ripida; tra quote di 365 e 350 m invece le scarpate sono ridotte e separate da pianori molto più ampi, caratterizzati da pendenze verso valle conformi all'andamento dei torrenti che scendono dal versante sudorientale della valle. Verso valle i depositi di questa unità sono troncati in tutte le aree di affioramento dalla scarpata sinistra del fiume.

L'unità affiora diffusamente nell'area situata in sinistra idrografica del Fiume Brembo, in località Stabello e Piazza Monaci a monte di quota 300 m, dove copre terrazzi in roccia e in precedenti depositi ed in località Camanghé.

Unità di Endenna (Pleistocene inf.?)

L'Unità di Endenna è costituita da depositi alluvionali: ghiaie a supporto clastico con ciottoli ben arrotondati di dimensioni massime di 30-40 cm con abbondanti i ciottoli discoidali e matrice sabbiosa abbondante; il deposito è intensamente alterato. Dall'analisi della frazione silicatica risulta evidente la matrice sabbiosa abbondante; i ciottoli cristallini sono alquanto rinsaldati, immersi in una matrice argilloso-sabbiosa di colore bruno rossastro (10YR da 6/8 a 5/8 presso Somendenna). In corrispondenza dello sbocco di corsi d'acqua locali, si osservano clasti carbonatici e terrigeni locali, spigolosi o subarrotondati, immersi in una matrice limoso-sabbiosa brunastra con inclusi di argille limose giallastre; il deposito è fortemente decarbonatato. I clasti sono allineati su superfici parallele al pendio. Questi depositi possono essere interpretati come depositi di conoide alluvionale legati all'alimentazione locale a carattere torrentizio e coevi ai depositi alluvionali.

Litologicamente, i clasti più abbondanti provengono dai porfidi della Formazione di Collio, che si presentano debolmente alterati con macchie di ossidi di ferro. In misura minore si riconoscono ciottoli di arenarie e conglomerati provenienti dal Verrucano Lombardo, intensamente alterati tanto che i singoli clasti si separano facilmente per dilavamento.

L'Unità di Endenna è costituita da depositi intensamente erosi, caratterizzati da svariati terrazzi con scarpate fino a 10 m di altezza. Le scarpate si sviluppano sia parallelamente al Brembo sia parallelamente ai corsi d'acqua che vi confluiscono.

L'Unità è costituita da lembi discontinui, localizzati a quote elevate nell'area di Endenna, a valle di Somendenna; alla confluenza tra il Torrente Grumello ed il Brembo si osservano tre differenti scarpate alle quote di 410, 390 e 370 m circa, ad indicare un'erosione polifasica comune ad entrambi i corsi d'acqua, al variare relativo del livello base d'erosione, a N di Endenna invece l'Unità di Endenna è incisa da scarpate erosionali relative a corsi d'acqua non più correlabili al contesto fisiografico ed al reticolato idrografico attuale, e quindi da ritenere anteriori all'attuale assetto del territorio. In Val Bruciata, tra le località di Endenna e Grumello de Zanchi, l'Unità di Endenna presenta una morfologia differente: esiste una sola scarpata che va dalla sommità degli affioramenti al fondovalle, attraversando senza discontinuità morfologiche il limite inferiore dell'Unità di Endenna al contatto con il substrato roccioso (Argillite di Riva di Solto, Dolomia Principale). Questo lineamento morfologico, che taglia sia l'Unità di Endenna che la successiva Unità di Stabello, nonché tutte le morfologie erosionali descritte, appare dunque correlabile ad un livello di base dell'erosione più vicino all'attuale che non a quelli riscontrati nelle unità di Endenna e Stabello.

Complesso del Culmine - Unità di Spino al Brembo (Pleistocene medio?)

E' costituito da depositi di versante e di conoide alluvionale caratterizzati, i primi, da conglomerati con clasti da spigolosi a subarrotondati, da 2 a 40 cm, a supporto clastico con matrice siltoso arenacea molto scarsa e da depositi di frana con blocchi fino a 1 m di diametro coperti dai depositi di versante più fini. I depositi di conoide alluvionale sono invece caratterizzati da conglomerati sia a supporto clastico che di matrice, con ciottoli da spigolosi ad arrotondati di dimensioni variabili da 5 a 35 cm, con matrice sabbiosa da assente a molto abbondante.

L'unità affiora nel bacino idrografico del torrente Capaniccioli, in prossimità del fondovalle.

Unità di Taleggio (Pleistocene inf. - medio)

L'Unità di Taleggio comprende depositi di versante costituiti da conglomerati a ciottoli eterometrici spigolosi da 2 a 10 cm, raramente fino a 30 cm, a supporto clastico, con matrice arenacea e più raramente argillosa con clasti sono carbonatici e da depositi lacustri, costituiti da limi argillosi con scarsa frazione sabbiosa, a laminazione piano parallela, e colate gravitative poco spesse.

L'unità affiora lungo i versanti occidentali che digradano dal Pizzo di Pino verso il fondovalle.

Complesso di Almenno (Neogene - Pleistocene inf.?)

Il Complesso di Almenno è costituito da ghiaie a supporto clastico o di matrice, a ciottoli centimetrici arrotondati ove la composizione petrografica è data da litotipi brembani (rocce sedimentarie a cemento siliceo, quarzo, vulcaniti, rocce endogene metamorfiche) molto alterati (depositi di tipo alluvionale) e da depositi di conoide caratterizzati da diamicton a supporto di matrice e clastico, con ciottoli subspigolosi a carattere residuale (quarzo e selci), prevalentemente centimetrici, provenienti dal substrato locale. Sono riconoscibili più episodi deposizionali (superfici erosionali secondarie, interne ai depositi).

Il Complesso di Almenno affiora lungo il versante destro ad ovest del paese e nella zona di Campelmé.

5.3 Substrato roccioso

L'ambito territoriale del comune di Zogno è impostato nel settore brembano delle Prealpi orobiche, un edificio geologicamente complesso, polifasico, alla cui costituzione hanno concorso deformazioni tettoniche di diverso tipo ed età, le cui testimonianze sono leggibili nei piegamenti e nelle traslazioni dei corpi rocciosi che costituiscono il sottosuolo.

Questo, in certi tratti si presenta talmente fratturato e deformato da rendere problematica anche la ricostruzione dei rapporti stratigrafici fra le singole formazioni rocciose.

La serie stratigrafica del substrato roccioso è rappresentata da una successione continua dalla formazione della Dolomia Principale, la più antica, che affiora alle estremità nord-occidentale e sud-orientale del territorio in esame sino alla Maiolica affiorante sul versante settentrionale del Monte Cavallo.

Nell'ambito di questa successione rivestono un ruolo particolare le formazioni del Trias superiore (Dolomia Principale - Calcare di Zorzino - Argillite di Riva di Solto - Calcare di Zu) che, per disomogeneità litologica, hanno condizionato le deformazioni strutturali dell'edificio prealpino. In particolare le Argilliti di Riva di Solto, in litofacies di natura pelitica, a causa della loro plasticità hanno concorso a determinare scollamenti, scivolamenti, accavallamenti delle unità massicce prevalentemente carbonatiche.

La serie stratigrafica del substrato roccioso è rappresentata, in successione dalle seguenti formazioni:

Maiolica (Titoniano sup. - Aptiano inf.)

La Maiolica è una successione di calcilutiti bianche o grigio chiare a stratificazione sottile, con liste e noduli di selce di colore variabile da rosa, alla base della Formazione, a grigio o nero.

Il limite inferiore della formazione si presenta netto per ampie lacune conseguenti alla troncatura delle unità giurassiche.

La Formazione è ben rappresentata nell'area del Monte Cavallo.

Rosso Ammonitico Lombardo (Toarciano - Aaleniano inf.)

Trattasi di una successione di marne e marne calcaree rosso mattone con strutture nodulari a stratificazione sottile.

Il limite inferiore è generalmente netto e corrisponde frequentemente ad un orizzonte argillitico rosso o ocra, talora caratterizzato da allineamenti a noduletti manganesiferi.

L'unità affiora in prossimità dell'alto strutturale del Monte Cavallo con spessori molto ridotti, nell'ordine del decametro, e rapide chiusure laterali. Si differenzia nettamente dalle formazioni sotto e soprastanti per il colore rosso o ocra.

Calcarea di Domaro (Pliensbachiano)

La Formazione è costituita da calcari marnosi, a stratificazione variabile da sottile a spessa, piano-parallela, con liste e noduli di selce ed intercalazioni marnose grigio - verdi. In associazione si rinvencono calcilutiti grigie o rosse con intercalazioni di calcari marnosi nodulari, ricchi in Ammoniti, o strati e banchi calcarenitico-marnosi a liste di selce, gradati e laminati.

Lo spessore della Formazione varia da 0 ad oltre 700 metri, con una sensibile riduzione (talora chiusura) sugli alti strutturali: trattasi di corpi cuneiformi in progressivo assottigliamento verso i margini di bacino, caratterizzati comunque da una discreta continuità laterale. Lo spessore di tali cunei cresce da W (Albenza) verso E (Sebino).

Il limite inferiore è normalmente graduale, corrispondendo al passaggio da calcari marnosi scuri con selci nere (tipici del calcarea di Moltrasio), ad una successione caratterizzata da colori più chiari e stratificazione più regolare. Localmente tale limite precede stratigraficamente di pochi metri un intervallo ricco in intercalazioni di calcilutiti rosate e marne argillose rosse o verdi a noduli micritici (bassa Val Brembana e regione dell'Albenza).

Sul territorio comunale di Zogno il Calcarea di Domaro affiora, con spessori modesti, in prossimità del confine amministrativo verso Sedrina e sul Monte Cavallo.

Calcarea di Moltrasio (Sinemuriano - Pliensbachiano)

La formazione è costituita da una sequenza di calcari marnosi grigio scuri o neri con selce presente in liste e noduli, mediamente stratificati con giunti marnosi.

Lo spessore della Formazione varia da 0 metri (in corrispondenza degli alti strutturali di M. del Cavallo e Zandobbio) ad oltre 800 metri (Gaetani, 1975) nei settori bacinali interposti (Albenza, Sebino).

Gli affioramenti si distribuiscono nella fascia di rilievi intermedi tra le colline pedemontane e le Prealpi Orobie, ricalcando l'area già indicata per il Calcarea di Sedrina. In quest'area il Calcarea di Moltrasio costituisce corpi con geometria cuneiforme che si aprono generalmente da E verso W, suggerendo la geometria marcatamente asimmetrica dei bacini deposizionali.

La Formazione presenta variazioni laterali e verticali che si associano alla geometria cuneiforme: la successione più tipica è quella bacinale, caratterizzata dall'associazione di strati calcareo-marnosi, piano-paralleli, selciferi, con marne calcaree e calcilutiti a stratificazione regolare, ricche in selce. Procedendo verso i settori di chiusura marginale dei corpi, a questi sedimenti tendono ad associarsi corpi lenticolari, massivi o caotici, costituiti da paraconglomerati intraformazionali e/o litoclastici e slumps, derivanti da scivolamenti sinsedimentari. A questi sono localmente intercalati corpi di calciruditi, brecce e megabrecce intra ed extraformazionali.

Il limite inferiore è definito dalla comparsa di alternanze marnose, dal colore nerastro delle selci e/o dall'intensa silicizzazione che può svilupparsi anche su spessori metrici.

La formazione affiora in continuità con il calcare di Sedrina sul versante settentrionale del Canto Alto di cui costituisce la sommità con uno spessore che si va riducendo verso oriente approssimandosi al Monte Cavallo dove l'unità si chiude.

Calcare di Sedrina (Hettangiano)

Si tratta di una successione di calcari bioclastici, calcari oolitici e calcari marnosi con noduli di selce. Al suo interno si differenziano una litozona calcarea inferiore priva di selce e senza intercalazioni argilloso-marnose, una litozona calcareo-marnosa con abbondanti noduli di selce nera, intercalati a marne e marne argillose ed una litozona superiore oolitica-bioclastica, fortemente silicizzata, con tipico colore grigio-biancastro. All'interno della Formazione sono quasi ovunque riconoscibili due livelli riccamente fossiliferi, nella parte inferiore (Grenzbivalvenbank; Kroner, 1910) e nella parte superiore (banco a Brachiopodi; Rasmuss, 1912).

Nella sezione-tipo lo spessore della Formazione è di circa 157 m (Francani, 1967): tale spessore si riduce gradualmente fino a chiusura nel settore del M. Cavallo, Olera, M. di Nese (bassa Val Seriana), in corrispondenza di un paleoalto strutturale liassico (Casati & Gaetani, 1968).

Il limite inferiore è frequentemente transizionale, e normalmente corrisponde al passaggio tra i calcari dolomitici massicci della Dolomia a Conchodon ed una successione meglio stratificata, di colore più scuro, con intercalazioni marnose e più abbondanti noduli di selce.

La Formazione affiora in una stretta fascia a direzione grosso modo E-W, allineata a cavallo della Flessura Pedemontana (Desio, 1929; De Sitter & De Sitter Koomans, 1949), corrispondente ai rilievi dell'Albenza, M. Canto Alto, M. Misma, M. Bronzone; sul territorio comunale di Zogno è presente sulla sommità del Monte Castello e sul versante settentrionale del Canto Alto dove il suo spessore si assottiglia gradualmente verso oriente fino a annullarsi in prossimità del Monte Cavallo in corrispondenza di un paleo-alto strutturale.

Dolomia a Conchodon (retico sup. - Hettangiano)

Si tratta di calcari color grigio-nocciola chiaro, massivi o in strati di media potenza quasi sempre amalgamati. Localmente si osservano fronti di dolomitizzazione che raramente interessano l'intera formazione.

Lo spessore di questa unità si mantiene mediamente sui 90-100 m nelle Prealpi Bergamasche centro occidentali.

Il limite inferiore è netto con il Calcare di Zu, evidenziato dalla comparsa di grainstones oolitici massivi soprastanti calcari sottilmente stratificati, grigi, micritici e/o bio-oclastici del Calcare di Zu sommitale.

La formazione affiora in continuità sul versante settentrionale del Canto Alto, a quote crescenti verso oriente e sul Monte Castello di cui costituisce la parte prossima alla sommità. L'unità è oggetto di coltivazione per produzione di calce e cemento nella zona prossima al confine con il comune di Sedrina.

Calcare di Zu (Norico sup. - Retico)

Il Calcare di Zu è costituito da calcari micritici e bioclastici, calcari marnosi da grigi a nerastri, in strati decimetrici piano-paralleli o in banchi plurimetrici costituiti da strati amalgamati. Subordinate sono le intercalazioni di marne e, più raramente, argilliti marnose.

All'interno della Formazione sono stati individuati quattro membri definiti, dal più antico al più recente: Zu 1, 2 3 e 4.

Le associazioni di litofacies dei membri inferiore e superiore (Zu1, 3), sono caratterizzate da calcari marnosi con intercalazioni di argilliti marnose di spessore

metrico, presenti soprattutto alla base e alla sommità. Il membro intermedio (Zu2) è invece essenzialmente calcareo con Coralli, Brachiopodi, Crinoidi, Foraminiferi, ooliti e localmente grossi Megalodontidi (“Primo orizzonte a Coralli” di Jadoul et alii, 1994).

Un secondo episodio di progradazione regionale delle facies di piattaforma carbonatica è presente alla sommità del membro Zu3, caratterizzato da una litozona riccamente fossilifera. In corrispondenza del limite superiore con la Dolomia a Conchodon sono presenti 15-30 m di calcari scuri sottilmente stratificati e localmente con noduli di selce nera al tetto (Zu 4 di Jadoul et alii, 1994).

La successione mostra una marcata ciclicità: ciascun ciclo inizia con argilliti marnose grigio-scure passanti a marne, seguite da calcari marnosi intercalati con marne e infine da calcari in strati sempre più spessi separati da sottili interstrati marnosi e tempestiti bioclastiche. Nel membro 3 affiorante nella successione di Miragolo, sono presenti orizzonti evaporitici di spessore metrico di calcari vacuolari, calcari marnosi, marne ocracee vacuolari con piccoli cristalli e pseudomorfi di gesso.

L'unità fa transizione inferiormente all' Argillite di Riva di Solto, con passaggio graduale segnato dall'incremento delle intercalazioni calcaree fossilifere.

Lo spessore del Calcare di Zu nel settore prealpino occidentale si mantiene mediamente costante tra i 400 m in Albenza e 550 m a Miragolo. Nel settore orientale, al Monte Poieto è attorno ai 200-250 m, forse di poco superiore al M. Cavlera e al M. Rena (circa 400 m), da qui aumenta progressivamente verso est, sino a raggiungere circa 800-900 m sul lago d'Iseo, ove è sita la località tipo.

Il Calcare di Zu affiora estesamente nell'ambito amministrativo di Zogno connotando, in modo particolare:

- il rilievo che degrada dal M. Zuccone verso il fondovalle attraverso Sant'Antonio Abbandonato - Pamparato - Casa Rielli - Carnito inglobando anche la zona della Corna Rossa nota per la serie di pieghe, esempio didattico per la presenza di pareti e scarpate coincidenti con il banco a coralli;
- il versante a monte di Stabello - Piazza Monaci - Piazza Martina sino ad una quota di 700-800 m;
- gli ampi pianori che in successione si rinvergono lungo l'allineamento Somentenna - Miragolo - Cà del Colle.

Argillite di Riva di Solto (Norico sup.)

La Formazione è caratterizzata da argilliti e marne argillose nere, fogliettate, con laminazioni parallele e diffusa materia organica; marne, calcari marnosi e calcari micritici neri, si intercalano nella successione.

L' Argillite di Riva di Solto è stata distinta in due unità informali (Jadoul, 1986; Jadoul et alii, 1994): una litozona inferiore prevalentemente argillosa, e una litozona superiore, costituita da alternanze cicliche di litotipi argilloso-marnosi e carbonatici che dà luogo al limite transizionale con il Calcare di Zu.

La Litozona 1 (ARS1), è un'unità informale caratterizzata da argilliti e argilliti marnose nere fogliettate, spesso con laminazioni parallele, ricche di materia organica soprattutto alla base, organizzate in pacchi sino a plurimetrici con base planare. Subordinati sono i livelli di marne e calcari marnosi neri, laminati e con patina d'alterazione ocracea in grossi noduli o singoli strati decimetrici a superficie ondulata. Sono localmente presenti, con frequenza maggiore verso il tetto della successione, intercalazioni da metriche di calcari micritici neri sovente con laminazioni parallele. Sono frequenti gli slumping e le deformazioni sinsedimentarie.

La litozona superiore (ARS2) è caratterizzata da un incremento nel contenuto di CaCO_3 , con intercalazioni più regolari nelle peliti degli orizzonti carbonatici micritici in associazione a calcari marnosi. L'incremento della frazione carbonatica avviene ciclicamente, con cicli asimmetrici di spessore compreso tra 7-8 m e 30 m. Ciascun ciclo è caratterizzato da una porzione inferiore argillitico-marnosa laminata, da una porzione mediana entro cui si assiste ad un passaggio graduale da marne a calcari e da una superiore, quasi completamente carbonatica, ben stratificata.

Lo spessore dell'Argillite di Riva di Solto è difficilmente valutabile, a causa dell'estrema plasticità dei litotipi che la costituiscono, e quindi delle frequenti deformazioni, elisioni o raddoppi di natura tettonica. Esso comunque varia, in senso ovest-est, da valori attorno ai 40-80 m lungo il versante occidentale della Valle Imagna - M. Albenza e M. Molinasco - M. Zucco sino a oltre 400 m nelle valli Taleggio e Brembilla; si riduce a non più di un centinaio di m al M. Cavlera, per poi crescere verso est a 600-700 m in Valle Cavallina e a circa 1000 m nella località tipo.

In Val Brembilla e in tutto il settore ad oriente del F. Serio l'unità poggia sui calcari neri ben stratificati del Calcare di Zorzino; a Catramerio si ha passaggio

diretto alle dolomie chiare in grossi banchi della Dolomia Principale o a pochi metri di Dolomie Zonate. In tutti questi casi il limite è netto, segnato dalla improvvisa comparsa di argilliti e argilliti marnose nere. A Catramerio, al contatto stratigrafico sono presenti croste (hard ground) e/o filoncelli-cavità con fosfato di calcio.

La formazione affiora in continuità in un ampio areale al cui interno si impongono i bacini dei torrenti Grumello e Poscante. Verso nord affioramenti discontinui si rinvencono in corrispondenza del tratto terminale della valle del T. Ambria e nel versante verso Spino. In destra idrografica del F. Brembo una ridotta fascia di argilliti limita verso occidente la linea della Val Carubbo, dal fondovalle sino al Corno dell'Arco, determinando anche uno spiccato contrasto morfologico fra i due versanti della valle.

Calccare di Zorzino (Norico medio)

Il Calccare di Zorzino è costituito in prevalenza da una successione monotona di calcari micritici neri, fetidi, in strati piano-paralleli di spessore da centimetrico a pluridecimetrico, con sottili intercalazioni di marne nere, più diffuse nella parte superiore dove si associano anche ritmiti millimetrico-centimetriche di calcari marnosi e calcilutiti nere lastroidi, ricchi in sostanza organica e localmente fossiliferi. Nelle porzioni inferiori e nei settori dove si osservano interdigitazioni con le Dolomie Zonate, l'unità presenta intercalazioni di calcareniti-calcisiltiti, sovente granoclassate, laminate, con chip pelitici neri isorientati e rare lenti calciruditiche a supporto di matrice, base erosiva e clasti centimetrici, in prevalenza intraformazionali (debris flow). Queste litofacies sono spesso associate con orizzonti che presentano piccoli slumping. Le microfacies più tipiche sono caratterizzate da mudstone e wackestone microspartiti. Le ritmiti sono costituite da alternanze millimetriche di mudstones argillosi e di packstone finissimi anche granoclassati. Le litofacies più grossolane sono packstone fini e subordinati rudstone intraclastici con rari bioclasti di lamellibranchi, crinoidi, echinoidi, ostracodi e frammenti fosfatici di vertebrati.

Le associazioni di lito-biofacies del Calccare di Zorzino documentano ambienti deposizionali di bacino intrapiattaforma non molto profondi, ma subsidenti e con un elevato tasso di accumulo dei fanghi carbonatici esportati dalla piattaforma della Dolomia Principale (torbiditi carbonatiche diluite). Le locali lenti di brecce a

supporto di matrice, le calcareniti granoclassate e gli slumping caratterizzano i processi deposizionali (torbiditi, debris flow) nelle aree più prossimali dei solchi intrapiattaforma. Nelle facies fini le sottili laminazioni, l'assenza di fauna bentonica (non rimaneggiata) e delle bioturbazioni evidenziano la presenza di fondali in prevalenza anossici.

Lo spessore del Calcare di Zorzino presenta da occidente ad oriente variazioni significative. Esso raggiunge 300 m ad Artavaggio ed in Val Taleggio, chiudendosi verso sud in Valle Imagna e verso est sul versante destro della Val Brembana presso S. Pellegrino. Verso oriente risulta assente in alta Val Serina, per poi riaprirsi in corrispondenza della Valle Seriana; raggiunge il massimo spessore lungo la sponda del lago d'Iseo.

Il Calcare di Zorzino poggia sulle Dolomie Zonate, il limite è transizionale.

Sul territorio comunale di Zogno affiora ad Endenna e Poscante, ove la Formazione è nota per le ricche faune raccolte e studiate di cui esemplari significativi sono esposti nei musei di Zogno e San Pellegrino.

Dolomie Zonate (Norico medio)

L'unità comprende le facies carbonatiche noriche, ben stratificate e di bacino intrapiattaforma eteropiche alla Dolomia Principale. Le Dolomie Zonate sono costituite da alternanze di calcareniti-calcisiltiti dolomitizzate grigio scure, in strati sino a pluridecimetrici piano-paralleli, con clasti millimetrici chiari e scuri, con clasti pelitici (clay chip). Le facies medio-grossolane possono presentare granoclassazione, laminazioni parallele, oblique, ripple di corrente e superfici erosive (torbiditi).

Sono intercalate anche ritmiti grigio nerastre, di spessore centimetrico caratterizzate da alternanze di laminazioni parallele chiare e scure (da cui il nome dell'unità) in cui possono essere presenti intercalazioni, sino a 10 cm di spessore, di marne dolomitiche scure finemente laminate e con ossidi di Fe colore di alterazione bruno-rossastro. Nelle litofacies più fini sono localmente presenti piccoli noduli e liste di selce nera, livelletti parzialmente silicizzati e fratture-cavità geodiche (Selvino, Valle Bracca) con cristalli di quarzo autigeno e, più raramente, di fluorite e celestina (Jadoul et alii, 1992c). Localmente sono presenti lenti di paraconglomerati a clasti derivati dal pendio e da breccie di Dolomia Principale.

Dolomie Zonate - Breccie Sommitali (Norico Medio)

Sono riferiti alle Dolomie Zonate - Breccie Sommitali, i corpi lentiformi di breccie di spessore plurimetrico a clasti provenienti dalla Dolomia Principale che si interdigitano con le facies più bacinali eteropiche alla Dolomia Principale. I corpi di breccie si intercalano talora con subordinate doloareniti e doloruditi fini di colore scuro generalmente in strati lenticolari.

L'Unità è presente soprattutto in Val Brembana, a tetto della Dolomia Principale nei settori dove si realizza il passaggio laterale di facies tra la piattaforma carbonatica e le facies di solco intrapiattaforma (Jadoul & De Bonis, 1981; Jadoul, 1986). Il limite inferiore è con la Dolomia Principale, il superiore è generalmente transizionale con le Dolomie Zonate o netto con l'Argillite di Riva di Solto.

Le litofacies di questa unità sono date da breccie dolomitiche carbonatiche poligeniche con geometrie lenticolari, a clasti di dimensioni mediamente centimetriche-decimetriche, localmente metriche, sia litificati di Dolomia Principale e sia semi-litificati delle Dolomie Zonate.

L'ambiente deposizionale è un margine interno di piattaforma-scarpata-pendio superiore controllato da tettonica sinsedimentaria e processi deposizionali principalmente connessi a trasporti in massa. Le tasche di breccie presenti al tetto della Dolomia Principale (Zogno-Camissinone) potrebbero invece rappresentare evidenze di esposizioni subaeree della piattaforma carbonatica.

Lo spessore varia da pochi metri a un massimo di varie decine di metri.

Gli affioramenti più tipici, in zona, si notano in località La Colorita-Le Cornelle ed allo sbocco della Val Carubbo.

Dolomia Principale (Carnico sup. – Norico inf.)

Tale formazione è costituita da dolomie chiare in grossi banchi metrici; alla base presenta talora un membro definito da doloareniti e dolosiltiti laminate contenenti ooliti e stromatoliti e con sottili intercalazioni marnose scure. L'unità è dolomitizzata pervasivamente: le microfacies risultano spesso ricristallizzate, ma la dolomitizzazione precoce preserva le strutture primarie.

L'ambiente deposizionale della Dolomia Principale è una vasta piattaforma carbonatica, dolomitizzata precocemente (FRISIA, 1991) con prevalenti facies lagunari e di piana tidale nella porzione medio-inferiore.

L'unità è caratterizzata da un Membro Basale, costituito da calcareniti fini e calcisiltiti dolomitizzate di colore scuro generalmente ben stratificate, laminate, con clasti pelitici, lenti di brecce intraformazionali e sottili intercalazioni marnoso-dolomitiche e da due litofacies. La litofacies inferiore (DPRb) è caratterizzata da dolomie grigie, subtidali in banchi sino a metrici e dolomie in spessi cicli peritidali shallowing upward, a prevalenti facies subtidali. La base dei cicli presenta localmente brecciole intraformazionali mentre la sommità è caratterizzata da stromatoliti planari con fenestrate o da livelli con grossi pisoidi-oncoidi di dimensioni sino a decimetriche e da brecciole loferitiche con cavità e filoncelli con sedimenti interni neri (M.Alben). Le associazioni di macro e microfacies indicano un ambiente piattaforma interna soggetta a correnti tidali e periodicamente con locali emersioni.

La litofacies sommitale (DPRa) è costituita da brecce-megabrecce massive, caotiche, di spessore da metrico a plurimetrico con clasti eterometrici di Dolomia Principale. Le microfacies dei clasti riflettono quelle delle unità di provenienza (Dolomia Principale, sia in facies di piattaforma interna, sia in facies marginale e Dolomie Zonate); la matrice delle brecce è generalmente costituita da packstone grossolani o da wackestone fangosi. La litofacies DPRa si è deposta nella zona di margine e pendio superiore, di raccordo tra piattaforma interna e bacino. La parte prossimale è caratterizzata dalle biocostruzioni a serpulidi, che compaiono come clasti nelle facies di pendio più profonde.

Lo spessore, difficilmente valutabile a causa delle elisioni tettoniche, può variare da un minimo di 900 m ad un massimo di 1500 m. Gli spessori più cospicui, di oltre 2000 m, vengono raggiunti sul versante orientale del Lago d'Iseo.

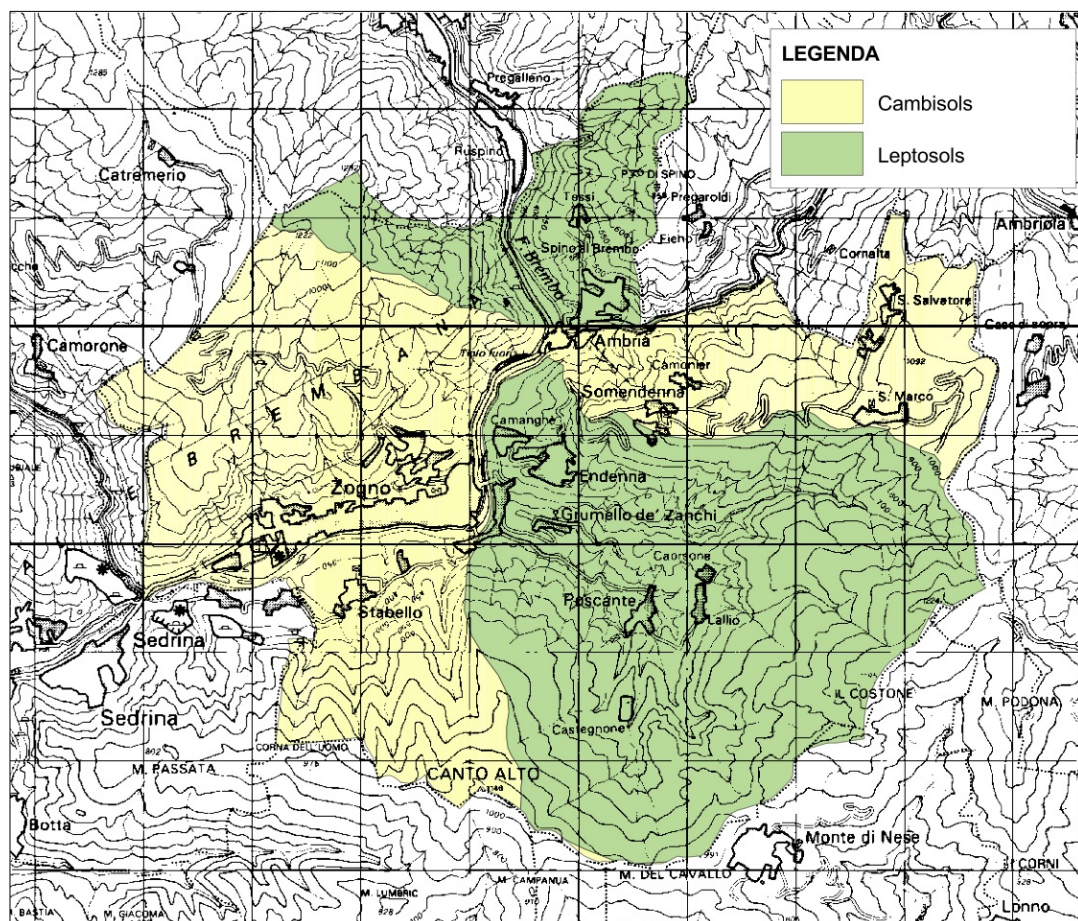
La Dolomia Principale affiora estesamente caratterizzando il versante in destra idrografica del F. Brembo dal confine con il Comune di S. Pellegrino (M. Zucco) sino all'allineamento Camissinone-Carubbo, la zona del Pizzo di Spino sino all'altezza di Tessi-Pregaroli e l'estremità sud-orientale del territorio in esame (Corna Bianca - Il Costone).

6 ELEMENTI DI PEDOLOGIA

L'individuazione dei suoli presenti in un determinato territorio fornisce utili informazioni per valutarne l'idoneità per le diverse attività umane (agricole, insediative, ricreative, industriali).

Le tipologie di suolo individuate all'interno del territorio comunale di Zogno (la cui perimetrazione è individuata nello stralcio grafico di seguito riportato), sono:

- **Suolo tipo 1 - Leptosols** (FAO 1990): suoli molto sottili, con scheletro frequente, tessitura media, reazione neutra o subalcalina, saturazione alta, scarsamente o moderatamente calcarei, drenaggio da buono a rapido. I Leptosols caratterizzano sistemi montuosi e montuoso-collinari, caratterizzati da una quota altimetrica generalmente superiore ai 500 m s.l.m. Tale unità pedologica è presente lungo buona parte del versante meridionale che delimita il territorio comunale, comprendendo le valli di Poscante e Grumello e, verso nord, gli abitati di Endenna e parte del dosso lungo il quale si sviluppano le Frazioni di Somendenna e Miragolo. I Leptosol sono inoltre presenti nella parte settentrionale del territorio comunale, dall'abitato di Spino al Brembo a ricomprendere i versanti in sinistra ed in destra del fiume Brembo, fino al confine con il Comune di San Pellegrino Terme. L'uso del suolo prevalente è prato o bosco misto di latifoglie prevalenti.
- **Suolo tipo 2 - Cambisols** (FAO 1990): suoli moderatamente profondi, con scheletro scarso o comune e tessitura media, saturazione alta, calcarei, drenaggio da buono a rapido. Caratterizzano aree montane con acclività da medio-elevata a bassa; nel Comune di Zogno interessano l'abitato e buona parte del versante sudvergente che lo delimita; sono presenti inoltre lungo il tratto di pendio compreso tra il monte Canto Alto e la frazione di Stabello e lungo il versante che digrada verso nord a partire dal dosso Miragolo-Somendenna, fino all'abitato di Ambria. L'uso del suolo prevalente, ove non edificato, è prato o bosco misto di latifoglie.



Individuazione dei suoli presenti all'interno del territorio comunale di Zogno

7 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

7.1 Criteri di indagine

L'indagine geomorfologica si è svolta sulla base di uno specifico rilievo di terreno, supportato dalle rappresentazioni cartografiche disponibili. La compilazione della carta geomorfologica di tutto il territorio comunale è stata effettuata alla scala 1:5.000 (Tavv. 2a-d).

La morfologia del territorio è il risultato della combinazione di diversi fattori geologici (litologia e tettonica), di fattori climatici (precipitazioni, temperature,

umidità), di agenti di modellamento superficiale (acque libere e incanalate, forza di gravità, cicli di gelo e disgelo) e di una significativa azione antropica.

Per buona parte delle forme riscontrate sul territorio è stato individuato il processo morfogenetico che le ha determinate e che, ancor oggi, le regola (fenomeni gravitativi, erosionali legati alle acque superficiali, etc.); una parte degli elementi morfologici sono stati classificati come poligenici perché controllati da più agenti concomitanti.

L'indagine geomorfologica non solo ha individuato le pericolosità presenti sul territorio, ma ha evidenziato anche gli elementi di pregio ambientale e naturalistico che caratterizzano alcune aree del territorio.

Mentre nella definizione delle pericolosità naturali è opportuno riportare i singoli elementi geomorfologici (puntuali, lineari o, meno frequentemente, areali), nella definizione degli elementi di pregio naturalistico presenti nel contesto del territorio comunale di Zogno, è risultato più significativo individuare con l'apposizione cartografica di un simbolo la presenza di aree morfologiche di pregio.

7.2 Ambiti geomorfologici

7.2.1 Creste rocciose

I rilievi che caratterizzano le porzioni settentrionale e meridionale del territorio comunale di Zogno sono caratterizzati da creste rocciose con altezza variabile tra i 1.200 m s.l.m. del Monte Zucco ed i 950 m s.l.m. del Pizzo di Spino e della zona della Filaressa e da versanti in roccia ad elevata acclività, che digradano dalle zone di cresta.

La morfologia di tali zone è controllata dalle caratteristiche litologiche della roccia (competenza, erodibilità) e dal suo assetto strutturale (spaziatura, giacitura della stratificazione, stato di fratturazione). In questo contesto agiscono efficacemente i cicli di gelo e di disgelo, unitamente alla forza di gravità: azioni che possono manifestarsi con distacchi di blocchi dagli orli di scarpate rocciose.

7.2.2 Versanti vegetati

I versanti che costituiscono buona parte del territorio comunale di Zogno, nella fascia altimetrica mediamente compresa tra 900 e 500 m s.l.m., sono caratterizzati da pendenze medie e suoli poco sviluppati. Trattasi di versanti solcati da numerose incisioni vallive: l'azione erosiva delle acque superficiali condiziona fortemente la morfologia del versante, unitamente al controllo strutturale e litologico operato dall'ammasso roccioso.

Nelle zone collinari altimetricamente meno elevate del comune di Zogno, in parte modificate dall'intervento antropico, sono presenti dei versanti ricoperti prevalentemente da terreni sciolti. In questa categoria rientrano i depositi eluvio-colluviali, per i quali l'agente di accumulo è principalmente la forza di gravità, oltre alla disgregazione in posto del substrato roccioso.

Questi versanti sono in genere stabili su basse pendenze (minori di 30°), mentre man mano aumenta la pendenza ed il contenuto argilloso del sedimento, si manifestano soliflussi, piccole erosioni e solcature di ruscellamenti.

7.2.3 Aree terrazzate

La correlazione fra le varie sequenze di terrazzi, con scarpate anche superiori ai 10 metri di altezza, che si sviluppano parallelamente sia al fiume Brembo sia ai corsi d'acqua che vi confluiscono, non è immediata e sempre possibile: talora le variazioni del livello base d'erosione sono state comuni fra il corso d'acqua principale e i suoi affluenti e quindi l'evoluzione è stata sincrona (esempio valle del fiume Brembo - valle del torrente Grumello, sistemi di quota 370-410 m); talora (tratto di versante fra Braccamolino e Endenna) le scarpate erosionali sono riconducibili ad un sistema idrografico non correlabile al contesto fisiografico attuale e quindi da ritenersi anteriori allo stesso; talora (Val Bruciata) esiste una sola scarpata erosionale che va sino al fondovalle e che si può ascrivere ad un'evoluzione più recente rispetto al resto dell'area contermina.

Sinteticamente si possono riconoscere nell'ambito comunale:

- un sistema di terrazzi di erosione, con morfologie ridotte e con dislivello massimo prossimo ai 10 m, sviluppato sia lungo il fiume Brembo sia lungo i

suoi affluenti. Gli affioramenti arrivano a quota 300 m circa a Zogno, grossomodo a metà paese;

- un sistema di terrazzi di aggradazione più antichi, in destra idrografica, distribuiti fra quota 310 e 325 m in Zogno e ben visibili nella località Inzogno;
- un sistema, in sinistra idrografica del fiume Brembo (zona di Stabello), con una successione di scarpate fra quota 350 e 390 m. Verso valle il sistema è troncato dalla scarpata sinistra del fiume Brembo: lungo tale sistema, caratterizzato da superfici subpianeggianti, sorgono gli abitati di Stabello e Piazza de Monaci;
- un sistema di terrazzi con scarpate anche fino ai 10 metri di altezza, fra quota 380 e 500 m ben visibili nella zona di Endenna - Braccamolino.

Le zone di fondovalle solcate dal fiume Brembo sono impostate in depositi alluvionali recenti di poco sopraelevati rispetto al letto attuale, raccordati allo stesso da un terrazzo di I° ordine. Parte di dette aree sono periodicamente allagate in concomitanza di eventi di piena. La loro estensione areale varia spostandosi da monte a valle, condizionata dal marcato controllo litologico e strutturale del solco vallivo principale.

7.2.4 Dossi

Costituiscono buona parte dell'area compresa fra Miragolo e Somendenna, la zona di Grumello dé Zanchi ed alcune aree a monte della località Poscante, ove sorgono gli abitati di Castegnone e Bruga. Si tratta di porzioni areali a bassa acclività (inferiore ai 20°), con forme arrotondate; i versanti possiedono una pendenza variabile ma risultano nell'insieme sempre ben raccordati alle aree di fondovalle.

Queste aree risultano urbanizzate, tanto che la loro originaria morfologia è sovente mascherata. In generale si tratta di aree stabili.

7.2.5 Area di fondovalle

Il corso del fiume Brembo caratterizza fortemente l'assetto territoriale del comune di Zogno, l'alveo attivo del Brembo è separato da un ordine di terrazzamenti, a tratti poco riconoscibile, dalla piana alluvionale più prossima al fiume, talora sede di fenomeni esondivi.

L'analisi morfologica di dettaglio evidenzia una sostanziale differenza fra il tratto iniziale del Brembo nel territorio comunale di Zogno:

- nel tratto di monte il fiume ha un andamento all'incirca N-S, concorde con l'impostazione dei corsi d'acqua alpini e prealpini;
- nella porzione di valle la direzione di deflusso del Brembo, denotando un controllo di tipo strutturale e litologico. I due tratti si raccordano attraverso un'ansa prossima a 90°, in corrispondenza dell'abitato di Zogno.

L'alveo attivo è impostato su un materasso alluvionale il cui spessore varia in relazione all'andamento del substrato roccioso sepolto; l'evoluzione erosivo-deposizionale ha dato origine, in tale tratto di fondovalle, ad una serie di terrazzi che si sviluppano parallelamente al corso d'acqua.

7.2.6 Area a morfologia carsica

Morfologie legate a fenomeni di dissoluzione carsica sono variamente presenti sul territorio comunale di Zogno e caratterizzano aree con substrato dolomitico ad elevata fratturazione e zone a prevalente substrato calcareo. Tra le cavità più importanti, la Grotta delle Meraviglie e la Caèrna.

Significativo, anche arealmente, il fenomeno carsico sia superficiale che di profondità presente in località Miragolo: la testata di Valle di Buga e il versante settentrionale di M. Castello, infatti, sono caratterizzati da morfologie ondulate e da depressioni riconducibili a paleocarsismo testimoniato anche da cavità sotterranee, localmente chiamate laca e gana, a sviluppo prevalentemente verticale anche se di pochi metri (massimo misurato 12 m).

È un'area non particolarmente stabile proprio per la presenza di tali depressioni che sottendono la presenza di cavità sotterranee (carsismo ipogeo) e che possono dar luogo a fenomeni di crollo.

Si tratta di punti sensibili anche per l'infiltrazione delle acque.

7.3 Forme, processi e depositi

7.3.1 Forme, processi e depositi legati alla gravità

I fenomeni gravitativi costituiscono elementi di pericolosità geomorfologica essenziali nella pianificazione territoriale relativa a grandi aree e non sono certo secondari nella risoluzione di problemi puntuali.

Soliflusso e creep

Si tratta di piccoli movimenti caratterizzanti la coltre superficiale, determinati dalla presenza di terreno scadente su pendii generalmente molto acclivi. La zona maggiormente interessata da tali fenomeni è il versante a monte di Piazza Martina.

Aree soggette a crollo di massi e ribaltamenti diffusi

Comprendono areali in dissesto e zone a pericolosità potenziale per distacco di blocchi isolati da pareti rocciose; tale fenomeno è favorito dalla fratturazione del bedrock, dall'azione meccanica della vegetazione e dalla conformazione morfologica del versante (acclività).

I fenomeni di crollo potenziale interessano i versanti e le scarpate litoidi, soprattutto quelli impostati nelle dolomie e nelle massicce bancate calcaree e calcareo-dolomitiche.

Le aree in dissesto sono state individuate lungo le pareti rocciose prospicienti la strada provinciale per la Valle Brembana, tra le località Grotte delle Meraviglie e Tre Fontane. Tali elementi areali tengono conto delle caratteristiche morfologiche, strutturali e degli interventi di consolidamento e difesa realizzati.

A rischio è il versante in destra idrografica al cui piede scorre la strada statale che risulta esposta nel tratto Tre Fontane - Sant'Antonio. Fenomeni localizzati di caduta massi sono stati individuati lungo la strada di collegamento tra Castegnone e Braga, oltre che a valle del Pizzo di Spino, lungo alcuni tratti della zona dell'Orrido in località Ambria e nella frazione di Poscante, in località Altamarie.

Trattasi talora di areali piuttosto estesi, interessanti intere porzioni di versante, come di seguito descritti.

Località Zernone

Si tratta di un versante a media acclività con substrato roccioso affiorante e subaffiorante; in corrispondenza dei tratti a minor acclività il substrato è ricoperto da uno spessore variabile di materiale sciolto.

L'inventario dei fenomeni franosi della Regione Lombardia ha individuato tre aree di frana, due a S-E di Zernone ed una a nord di località Pamparato: tali forme non hanno trovato riscontro nelle risultanze dell'analisi geomorfologica di dettaglio condotta in fase di redazione dello Studio geologico a supporto del PGT. Trattasi di forme individuate dall'Inventario esclusivamente mediante foto interpretazione; da quanto rilevato direttamente in sito, non si evidenziano indizi morfologici di una dinamica gravitativa, anche quiescente: non sono presenti elementi deformativi riconducibili a eventi franosi né si evidenziano condizioni morfologiche e litostratigrafiche diverse rispetto al versante entro cui si inseriscono.

Canto Alto e Canto Basso

Lungo il versante vergente verso nord-est che digrada dal Canto Alto ed in corrispondenza di un breve tratto di pendio a valle del Canto Basso (località Stalla Ruca), sono state segnalate due porzioni di pendio soggette a crolli: trattasi di zone a media-elevata acclività, ove il substrato roccioso è subaffiorante. Le aree segnalate non mostrano evidenze di una dinamica geomorfologica attiva né condizioni stratigrafiche o geomeccaniche diverse dalle adiacenti porzioni di pendio, pertanto non sono riportate nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI.

Località Lallio

L'area soggetta a crolli o ribaltamenti segnalata dalla GeoIFFI in località Lallio, a ovest di stalla Foldone, non è stata confermata dai sopralluoghi effettuati in sito: nella zona il substrato roccioso non è affiorante, la zona si inserisce in un versante a morfologia costante, vegetato. Non sono stati rilevati indizi di una dinamica geomorfologica attiva.

Imbocco galleria Grotte delle Meraviglie e località Tre Fontane

L'inventario dei fenomeni franosi della Regione Lombardia ha individuato due aree franose per crolli lungo il versante in roccia ad acclività medio-elevata, in zona Grotte delle Meraviglie, all'estremo occidentale del territorio comunale, e nella porzione settentrionale dell'abitato, in località tre Fontane, in fregio alla strada

provinciale per la Valle Brembana. Le due aree franose sono state riconosciute nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI come "aree di frana attiva - Fa"; è stata però modificata la perimetrazione riportata sulle Geolffi, in considerazione dell'effettivo sviluppo e delle caratteristiche strutturali delle pareti rocciose affioranti, degli interventi di consolidamento e difesa realizzati (i rilievi di dettaglio ed i sopralluoghi effettuati hanno evidenziato la presenza di porzioni di muri di contenimento, di reti paramassi addossate alle pareti) e delle caratteristiche morfologiche, con particolare riferimento alla presenza di elementi fisici di separazione tra le zone oggetto di crollo e le aree sottostanti o limitrofe. Nel presente lavoro non è stata verificata, bensì considerata come intrinseca, l'esecuzione a regola d'arte degli interventi di consolidamento (ùùùeseguiti da alcuni anni) da cui dipende l'efficacia degli stessi.

Abitato di Zogno - Via Cesare Battisti

A monte di via Cesare Battisti, all'altezza degli insediamenti industriali tessili esistenti, sono state condotti attenti rilievi geologici e geomeccanici finalizzati alla definizione del grado di pericolosità di aree caratterizzate dalla presenza di pareti rocciose affioranti. Le indagini hanno portato alla individuazione di un tratto di versante ove, la presenza di un ammasso roccioso a consistente sviluppo verticale, unitamente a blocchi disarticolati, ha portato alla perimetrazione di una zona classificata in frana attiva nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI.

Aree a pericolosità potenziale per crolli legata alla presenza di pareti di roccia fratturata

Crolli isolati di blocchi si possono verificare a ridosso della Corna Rossa e lungo la porzione di versante a monte del Boer. Potenziali fenomeni di instabilità dovuti alla presenza di blocchi instabili o sfavorevolmente orientati su porzioni di pareti di limitato sviluppo areale, sono stati segnalati in località San Bernardino e Foppa. Zone soggette a pericolosità potenziale per crolli sono localizzate a monte dell'abitato di Zogno, in destra idrografica, nella zona compresa tra il centro e la via Inzogno.

Aree caratterizzate da media suscettività al dissesto per potenziali rotolamento, ribaltamento e/o arresto di blocchi rocciosi disarticolati

Le aree site a valle di zone soggette a crollo sono potenzialmente sede di fenomeni gravitativi di piccola entità, connessi con la presenza di blocchi rocciosi disarticolati su aree a media acclività.

Area di frana attiva non fedelmente cartografabile

Sono movimenti di piccoli volumi di terra e/o roccia, principalmente scivolamenti, che coinvolgono, singolarmente, limitate porzioni areali. Sono stati individuati lungo il versante che digrada verso Prisa Alta, in corrispondenza dei versanti che delimitano verso nord-ovest il territorio comunale.

Area di frana inattiva non fedelmente cartografabile

Individuano limitate porzioni areali con evidenze di passati movimenti di piccoli volumi di terra e/o roccia, attualmente stabilizzate. Sono state riconosciute in località Stabello e Poscante.

Frana superficiale

Sono scivolamenti superficiali che coinvolgono principalmente la coltre superficiale. Tali fenomeni sono generalmente poco estesi arealmente e coinvolgono limitate volumetrie di materiale. I rilievi di dettaglio e la disponibilità di una cartografia di maggiore dettaglio, hanno portato ad alcune modifiche e ripерimetrazioni delle aree in dissesto.

Rientrano nelle aree soggette a frane superficiali diffuse alcune limitate porzioni di versanti in sponda sinistra del fiume Brembo, caratterizzate da media acclività e dalla presenza di depositi superficiali in spessori di alcuni metri. Trattasi di aree nelle quali si sviluppano movimenti franosi superficiali di estensione ridotta.

Per le perimetrazioni territorialmente riconosciute e confermate nella carta del dissesto come aree in frana, il grado di attività è stato valutato considerando la presenza e lo stadio evolutivo della vegetazione nonché le caratteristiche geomorfologiche, con particolare riferimento alla presenza ed alla struttura della rete di drenaggio.

Frazione di Endenna

Lungo i versanti sudvergenti a valle dell'abitato di Endenna, nell'inventario delle frane e dei dissesti della Regione Lombardia, recepiti nella carta geomorfologica, è stata perimetrata una ristretta area soggetta a possibili franamenti superficiali.

La zona interessa una porzione di versante a media acclività, boscata con presenza di alberi ad alto fusto che esercitano una importante azione di trattenuta nel materiale sciolto e non presentano rilevanti evidenze di movimenti (anche lenti) della coltre superficiale. Non sono state riconosciute evidenze di una dinamica geomorfologica attiva.

Frazione di Poscante - Località Castegnone

Nella frazione di Poscante l'inventario delle frane e dei dissesti regionale individua alcune frane superficiali di ridotte dimensioni areali: la presenza di frane quiescenti è stata confermata dai sopralluoghi effettuati in sito; la perimetrazione delle zone in dissesto è stata lievemente modificata ad est dell'abitato di Castegnone, in relazione alle evidenze morfologiche rilevate in sito, oltre che alla valutazione delle pendenze e degli spessori dei depositi sciolti.

Frana complessa relitta

Movimenti franosi originati da più fenomeni gravitativi, di scivolamento e di scorrimento traslazionale che possono coinvolgere masse consistenti, estese ad ampi tratti di versante. Sono stati rilevati lungo il versante settentrionale di Monte Castello, a valle dell'abitato di Endenna ed in località Castegnone, Altemarie e Braga di Poscante, per citare unicamente i fenomeni di maggiori dimensioni. Si tratta per lo più di paleofrane aventi diverse origini (origine tettonica, etc).

Lenti movimenti interessanti soprattutto la coltre eluviale si localizzano nei bacini dei torrenti di Spino, di Grumello e Poscante impostati prevalentemente in un substrato roccioso di tipo argillitico ad elevata predisposizione per movimenti lenti e continui, con brusche accelerazioni in periodi particolarmente piovosi.

Località Miragolo

In sede di redazione dell'indagine geologica a supporto del Piano Particolareggiato di Miragolo San Marco e Miragolo San Salvatore - redatto nel marzo 2003 dal dott. geol. Bertuletti per incarico dell'Amministrazione Comunale di Zogno, è stata

rilevata l'area di Monte Castello, versante settentrionale. I risultati dello studio, riportati in una carta di inquadramento di dettaglio, indicano la presenza di un complesso calcareo-calcareo marnoso, stratigraficamente giustapposto ad un complesso marnoso-argillitico, sul quale sono litologicamente riconoscibili depositi di versante costituiti da diamicton a blocchi spigolosi a supporto sia clastico che di matrice. Non sono stati osservati processi erosivi in atto o movimenti recenti legati alla gravità, ove anche l'estesa colonizzazione vegetale assicura un alto grado di impedenza.

Sono state cartografate le morfologie presenti nella zona ed individuati i processi che le hanno originate: il versante di interesse non è risultato essere soggetto a problematiche legate alla presenza di fenomeni attivi. Lungo il pendio è stata riconosciuta e segnalata cartograficamente un'area a pericolosità potenziale per frana, ove "non sono stati rilevati fenomeni di dissesto che possano far pensare ad una riattivazione dell'accumulo".

Località Solmarina (zona Pradelli-Somendenna)

Morfologicamente la zona si presenta come un versante sud-vergente e con sviluppo regolare, caratterizzato da una pendenza media nella porzione sommitale, medio/bassa in prossimità del corso della Valle Bruciata. La porzione di valle è solcata da tre piccoli impluvi sviluppati lungo la massima pendenza del versante, longitudinalmente ridotti e che sottendono, singolarmente, bacini idrografici poco estesi.

Le analisi effettuate sull'area hanno portato ad evidenziare quanto segue:

- i corsi d'acqua, a carattere torrentizio, hanno un'attività ed un potere erosivo ridotti;
- la diversa pendenza attribuita ai due tratti di versante è riconducibile all'affioramento di litotipi a diversa erodibilità (Calcare di Zu nella porzione di monte, Argilliti di Riva di Solto a valle);
- non sono presenti significativi spessori di copertura;
- non sono stati individuati segni di una dinamica geomorfologica attiva lungo il pendio, ad eccezione di una limitata lingua di pendio, a valle di Somendenna, ove le caratteristiche morfologiche dell'area consentono di intuire la presenza di una ristretta zona di nicchia e di un'area di accumulo, attualmente ben vegetate, che possono essere ricondotte a pregressi eventi franosi;

- la zona si presenta boscata con presenza di alberi ad alto fusto ed arbusti in continuità, ad eccezione di piccole radure prative in corrispondenza di singoli edifici rurali isolati.

Orlo di scarpata di degradazione attivo

Con questo simbolo si evidenziano i cigli delle scarpate che determinano un risalto morfologico elevato; essi si presentano in erosione a causa delle scadenti caratteristiche geomeccaniche del substrato roccioso (Argilliti di Riva di Solto) e della presenza di materiale sciolto su pendio; l'instabilità delle scarpate è determinata non tanto dall'erosione al piede operata dalle acque, quanto da processi di tipo gravitativo che determinano l'arretramento dei cigli.

Orlo di scarpata di degradazione attivo

Sono indicati i cigli delle scarpate che non presentano attività ma, in funzione delle caratteristiche morfometriche e del substrato roccioso, potrebbero essere passibili di riattivazione.

Orlo di scarpata di degradazione non attivo

Individua i cigli delle scarpate che non presentano indizi di attività e possono essere considerate stabilizzate. La loro morfologia "a gradini" potrebbe rappresentare il risultato della sovrapposizione di eventi di tipo deposizionale con altri di tipo erosivo.

Scivolamento rotazionale/traslativo quiescente

Movimenti gravitativi di scivolamento e di scorrimento traslazionale coinvolgenti principalmente la coltre eluviale sono stati rilevati nella zona di Poscante, lungo il versante settentrionale della valle Bruciata.

Trattasi di movimenti già verificatesi, potenzialmente riattivabili.

Scivolamento rotazionale/traslativo stabilizzato

Indizi di movimenti gravitativi di scivolamento e di scorrimento traslazionale coinvolgenti la coltre eluviale sono stati segnalati in località Spino al Brembo, nella zona a valle di Tessi (scarpata attuale verso il fiume Brembo), lungo i versanti tra

Altamarie e Castegnone, a est della località Solmarina e nella zona dei Foppi; trattasi di morfologie classificate come stabilizzate.

Falda di detrito

Sono rappresentati con tale simbolo gli accumuli di ciottoli e blocchi rocciosi presenti al piede delle pareti rocciose, lungo i versanti a ridosso delle creste rocciose presenti sul territorio comunale.

7.3.2 Forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali

Sono il prodotto di un'erosione diffusa ed incanalata di fenomeni deposizionali fluviali. L'attuale assetto del territorio si connota per l'erosione polifasica esercitata dal fiume Brembo in tempi geologicamente recenti ed attuali e dei suoi affluenti.

Conoide protetta, non recentemente attivatasi

Il conoide protetto individuato in località Stabello, legato all'azione dei corsi d'acqua delle Valli di Stabello e di Camanecchio, è il risultato dell'azione di erosione esercitata dai due corsi d'acqua e non di scarico e accumulo allo sbocco degli stessi nella valle principale. L'azione erosiva ha interessato sia i depositi alluvionali terrazzati attribuiti all'Unità di Stabello sia il substrato roccioso prevalentemente calcareo dagli stessi, in continuità, coperto.

Depositi che per struttura interna, posizione e paleoincisioni possono essere ricondotti ad un ambiente di conoide sono stati identificati nella parte sommitale in prossimità della attuale confluenza dei due corsi attivi: solo tale porzione areale costituisce il paleoconoide recepito dal PAI a seguito dello studio di dettaglio richiamato e riclassificato da "Area di conoide attivo non protetta" (Ca) in "Area di conoide protetta e non recentemente attivatasi" (Cn).

Si tratta di un paleoconoide che poggia direttamente sul substrato roccioso e non risulta interessato da processi attivi relazionabili alla attuale dinamica torrentizia.

Dissesto legato ad esondazione torrentizia

Possibili fenomeni di dissesto legati ad esondazione torrentizia sono stati individuati lungo la Valle del Monte in località Al Quadrel, dove il corso d'acqua risulta essere stato intubato e, successivamente, incanalato.

Colamenti rapidi (attivi e quiescenti)

Trattasi di elementi lineari, classificati come attivi e quiescenti, presenti lungo i corsi d'acqua tributari del fiume Brembo.

Gli alvei che caratterizzano il territorio comunale sono per lo più impostati in roccia: l'elemento lineare è stato segnalato in presenza di rocce deboli o consistenti coperture eluvio-colluviali, anche in assenza di conoidi a valle dove, generalmente, le morfologie originarie sono mascherate dalla presenza di una importante antropizzazione.

Solco di erosione concentrata

Si tratta di forme diffuse sotto forma di solcature del terreno causate dallo scorrimento disordinato delle acque superficiali. Sono forme che si accentuano dove la copertura vegetale è assente. Interessano in modo particolare i versanti settentrionali di Miragolo e Somendenna.

Ristagno

In alcune porzioni del territorio comunale sono stati evidenziati problemi di difficoltà di smaltimento delle acque meteoriche: si tratta di aree caratterizzate da terreni fini e poco permeabili, prive di pendenza e di punti di scarico, nelle quali si possono verificare temporanei fenomeni di accumulo d'acqua meteorica in superficie, soprattutto in occasione di eventi meteorici brevi ed intensi.

Tracce di ruscellamento diffuso

Si tratta di fenomeni che avvengono in corrispondenza di acque incanalate in alvei ad elevata pendenza; le acque agiscono aumentando la solcatura del thalweg con conseguente possibilità di instabilizzare le scarpate laterali; in taluni casi si verifica il trasporto di materiale solido verso gli sbocchi dei torrenti.

Marmitte di eversione

Sono state rilevate lungo il tracciato di un affluente del torrente Rio Grumello dé Zanchi, in località Poscante.

Orlo di scarpata fluviale attivo

Rappresentano i cigli delle scarpate fluviali dei torrenti impostati sia nel substrato roccioso sia nel deposito superficiale, talora con indizi di instabilità conseguenti all'erosione operata dalle acque al piede della scarpata.

Orlo di scarpata fluviale quiescente

Rappresentano i cigli delle scarpate fluviali dei torrenti impostati sia nel substrato roccioso sia nel deposito superficiale, in assenza di indizi evidenti di instabilità.

Orlo di scarpata fluviale non attivo

Rappresentano i cigli delle scarpate fluviali dei torrenti impostati sia nel substrato roccioso sia nel deposito superficiale, ove le caratteristiche morfologiche e strutturali non evidenziano alcun tipo di attività.

Erosione delle acque incanalate

Sono dissesti individuati lungo alcuni tratti di aste fluviali di corsi d'acqua a carattere torrentizio; il fenomeno è legato a processi di natura sia idraulica sia gravitativa.

I rilievi effettuati in sito, anche in fase di definizione del Reticolo Idrico Minore, non hanno evidenziato particolari criticità legate al fenomeno descritto.

7.3.3 Forme, processi e depositi legati al carsismo

Morfologie legate a fenomeni di dissoluzione carsica sono variamente presenti sul territorio comunale di Zogno e caratterizzano aree con substrato dolomitico ad elevata fratturazione e zone a prevalente substrato calcareo.

Significativo, anche arealmente, il fenomeno carsico sia superficiale che di profondità presente in località Miragolo: la testata di Valle di Buga e il versante settentrionale di Monte Castello, infatti, sono caratterizzati da morfologie ondulate e da depressioni riconducibili a paleocarsismo testimoniato anche da cavità sotterranee.

Grotta verticale, grotta orizzontale, grotta orizzontale con emergenza di acqua

Sono state cartografate con simboli grafici diversi le principali grotte esistenti sul territorio comunale, distinte in base alle diverse caratteristiche morfologiche

(andamento verticale, orizzontale). Come risulta dal Catasto Speleologico Lombardo Tu.Pa.Ca., le cavità censite in Comune di Zogno sono complessivamente 43, alcune delle quali di estremo interesse paleontologico, morfologico e sedimentologico.

N°	NOME	LOCALITÀ	INTERESSE	IDROGEOLOGIA
1050	Grotta delle Meraviglie - "Büs de la Marta"	Ravagni	Turismo	Acqua
1059	La Caèrna	Spino	Fauna - Sedi- mentologia	Acqua
1061	Bus de la Rana	Orrido	Preistoria	Acqua temporanea
1063	Büs de Vià	Bosco di Vià	Corrosione	-
1064	Büs del Vedrüs	Roccolo del Benèt	Uso per cantina	-
1066	Büs de la Vòlp	Grumello de' Zanchi	Preistoria-Pa- leontologia	-
1091	Fontana Drè	Grimoldo	Concrezioni	Acqua sorgiva
1098	Grotta del Corno Nero	Corno Nero	Fauna	-
1100	Lacca in Valle di Sta- bello	Stabello	-	-
1190	Lacca a nord del Canto Alto	Canto Alto	Geologia	-
1191	Lacca Doppia	Canto Alto	Flora-Corrosione	-
1268	Büs söl Brèmb	Sinistra idrografica	Corrosione	-
1381	Buco di Val Fosca	Poscante	-	-
1485	Sorgente del Lavatoio	Zogno	-	Acqua sorgiva
3518	Lacca presso Cà del Colle	Cà del Colle	Geologia	-
3530	Büs di Galine	Endenna	Fauna-Geologia	-
3531	Büs di Cagnù	Endenna	-	-
3584	Buco sotto la strada per Stabello	-	-	-
3586	Buchi sopra la strada per Somendenna	-	-	-
3602	Grotta Torre	Roccolo Torre	Fauna-Geologia	-
3603	Büs del Portèer	Val Rottami	Geologia	Acqua sorgiva
3604	Gana Carissoni	Miragolo	Geologia	Acqua temporanea
3611	Büs di Andrea	Zogno	Preistoria	-
3612	Büs del Tabak	Zogno	Preistoria	-
3617	Gana de la Mùlatèra	Somendenna	Geologia	Acqua temporanea
3618	Büs sota la Còrna	Somendenna	Geologia	Acqua
3619	Fessure nella valletta	Somendenna	Geologia	-
3640	Büs del Paièr	Casarielli	Preistoria-Pa- leontologia	-

3682	Büs del Posù	Corna Rossa	Preistoria - Paleontologia	-
3743	Laga presso la cresta	Pregaroldi		
3744	Buco di Pinè	Spino al Brembo		
3770	Buco del Pianto	Piazza Martina		
7113	Sorgente S. Antonio	Piazza Martina		
7853	Ventolone	Ambria		
7593	Buco del Ranocchio	La Vanga		
7643	La Goda	Miragolo San Marco		
7695	Grotta Camanecchio	Stabello		
7718	Bus Colt			
7721	Grotta Alta dell'Eremita			
7722	Grotta Bassa dell'Eremita			
7723	Pentagono			
7724	L'Urlo			
7726	Falso Vedrüs	Canto Basso		

Dolina

Sono depressioni a contorno subcircolare e sezione conica, poste in corrispondenza di inghiottitoi carsici; tali forme derivano dalla dissoluzione di rocce carbonatiche per azione delle acque circolanti nel sottosuolo.

Doline di piccole-medie dimensioni sono impostate sia in substrato dolomitico (zona dei Foppi - Cà del latte) ad elevata fratturazione sia in substrato calcareo, in modo particolare nel membro essenzialmente calcareo del Calcare di Zu, nell'area di Somendenna e Miragolo.

Piccole doline sono individuabili in località Endenna.

7.3.4 Forme, processi e depositi di origine poligenica

Sotto questa voce sono state raggruppate le forme che connotano i versanti la cui origine è riconducibile a più processi interagenti e per lo più attribuibili ad un conteso fisiografico molto antico.

E' stata attribuita un'origine poligenica anche agli avvallamenti verificatisi all'interno della scuola elementare, a ridosso della scala di collegamento tra la strada comunale di via Roma ed il cortile interno. Tali fenomeni, probabilmente riconducibili a vecchi riempimenti, sono cartograficamente indicati e necessitano di approfondimenti di carattere geotecnico.

Sommità e selle

Sono stati segnalati cartograficamente i picchi e le selle che in successione articolano i crinali e la cui origine è riconducibile sia a motivi strutturali, sia ad erosione differenziata.

Contropendenze

Comprendono tutti i cambi repentini di pendenza riconducibili a fenomeni di collasso gravitativo accentuate e rimodellate dall'attività erosiva.

Crinale

Sono indicate le principali linee di crinale, zone coincidenti con gli spartiacque superficiali.

Dosso

Sono cartograficamente individuati i principali dossi, caratterizzati da zone di alto, longitudinalmente sviluppate e con morfologie subarrotondate.

Orli di scarpata poligenica

Si tratta di cambi di pendenza formati a seguito del controllo strutturale accentuati da disomogeneità litologiche accoppiate a favorevoli condizioni giaciture e, talora, all'azione antropica, in parte obliterati dai processi di weathering.

7.3.5 Forme, processi e depositi di origine antropica

Sono state mappate sia i depositi sia i manufatti realizzati dall'uomo che interferiscono in maniera significativa con l'ambiente, modellandolo e condizionandolo.

Discarica di inerti

Trattasi di punti di scarico non fedelmente cartografabili, presenti principalmente lungo i tracciati vallivi. Comprendono scarichi abusivi ed aree soggette ad autorizzazione.

Discarica di rifiuti solidi urbani

Sono stati cartografati i punti di scarico abusivo ed incontrollato di rifiuti solidi urbani, visualizzati principalmente in corrispondenza delle aste fluviali, non arealmente delimitabili.

Piattaforma ecologica

È stata segnalata l'ubicazione della piattaforma ecologica realizzata e gestita dal Comune di Zogno, lungo la strada comunale per Poscante.

Miniera inattiva

Miniere per l'estrazione della fluorite erano presenti lungo i versanti sudvergenti presenti nella porzione nord-occidentale del territorio comunale, in località Camissinone. Tali aree, attualmente dismesse, sono state cartograficamente segnalate.

Orlo di scarpata

Sono stati cartografati gli orli delle scarpate antropiche più significativi presenti sul territorio comunale.

Opere di protezione

Sono state mappate, differenziandole per categoria, le opere di difesa (reti paramassi, muri) presenti lungo i versanti e di sistemazione idraulica realizzate lungo i corsi d'acqua (soglie, arginature, muri spondali).

Aree di riporto e/o rimodellamento

Si tratta di aree cartografabili ed arealmente perimetrabili, nelle quali sono stati individuati consistenti riporti di materiale e/o sono stati operati significativi rimodellamenti delle morfologie originarie. Comprendono anche interventi identificati come "discariche", caratterizzati da accumulo di materiali di varia natura abusivamente posizionati, talora interessati da successivi interventi di controllo e regolarizzazione.

7.3.6 Aree di particolare rilevanza naturalistica

Sito di interesse paleontologico

Sulla carta geomorfologica sono state individuate con un simbolo alcune aree che, per caratteristiche naturali e contenuto fossilifero, costituiscono zone di particolare rilevanza ambientale. Trattasi delle pieghe della località Corna Rossa e di due aree fossilifere individuate ed oggetto di campagne paleontologiche, site nelle località di Endenna e Poscante.

La carta geomorfologica individua tre zone di particolare rilevanza naturalistica legate alla presenza di siti di interesse paleontologico: tali ambiti sono individuati con un segno grafico puntuale, anche sulla base delle indicazioni fornite dalla soprintendenza per i beni archeologici della Regione Lombardia - beni paleontologici: tali zone, localizzati geograficamente, non sono definiti arealmente. In particolare, la zona di Endenna-Poscante è stata definita di "valore paesaggistico ed ambientale a spiccata connotazione geologica (geositi)" e rientra nel Piano Paesaggistico Regionale, approvato con D.G.R. n. 8/6447 del 16 gennaio 2008, come sito di interesse nazionale. L'assenza di una perimetrazione di detti siti comporta l'impossibilità avere una norma applicabile ad un'area definita.

7.3.7 Sistema informativo Regionale Valanghe

Sul territorio comunale di Zogno sono riconoscibili un canalone ed un'area pericolosa per possibili distacchi di masse nevose che costituiscono le potenziali zone di alimentazione e vie preferenziali di scorrimento di valanghe durante la stagione invernale.

Nella carta geomorfologica sono state riportate le aree interessate da fenomeni valanghivi, come individuate dal "Sistema Informativo Regionale Valanghe" (S.I.R.VAL.), realizzato dalla Regione Lombardia e cartograficamente restituito alla scala 1:25.000.

Il sistema informativo prodotto fornisce un quadro di massima sull'esposizione al pericolo delle valanghe del territorio montano del Comune di Zogno; la carta geomorfologica, perimetrando le valanghe individuate e potenzialmente presenti sul territorio comunale, descrive i fatti oggettivi noti ad un determinato istante (data di rilevamento e aggiornamento del SIRVAL), tratti da osservazioni dirette, dati storici

e testimonianze orali. I dati cartografici reperiti in sito sono stati integrati con le informazioni dedotte mediante fotointerpretazione.

Cartograficamente sono pertanto riportate e suddivise (con l'utilizzo di colori diversi), le valanghe individuate mediante fotointerpretazione da quelle effettivamente osservate sul territorio comunale.

Sulla base di quanto precedentemente espresso appare necessario sottolineare come la documentazione cartografica relativa agli eventi valanghivi allegata alla presente relazione, non fornisca alcuna indicazione previsionale circa il grado di rischio o la frequenza dei fenomeni di distacco, riportando semplicemente la localizzazione probabile dei siti valanghivi.

L'individuazione dei siti valanghivi ottenuta mediante l'utilizzo del Sistema Informativo regionale Valanghe é da ritenersi utile a livello indicativo nella pianificazione territoriale; le carte prodotte potranno servire quali basi per la realizzazione di studi di maggiore grado di dettaglio, detti Piani delle zone esposte al pericolo di valanghe (P.Z.E.V.), che riportino più precisamente i limiti delle aree potenzialmente interessate da distacco di masse nevose e, soprattutto, il grado di rischio e gli eventuali interventi migliorativi.

Percorso di valanga

Il percorso di valanga individuato mediante fotointerpretazione, si sviluppa a partire da quote superiori ai 1.000 m dalla zona del Monte Zucco, per seguire un avvallamento presente lungo la direzione di massima pendenza del versante. In particolare è possibile osservare come la zona di coronamento e la prima porzione della superficie di scorrimento sono caratterizzate da una elevata acclività, generalmente coincidenti con incisioni vallive, su tratti di versante privi di vegetazione sia arborea che arbustiva. Tale area valanghiva è posta in corrispondenza del confine comunale con San Pellegrino Terme.

Zone pericolose per valanghe

L'area caratterizzata da pericolosità per valanghe è presente lungo le incisioni vallive che si sviluppano a valle di Pizzo Colvera, nella parte settentrionale del territorio comunale. Distacchi di masse nevose possono verificarsi anche a valle del

Pizzo di Spino, ove sono state segnalate possibili tracce di scorrimento preferenziale di masse nevose.

7.4 Acclività dei versanti

Il modello digitale del terreno regionale (DTM) ha consentito di elaborare una dettagliata carta dell'acclività dei versanti. L'utilizzo in ambiente GIS di tale modello permette una ricostruzione piuttosto dettagliata dell'andamento della superficie topografica del territorio comunale, da cui è possibile derivare diverse informazioni morfometriche, tra cui per l'appunto le pendenze.

Sono state quindi mappate le aree caratterizzate da diversi valori di acclività (Tav. 3); gli ambiti così distinti sono stati raggruppati in 5 classi clivometriche:

classe 1	acclività < 10°;
classe 2	acclività compresa tra 10° e 20°;
classe 3	acclività compresa tra 20° e 30°;
classe 4	acclività compresa tra 30° e 40°;
classe 5	acclività > 40°.

Dall'osservazione della distribuzione delle diverse classi all'interno del territorio comunale, emerge che:

- l'abitato di Zogno ed i centri edificati minori, si collocano in ambiti a bassa acclività, generalmente inferiore a 10°, comunque compresa entro i 20° nelle zone a ridosso dei versanti; le zone del Monte e di Spino al Brembo sono caratterizzate da una acclività prevalente che si attesta intorno ai 20°;
- il settore collinare-montano, che caratterizza i versanti che circondano il territorio comunale, presenta acclività prevalentemente comprese tra 20° e 40°. Le aree a minore acclività caratterizzano per lo più le aree circostanti gli insediamenti urbani: trattasi di porzioni di versanti ove il substrato è generalmente suturato da una copertura superficiale da media. Le porzioni di pendio con acclività media di 30°-40° sono invece caratterizzate da un substrato roccioso affiorante o subaffiorante, con presenza di depositi di spessore limitato;
- le maggiori acclività sono state rilevate in corrispondenza delle quote topografiche più elevate, lungo le creste rocciose che costituiscono il confine del

territorio comunale. Pendenze comprese tra 40° e 60° sono individuabili lungo la cresta Corna dell'Uomo, Canto Alto, Monte di Nese, Filaressa, in corrispondenza del Pizzo di Spino, Pizzo Colvera e lungo i versanti rocciosi che digradano dal Monte Zucco. Elevate pendenze sono state rilevate anche a quote altimetriche inferiori, nella zona Corna Rossa. Nelle aree descritte sono stati localmente individuati tratti subverticali.

8 IDROGRAFIA

8.1 Criteri di indagine

Gli elementi idrografici del territorio comunale sono riportati sulle Tavv. 3a-d alla scala 1:5.000.

I caratteri idrologici del fiume Brembo sono stati dedotti dallo studio pubblicato a cura dell'Autorità di Bacino del Fiume Po "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica: del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po, del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda, del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda".

L'individuazione dei corsi d'acqua è stata ripresa dallo Studio di definizione del Reticolo Idrico Minore: la perimetrazione degli impluvi è stata effettuata su base CTR in scala 1:10.000 unitamente al catastale, con il supporto della base del rilievo aerofotogrammetrico comunale, alla scala 1:5.000, e delle osservazioni effettuate direttamente sul terreno.

8.2 Caratteri idrologici

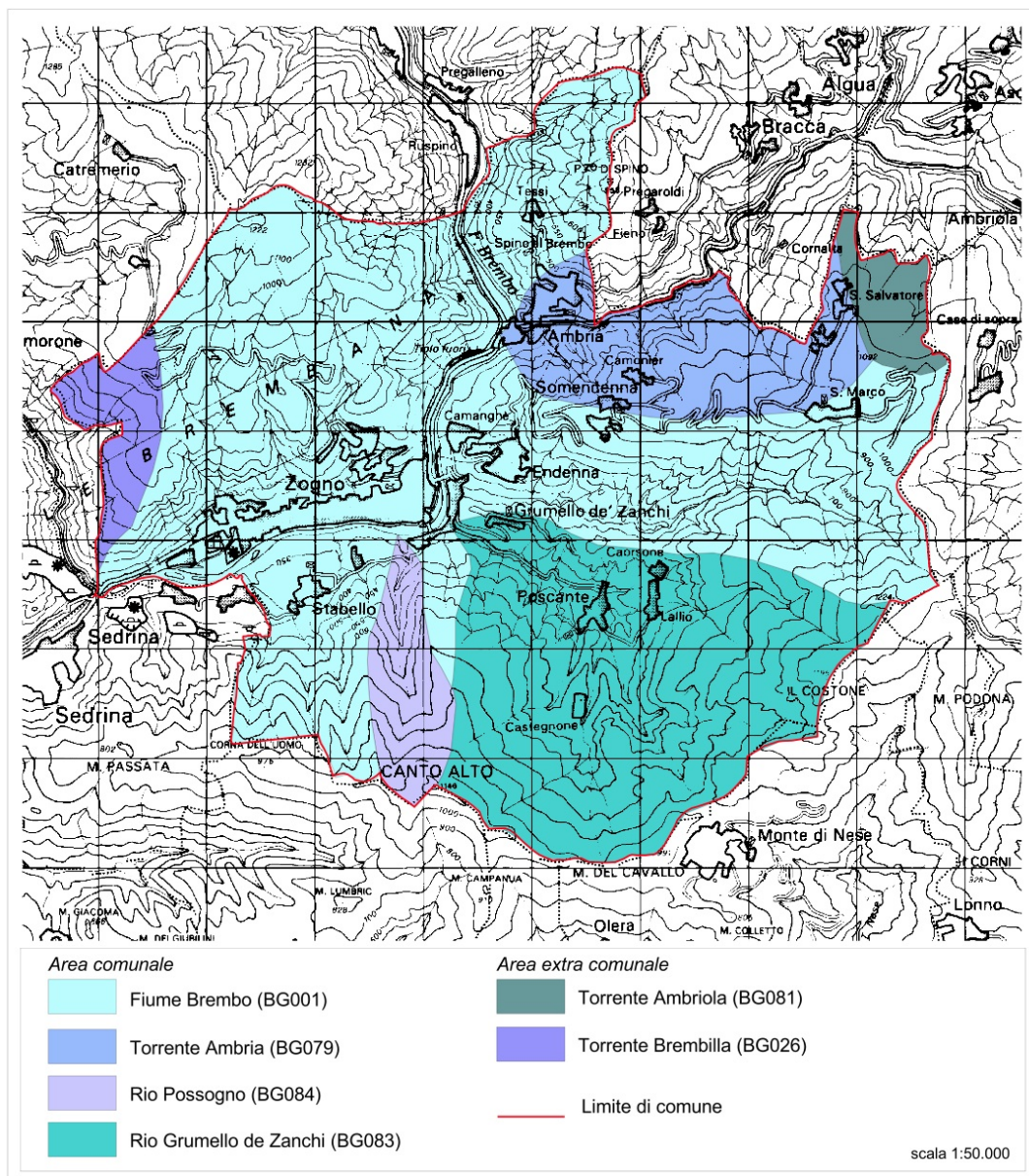
Il sistema della rete di deflusso delle acque superficiali del territorio di Zogno è costituito dal corso principale del fiume Brembo e da numerosi torrenti tributari che drenano le acque dei versanti circostanti.

Il fiume Brembo, nel tratto di territorio in esame, si caratterizza per un andamento che alterna tratti a prevalente decorso N-S, in sintonia con l'impostazione generale dei corsi d'acqua prealpini, ad altri disposti E-O che si raccordano ai primi attraverso improvvise variazioni di direzione quasi sempre prossime all'angolo retto,

accompagnate da brusche strozzature dell'alveo principale. Si è in presenza di un forte controllo strutturale e litologico.

I torrenti che affluiscono al Brembo e che esercitano un'azione drenante del territorio sono caratterizzati, in prevalenza, da aste principali rettilinee ben incise, con un reticolo più o meno organizzato relazionato alla natura litologica del substrato roccioso ed alla struttura dello stesso.

Tra gli affluenti del fiume Brembo vi sono alcuni corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale: sono stati individuati graficamente i bacini idrografici di tutti i torrenti afferenti al reticolo principale che ricadono, anche parzialmente, all'interno del territorio comunale di Zogno, ovvero esterni allo stesso, ma con rami tributari del reticolo minore di competenza zognese.



Principali bacini idrografici

I corsi d'acqua principali sono caratterizzati da bacini ben sviluppati con estensione areale variabile da modesta a significativa: si tratta di torrenti a carattere per lo più permanente, con alveo generalmente in roccia, il cui reticolato risulta più o meno sviluppato, in relazione alla litologia prevalente nell'ambito del bacino di competenza ed al controllo strutturale.

I numerosi corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore che solcano i versanti circostanti l'abitato, sono caratterizzati da aste generalmente ben incise, andamento rettilineo e sviluppo longitudinale ridotto; trattasi di torrenti di limitata portata ed a carattere per lo più torrentizio.

Il fondo delle incisioni di ordine inferiore risulta prevalentemente con sezione a V, denotando una attiva capacità erosiva lineare, mentre quello relativo a canali di ordine superiore presenta ampi tratti con sezione ad U e frequente attività deposizionale.

Il loro innesto nell'asta principale del fiume Brembo è diretto e non denota fasi di alluvionamento; un unico affluente del torrente Ambria si collega al corso principale attraverso un piccolo cono alluvionale in parte ancora attivo.

Il reticolo idrico di Zogno comprende anche due corsi d'acqua artificiali: un canale idroelettrico, che scorre in destra idrografica del fiume Brembo e con un percorso parzialmente in sotterraneo, attraversa il territorio comunale sino alla confluenza nel fiume Brembo all'altezza della Grotta delle Meraviglie, ed una derivazione dal fiume Brembo la roggia Traini, esistente dal XVII secolo, che si origina in località Barnebot e termina in località Ponte di Legno, ove avviene la immissione nella Val Grande e, a mezzo di questa, nel fiume Brembo.

8.2.1 Reticolo idrico principale: fiume Brembo

Il tracciato del fiume Brembo caratterizza la porzione occidentale della Provincia di Bergamo; il corso d'acqua si sviluppa dall'alta Valle Brembana fino alla confluenza nell'Adda, a monte di Vaprio d'Adda; il bacino di alimentazione del fiume ha una estensione di 945 km², pari a circa il 35% dell'estensione del territorio provinciale.

Il Brembo trae origine dalla catena occidentale delle Prealpi Orobie, all'incirca compresa fra il Pizzo dei Tre Signori (2554 m s.l.m.) ad ovest ed il Pizzo del Diavolo di Tenda (2914 m s.l.m.) ad est, più alta quota del bacino.

La parte alpina del Brembo è costituita da una rete di canali di drenaggio sviluppati lungo la massima pendenza dei versanti, organizzati in almeno 4 rami

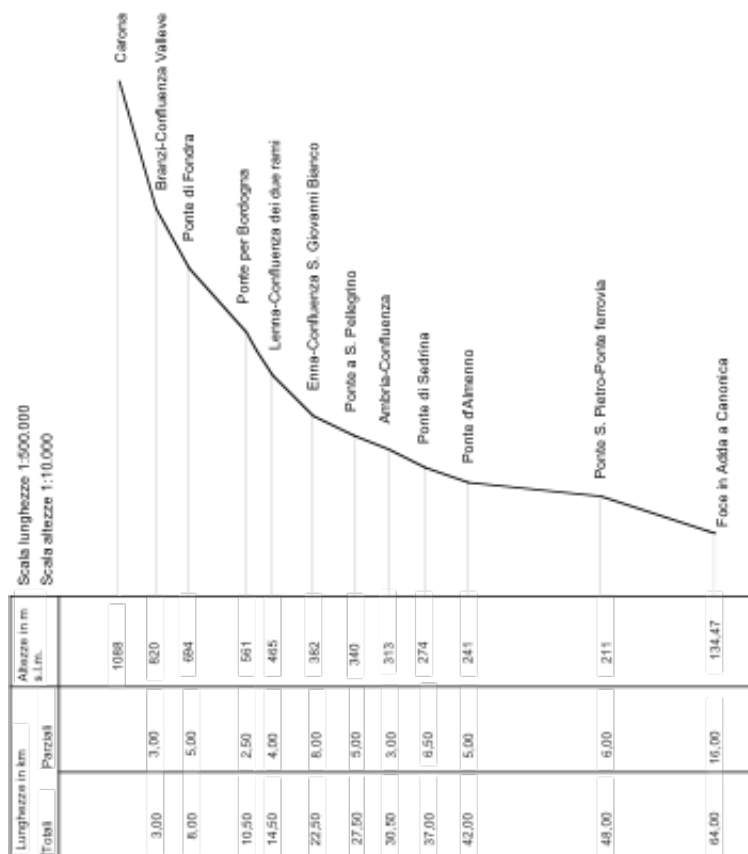
principali, denominati indistintamente “Brembo”, con l’aggiunta del toponimo relativo al paese di riferimento (Brembo di Mezzoldo, di Averara, di Valleve, di Carona).

Nei tratti della Media e Bassa Valle Brembana, il Brembo riceve le acque di alcuni importanti affluenti, tra cui il torrente Parina in Comune di Camerata Cornello, il torrente Enna, affluente di destra in Comune di San Giovanni Bianco, il torrente Ambria confluisce nel fiume Brembo a monte dell’abitato di Zogno, mentre nei Comuni di Brembilla e Villa d’Almé confluiscono nel Brembo le acque dei torrenti Brembilla ed Imagna.

A valle di Villa d’Almé, nel tratto fino all’Adda, i principali affluenti del Brembo sono i torrenti Lesina, Dordo e Quisa.

L’andamento del solco principale di fondovalle presenta un profilo altimetrico suddivisibile in diversi tratti. Come è possibile osservare dall’analisi del profilo successivamente riportato, la pendenza della porzione di pianura compresa tra la confluenza in Adda (km 68+700) ed il ponte di collegamento tra gli abitati di Villa d’Almé ed Almenno San Salvatore (km 48+000), è dello 0,54% mentre per il tratto successivo, montano, compreso tra il ponte di Villa d’Almé ed il Comune di San Giovanni Bianco (km 28+000), la pendenza media del fondo è dello 0,65%. Nella porzione compresa tra San Giovanni Bianco fino a Camerata Cornello (km 25+400), si osserva un aumento della pendenza del fondo che raggiunge il valore di 1,7%, nel tratto superiore, fino a Scavino, si osserva una diminuzione della pendenza allo 0,74% ed un progressivo aumento, mediamente corrispondente ad una pendenza dell’1,5%, nel tratto successivo. Le pendenze dell’alveo sono state desunte a partire dai dati del rilievo effettuato dal Magistrato per il Po nel corso dell’anno 1992, integrati con le successive misurazioni della campagna 2002/2003.

Lo schema del profilo longitudinale del Brembo tra Carona e Canonica d’Adda è successivamente riportato:



Profilo longitudinale del fiume Brembo – pelo dell'acqua

Il tracciato del fiume Brembo può essere diviso in due tratti omogenei principali, montano e di pianura, in relazione alle caratteristiche morfologiche del territorio in cui si inserisce. In particolare nella porzione di pianura possono essere individuati diversi ambiti, con caratteristiche morfometriche e profili dell'alveo simili. L'area di studio si inserisce nel tratto a monte di Villa d'Almé (km 47+460); la zona costituisce il tratto di passaggio alla zona di monte.

Il corso d'acqua nel tratto di interesse ha un andamento monocursale con assenza di aree di laminazione. Il talweg presenta una pendenza media, sono presenti lungo l'alveo sistemi di difesa spondale, in alcuni tratti con funzione di muro arginale, che si sviluppano su entrambe le sponde del fiume Brembo, in corrispondenza degli abitati. La larghezza del full bank risulta generalmente contenuta entro i 40÷70 m, ove sono limitati i fenomeni erosivi delle scarpate, in quanto spesso in

roccia ed i sedimenti che si depositano lungo l'alveo derivano principalmente dagli apporti dei principali affluenti.

Nel tratto di interesse, ovvero nell'ambito del territorio comunale di Zogno, la porzione di fondovalle solcata dal fiume Brembo si estende tra l'area occupata dallo stabilimento di imbottigliamento della Sanpellegrino S.p.A. (a monte) fino allo sbarramento idraulico presente in località Ponti, per uno sviluppo longitudinale pari a 6,8 km.

Lo sviluppo planimetrico del fiume è caratterizzato da due direttrici principali: il tratto di monte ha un andamento all'incirca N-S, mentre quello di valle si approssima alla direttrice E-O. I due tratti si raccordano attraverso un'ansa prossima a 90°, in corrispondenza dell'abitato di Zogno, ove il percorso fluviale assume una forma ad L rovescia. Il tratto a direzione N-S è concorde con l'impostazione dei corsi d'acqua alpini e prealpini, i tratti E-O, che si raccordano al primo anche mediante brusche strozzature dell'alveo principale, denotano un controllo di tipo strutturale e litologico.

L'alveo attivo è impostato su un materasso alluvionale il cui spessore varia in relazione all'andamento del substrato roccioso sepolto; l'evoluzione erosivo-deposizionale ha dato origine, in tale tratto di fondovalle, ad una serie di terrazzi inscatolati che si sviluppano parallelamente sia al corso d'acqua principale sia agli affluenti, caratterizzati da altezze che superano in alcuni tratti i 10 m fino a raggiungere, in sinistra idrografica, anche 50 m (terrazzo di Stabello).

Le acque del fiume Brembo, iscritte nell'elenco delle acque pubbliche della Provincia di Bergamo (BG001), sono largamente utilizzate, per tutto il corso d'acqua dalle origini alla foce in Adda, sia per produzione di forza motrice, sia a scopo irriguo.

Il tratto montano, dalle origini a Ponte S. Pietro, è caratterizzato esclusivamente da utilizzazioni per produzioni di energia elettrica, prodotta a mezzo di numerosi impianti idroelettrici, i più importanti dei quali sono di proprietà dell'E.N.E.L. e sono situati nella zona più alta del bacino (centrale di Carona e di Bordogna).

Nel tronco di pianura, da Ponte S. Pietro alla foce dell'Adda, si hanno contemporaneamente utilizzazioni per produzione di forza motrice e a scopo irriguo.

Determinazione delle caratteristiche granulometriche dell'alveo

Con il supporto dei dati forniti dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, riportati nello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda", viene successivamente fornita la descrizione quantitativa delle caratteristiche granulometriche dell'alveo del fiume Brembo nella porzione di interesse, differenziate tra sedimenti prelevati lungo le sponde incise e fondo alveo.

La caratterizzazione granulometrica dell'area consente di effettuare valutazioni sul trasporto solido e sul bilancio delle volumetrie di materiale movimentabile, nonché di individuare possibili fenomeni erosivi lungo le sponde.

Metodologia

I dati granulometrici disponibili per il tratto di interesse sono stati ricavati da un'indagine diretta effettuata nel corso dell'anno 2002 sull'alveo del fiume Brembo. Il materiale è stato prelevato dal fondo alveo e dalle sponde, in corrispondenza delle sezioni di rilievo topografico "MagisPo 1992" individuate con la sigla 061 e 067, ubicate rispettivamente in via XXIV Maggio ed a valle di località Camanghé del Comune di Zogno. Complessivamente, in corrispondenza di ciascuna sezione indicata, trasversalmente all'alveo, sono stati prelevati ed analizzati n. 6 campioni di terreno.

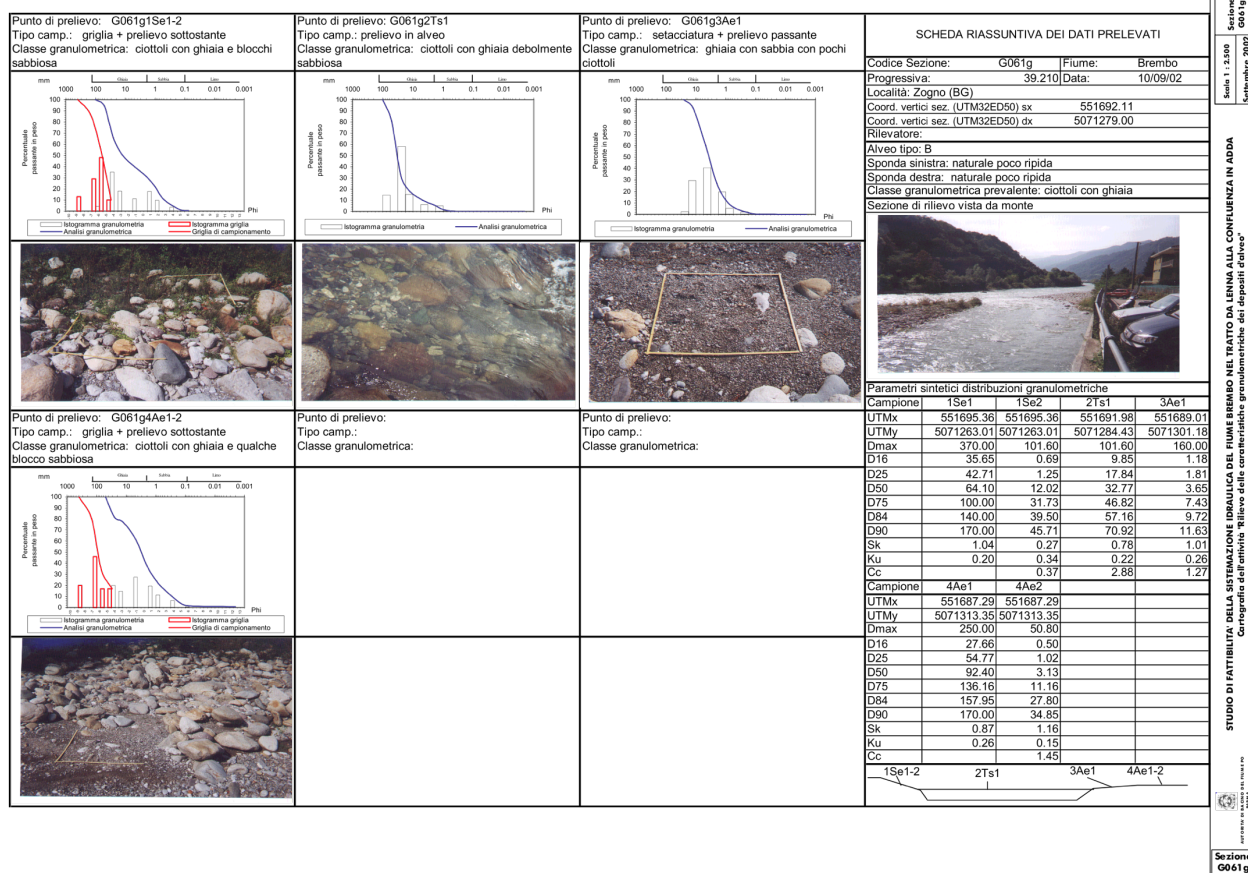
Il campionamento è stato effettuato con tecniche diverse, in relazione alle caratteristiche granulometriche dell'area di prelievo: è stato realizzato un campionamento semplice ove la granulometria dei ciottoli si presentava inferiore ai 10 cm, un campionamento con setacciatura preliminare in sito nel caso di sedimenti grossolani, con una percentuale considerevole di ciottoli aventi diametro maggiore di 10 cm. E' stata utilizzata una griglia di campionamento regolare, a maglie quadrate con lato pari al diametro massimo dei clasti individuati all'interno dell'area di prelievo, utilizzata per la misura diretta in sito delle dimensioni dei ciottoli. Quest'ultimo metodo si applica in presenza di pezzatura media del materiale dell'ordine dei 10 cm; ai fini della verifica del rapporto tra sedimento superficiale e materiale sottostante, la metodologia di campionamento prevede il prelievo dei sedimenti al di sotto dello strato superficiale.

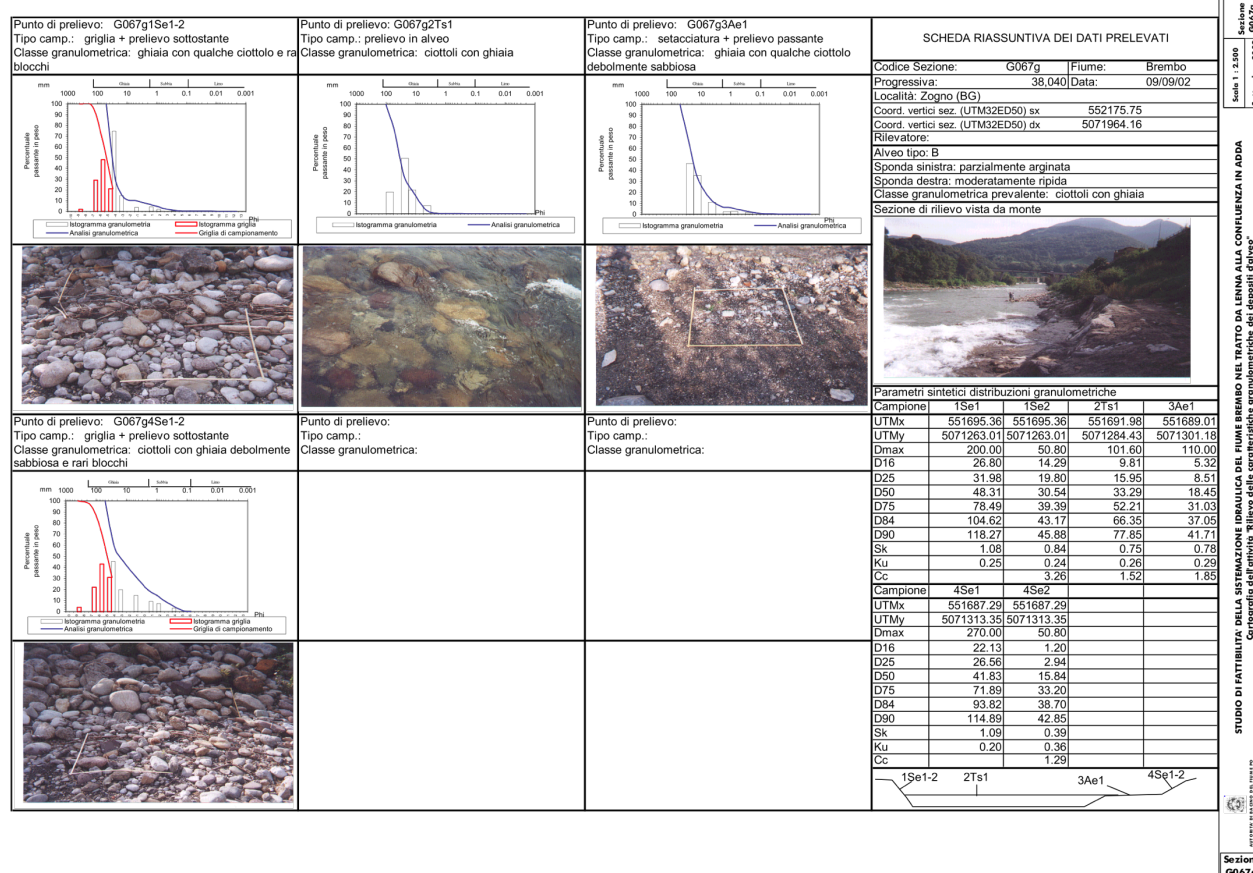
Caratteristiche granulometriche

Lungo il tratto di monte del fiume Brembo, fino all'area oggetto del presente studio, il trasporto solido e le caratteristiche granulometriche dei sedimenti rinvenibili lungo l'alveo sono fortemente dipendenti dalle pendenze del fondo e dalla portata liquida, con presenza di materiale più grossolano a monte. Alla naturale distribuzione dei sedimenti lungo l'asta fluviale, si sovrappongono alcuni importanti fattori sia naturali sia antropici che possono alterare o modificare la distribuzione granulometrica sopra schematizzata. Importanti variazioni della distribuzione dei depositi sciolti sono legate alla presenza di tributari del fiume.

Nel tratto di studio i dati disponibili evidenziano la presenza di sedimenti prevalenti ghiaiosi con presenza di ciottoli e rari blocchi nella sezione di monte, sia in sponda destra sia in alveo; in sponda sinistra è stata riscontrata la presenza di sabbia in tracce. Verso valle, alla sezione 061, i sedimenti campionati in alveo destro e nella porzione sommersa, hanno evidenziato una classe granulometrica comprensiva di ciottoli con ghiaia, tracce di sabbia e rari blocchi, la sponda sinistra è caratterizzata dalla presenza di ciottoli con ghiaia debolmente sabbiosa.

Si riportano successivamente le schede riassuntive dei dati rinvenuti in Comune di Zogno, alle stazioni di interesse.





Si evidenzia che i campioni prelevati sono stati univocamente individuati riportando:

- il numero della sezione topografica (061; 067);
- il numero progressivo del campione prelevato, dalla sinistra idrografica verso destra;
- il punto di prelievo e la tipologia di prelievo, ovvero sponda (S), alveo (A), barra (B), canale principale (I), emerso (e), sommerso (s);
- i campioni superficiali (1) e sottostanti il primo strato (2).

Tendenze evolutive dell'alveo e delle forme fluviali riattivabili

La tendenza evolutiva dell'alveo, nel tratto omogeneo di interesse, è stata valutata a partire dalle modificazioni geometriche e morfologiche subite dall'alveo, anche in relazione ad eventuali interventi antropici eseguiti. Tali valutazioni derivano

dall'analisi della documentazione cartografica esistente a partire dal 1881 (anno di pubblicazione delle prime tavolette IGM) e dalle foto aeree disponibili.

Evoluzione planimetrica

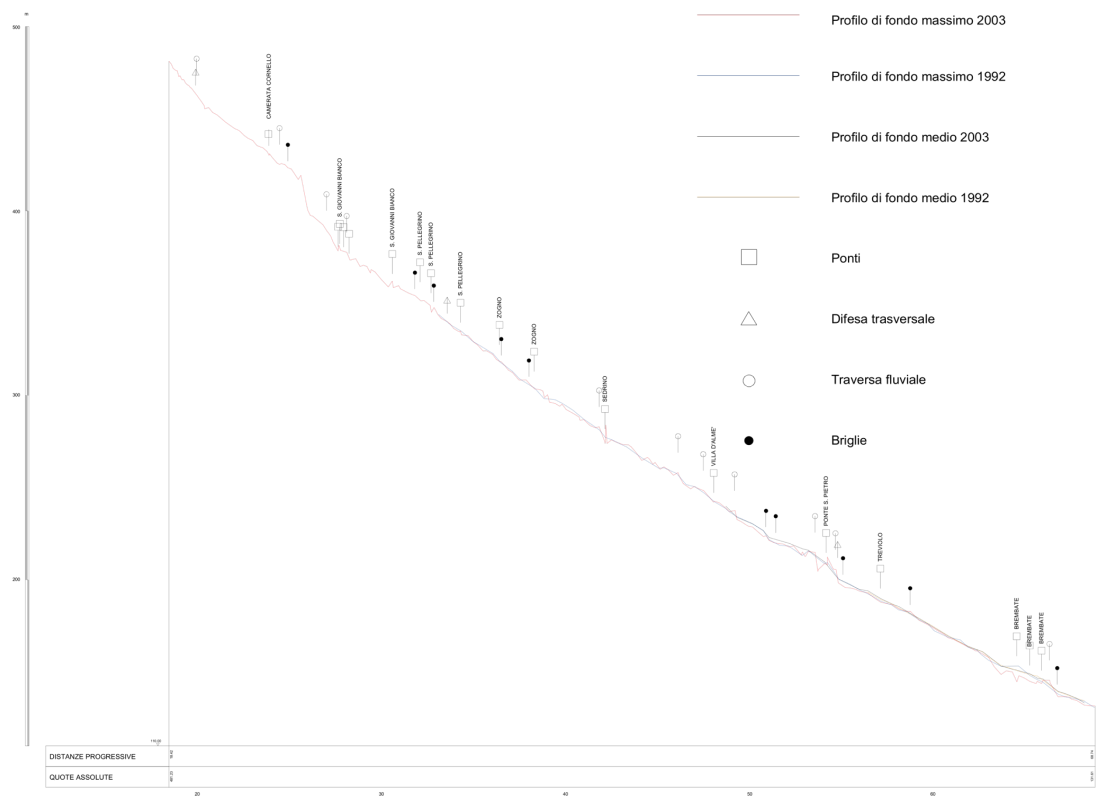
Il fiume Brembo, nel tratto che comprende il territorio comunale di Zogno, rientra nella porzione definita come “tratto omogeneo di monte” ove la valle Brembana assume la conformazione tipica degli ambiti fluviali montani con profilo a “V”. Il corso d'acqua si presenta piuttosto incassato; l'alveo, generalmente stretto, è stabile, non sono state evidenziate sostanziali variazioni dell'andamento del thalweg o della conformazione dell'alveo.

Nel tratto di interesse non si rilevano fenomeni erosivi significativi; si esclude la riattivazione di forme relitte ove lo spazio di mobilità funzionale coincide in gran parte con l'alveo di piena ordinaria attuale, ad eccezione di alcune limitate porzioni in corrispondenza di brevi tratti in destra o sinistra idrografica caratterizzati dalla presenza di piccole piane potenzialmente occupabili dal corso d'acqua.

Dal confronto tra i rilievi del 1889 e del 2002 non emergono sostanziali variazioni nell'andamento dell'alveo e del full bank ad eccezione del tratto di via Locatelli, dove la sezione dell'alveo ha subito una considerevole riduzione.

Modificazioni altimetriche

Il confronto tra le sezioni trasversali effettuate sul fiume Brembo, con particolare riferimento al tratto di interesse, evidenziano una sostanziale stabilità nel periodo 1992/2003, ove i profili di fondo massimi risultano confrontabili tra loro.



Uso del suolo ed analisi della componente naturale

L'analisi delle condizioni d'uso del suolo nei tratti di sponda fluviale insistenti sul territorio comunale di Zogno, ha evidenziato una destinazione mista residenziale, produttiva e naturale per la sponda sinistra, dove l'impatto antropico è risultato meno marcato rispetto alla sponda destra. Le formazioni naturali sono scarse, comunque presenti nel tratto compreso tra Piazza Monaci ed il confine comunale con Sedrina; l'area maggiormente compromessa si trova invece in località Bonoré. La sponda destra si presenta maggiormente antropizzata, particolarmente nel tratto compreso tra l'abitato di Zogno e le vie San Bernardino e Locatelli.

Lo sfruttamento antropico ha portato ad una frammentazione delle formazioni naturali, evidente soprattutto in destra idrografica.

Le formazioni naturali sono principalmente rappresentate da nuclei di saliceti arbustivi di greto, con associate formazioni a *salix alba* e *populus nigra* ed essenze alloctone. Lungo i versanti solivi della sponda sinistra, si individuano orno-ostrieti e formazioni a dominanza di *quercus pubescens*.

Tra gli elementi faunistici si segnalano specie tipiche degli ambienti basso-montani, in particolare la rondine montana e la ballerina gialla. E' stata segnalata la presenza del merlo acquaiolo, specie inserita come specie vulnerabile nella lista Rossa Nazionale degli uccelli nidificanti in Italia.

Caratteri idrologici del Brembo

Lo studio idraulico redatto a cura dell'Autorità di Bacino del fiume Po sull'asta del Brembo, nel tratto compreso tra Lenna e la confluenza in Adda, da cui sono stati dedotti i caratteri idrologici del Brembo, ha suddiviso il bacino del fiume in diversi sottobacini, con sezioni di chiusura identificate in varie località, per ciascuna delle quali sono stati forniti valori di portata media calcolati con assegnati tempi di ritorno: per il Comune di Zogno, si fa riferimento alla sezione di chiusura individuata sul territorio comunale stesso.

La procedura per la determinazione delle portate al colmo si basa sia sulle serie storiche disponibili, sia sull'impiego di uno specifico modello di trasformazione afflussi-deflussi, a partire dalle curve di possibilità pluviometrica ricavate dall'elaborazione dei dati di pioggia.

I risultati a cui è giunto lo studio dell'AdBPo per la sezione di Zogno sono successivamente riportati mediante individuazione delle portate medie (m^3/s) per assegnata durata della precipitazione (ore) e tempo di ritorno (anni):

Durata (h)	Tempo di ritorno (anni)							
	2	5	10	20	50	100	200	500
0	387	552	677	811	1006	1172	1355	1627
1	379	539	661	792	984	1145	1324	1590
2	361	514	630	755	937	1091	1262	1515
3	341	485	595	713	885	1031	1191	1431
6	287	409	502	601	746	869	1004	1206
9	249	355	435	521	647	753	871	1046
12	222	316	388	464	577	671	776	932
16	196	279	343	411	510	594	686	824
20	178	253	310	372	461	537	621	746
24	163	233	285	342	425	494	571	686
48	118	168	206	246	306	356	412	495
72	97	138	169	202	251	293	338	406
96	84	120	147	176	218	254	294	353

120	75	107	132	158	196	228	263	316
144	69	98	120	144	179	208	241	289
168	64	91	111	133	166	193	223	268

I dati di cui sopra, che individuano le portate medie attese in caso di precipitazioni con durate variabili, per assegnati tempi di ritorno, sono stati confrontati con le portate massime calcolate sul fiume Brembo, in corrispondenza della chiusura a San Pellegrino Terme (bacino sotteso 528 km²), in occasione dell'eventi alluvionali a carattere eccezionale verificatisi nell'anno 1987:

	Tempo di ritorno (anni)				
	5	10	20	50	100
Portata max (m ³ /s)	710	830	950	1110	1220

Dalle curve di durata delle portate costruite su una serie quarantennale (1940-1980), associando ad un determinato valore di portata il numero medio di giorni in un anno in cui questa portata è superata si ricava che la portata semipermanente (valore superato dalla metà dei termini della serie considerata) è di 20,7 m³/sec, a fronte di una portata media annua di 30,0 m³/sec.

Il regime delle portate medie mensili presenta un massimo primaverile nel mese di maggio, un massimo autunnale nel mese di novembre e due minimi, uno estivo ed uno invernale, di cui il secondo è il più accentuato; gli eventi di magra risultano più pronunciati nella stagione invernale.

8.2.2 Altri corsi d'acqua afferenti al reticolo idrico principale

Torrente Ambria

L'asta principale del torrente Ambria ha origine in corrispondenza del massiccio del Monte Alben (2010 m s.l.m.) e confluisce nel fiume Brembo all'altezza dei ponti di Ambria (325 m s.l.m.), in Comune di Zogno. Il decorso è prevalentemente lungo la direttrice N-S nella porzione di monte, fino alla confluenza nell'Ambria del torrente Ambriola (450 m s.l.m.), principale tributario di sinistra. A valle di tale confluenza, l'andamento del corso d'acqua si approssima alla direzione E-W. prima con

gradualità e poi repentinamente, risentendo di un controllo litologico e strutturale, come osservabile in corrispondenza dell'orrido di Bracca.

La parte del bacino idrografico di competenza zognese, si identifica con il versante in sinistra idrografica a valle delle località Miragolo San Salvatore e Camoner (Somendenna), al cui interno sono impostate vallecole secondarie a disposizione subparallela. Nella porzione terminale si individuano profondi solchi ed erosioni di fondo maggiormente sviluppate in corrispondenza dei termini litologici più facilmente erodibili (facies argillitiche). La valle Sculler risulta la meglio organizzata gerarchicamente: nella testata presenta più rami di ordine inferiore fra i quali, di notevole importanza, la valle Canale, caratterizzata da un deflusso permanente assicurato da venute d'acqua tra cui, la più significativa è la Scullaro.

Il tratto finale del solco vallivo del torrente Ambria è caratterizzato da una profonda forra impostata in termini dolomitici (Orrido di Bracca).

Rio Grumello dé Zanchi

Si tratta di un corso d'acqua il cui bacino si sviluppa interamente sul territorio comunale di Zogno ed il cui solco di fondo valle è stato classificato "principale" nel tratto compreso tra lo sbocco nel fiume Brembo, in sinistra idrografica e la confluenza nella valle Sottocanto. Il reticolo idrico minore, impostato nella porzione di monte che si sviluppa a sud ed a est dell'abitato di Poscante, è stato definito in 98 vallecole di vario ordine, che strutturano un reticolo ben organizzato, a tratti di tipo sub-dendritico. I versanti che costituiscono parte del bacino di alimentazione del rio Grumello dé Zanchi, raggiungono le maggiori quote altimetriche lungo l'allineamento monte Canto Alto (1146 m s.l.m.) - Corna Bianca (1228 m s.l.m.); il dislivello massimo nell'ambito del bacino è di 900 m, ad elevata energia di rilievo. L'evoluzione erosiva ha risentito inoltre delle marcate differenze litologiche del substrato roccioso: termini dolomitici connotano il versante orientale che culmina alla Corna Bianca, mentre quelli marnoso-argillitici prevalgono in quello occidentale e di fondovalle. Le curve di fondo alternano, pertanto, tratti ad elevata pendenza con salti in roccia ad altri a minore pendenza, ben incisi entro termini litologici maggiormente erodibili.

Il tratto classificato principale, a valle di Poscante sino alla confluenza nel fiume Brembo, presenta una netta rottura di pendenza rispetto alle aree di monte, con pendenze basse, che si attestano sul 3%.

Il corso d'acqua si caratterizza per l'andamento da rettilineo a meandriforme in alcuni tratti; alla confluenza nel fiume Brembo possono manifestarsi problemi di carattere idraulico in concomitanza di piene significative di quest'ultimo.

Rio Possogno

La valle di Possogno è inclusa nel reticolo idrico principale, ove è identificato con la sigla BG084. Il bacino idrografico sotteso dal corso d'acqua non presenta un'estensione particolarmente ampia, ove anche l'asta fluviale ha una lunghezza limitata: tale torrente rientra nel Reticolo Idrico Principale (RIP) secondo le indicazioni fornite dalla D.G.R. n. VI/47310 del 1999 - art. 1 comma b ovvero come "corso d'acqua non iscritto su cui sono state eseguite opere idrauliche da parte di Enti pubblici".

L'asta principale del torrente Possogno solca il versante settentrionale del monte Canto Alto con andamento rettilineo; il corso d'acqua è riconoscibile a partire dalla quota di 973 m s.l.m. e, con un percorso di 2 km, raggiunge il fondovalle ove confluisce nel fiume Brembo alla quota di 310 m s.l.m.

Il rio Possogno si caratterizza per la presenza di due tributari di 1° ordine che drenano il tratto di versante in destra idrografica del torrente stesso, nella porzione compresa tra le località Stalle Pradalino e i Roccoli. La curva di fondo si caratterizza per una pendenza abbastanza costante nel tratto di monte, conseguenza di un solco vallivo ben inciso entro rocce prevalentemente calcaree massicce, attorno ai 400 m s.l.m. presenta una rottura di pendenza in corrispondenza del terrazzo strutturale di Piazza Monaci.

L'andamento idrologico si caratterizza per una spiccata stagionalità: i deflussi idrici sono strettamente legati al regime delle precipitazioni; sono assenti significative venute d'acqua perenni.

8.2.3 Reticolo idrico minore

Il territorio comunale di Zogno è caratterizzato da un reticolo idrografico ben sviluppato, con la presenza di corsi d'acqua a carattere sia temporaneo sia permanente, ad andamento pressoché rettilineo, che hanno inciso valli con prevalente fondo a V nei litotipi che affiorano nella zona. I corsi d'acqua sottendono generalmente bacini di dimensioni ridotte e si sviluppano lungo la massima pendenza dei versanti che incidono, creando una discreta rete di drenaggio delle acque

superficiali. Sono ascrivibili al reticolo idrico minore circa 300 aste fluviali.

Criteri di individuazione

L'individuazione del reticolo idrico minore è stata condotta tenendo come riferimento le indicazioni riportate nella D.G.R. n. 7/7868 - allegato B e successive modifiche ed integrazioni, individuando tutti i "corsi idrici superficiali", ad esclusione di quelli già definiti come Reticolo Principale. Sono stati inseriti i corsi d'acqua che rispondono ad almeno uno dei seguenti criteri:

- sono indicati come demaniali nelle carte catastali o in base a normative vigenti;
- sono stati oggetto di interventi di sistemazione idraulica con finanziamenti pubblici;
- siano interessati da derivazioni d'acqua;
- sono rappresentati come corsi d'acqua dalle cartografie ufficiali (IGM, CTR).

Tali criteri sono stati applicati al contesto territoriale di Zogno e reconsiderati in funzione delle caratteristiche morfologiche del territorio, del contenuto ambientale ed urbanistico, considerando anche canali di deflusso che comportano interferenze con il tessuto urbanizzato e delle finalità di polizia idraulica prefissate dalla normativa vigente.

I corsi d'acqua individuati come appartenenti al reticolo idrico minore, sono stati univocamente identificati attribuendo agli stessi una numerazione progressiva assegnata a partire dal corso d'acqua ricettore, organizzata seguendo un criterio di gerarchizzazione che ha contemplato come canale di drenaggio più importante il più lungo (riportata sulle tavole grafiche parte integrante del documento recante "Individuazione del Reticolo Idrico Minore" - Comune di Zogno).

Sul reticolo idrico minore è stata effettuata la delimitazione delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua (fascia di rispetto non inferiore a 10 m; fascia di rispetto non inferiore a 10 m, riconducibile a 5 m solo a seguito di interventi manutentivi e strutturali; fascia di rispetto non inferiore a 5 m) all'interno delle quali sono regolate le attività soggette ad autorizzazione o vietate. Le fasce sono riportate nelle carte dei vincoli, di sintesi e di fattibilità geologica per le azioni di piano allegate al presente documento.

Caratteristiche dell'alveo

La carta idrografica individua l'individuazione del tracciato di tutti i corsi d'acqua, differenziando i tratti sulla base delle caratteristiche dell'alveo: a cielo aperto, coperti, intubati, canalizzati o da sdemanializzare, definizione quest'ultima attribuita ai tratti individuati solo catastalmente, ai quali non corrispondono incisioni vallive.

8.2.4 Elementi idrologici

Principali bacini idrografici

Per i principali corsi d'acqua insistenti sul territorio comunale, è stato perimetrato il limite del bacino idrografico che coincide spesso con le principali linee di crinale.

Paleoalveo

Sono stati individuati i tratti di alveo oggetto di pregresse condizioni di deflusso idrico, attualmente abbandonati.

Possibile ostruzione dell'alveo per inefficienza e/o inadeguatezza degli elementi strutturali presenti

Si tratta di punti in cui si verificano restringimenti della sezione di deflusso degli alvei per cause naturali o antropiche.

Punto di confluenza con possibilità di esondazione in occasione di fenomeni di piena

Sono cartograficamente segnalati i punti di confluenza tra corsi d'acqua, in corrispondenza dei quali, per le caratteristiche proprie dei torrenti e per la morfologia delle aree nel punto di confluenza, non possono escludersi possibili fenomeni di esondazione in caso di piena. Tali punti sono stati individuati unicamente alla confluenza nel fiume Brembo dei principali affluenti.

8.2.5 Elementi antropici

Derivazioni di acque superficiali

Sono individuate le derivazioni in essere sul territorio comunale.

Opere di difesa spondale

Sono state mappate le opere di difesa spondale e sistemazione idraulica presenti lungo i corsi d'acqua, differenziate per categoria (massicciata legata con cemento, massicciata non legata, muratura in cls, tratto non protetto).

Attraversamenti

Cartograficamente sono stati riportati i principali attraversamenti dei corsi d'acqua superficiali, suddivisi in relazione alla tipologia: passerella pedonale, ponte, soglia.

Rete acquedottistica

E' indicata la rete di distribuzione acquedottistica (linee principali), sono riportati i tracciati dei canali a cielo aperto ed intubati ed i bacini di accumulo.

Rete fognaria

È stata riportata la rete fognaria comunale così come mappata dall'ente gestore (Uniacque Spa).

Scarico autorizzato

Si tratta di scarichi autorizzati, industriali, in corso d'acqua superficiale (fonte Siter Provincia Bergamo).

9 IDROGEOLOGIA

9.1 Criteri di indagine

L'analisi idrogeologica del sottosuolo è stata condotta utilizzando i dati storici disponibili ed analizzando i depositi superficiali ed il substrato affioranti sul territorio comunale, anche in relazione alle caratteristiche strutturali ed ai sistemi di fratturazione che interessano alcune aree del territorio. La struttura stratigrafica, tettonica ed idrogeologica del territorio comunale è stata ricostruita attraverso tre sezioni geologiche che ben rappresentano la situazione comunale (allegato 1).

Le valutazioni effettuate hanno tenuto conto anche della presenza di ambiti caratterizzati da morfologie carsiche variamente sviluppate.

9.2 Struttura idrogeologica

I versanti montuosi sud-vergenti che delimitano in direzione nord il territorio comunale, sono costituiti da roccia per lo più affiorante, di tipo dolomitica e calcareo dolomitica caratterizzati da una permeabilità primaria media, ma con una buona, talora elevata permeabilità secondaria, dovuta alla presenza di discontinuità nella roccia stessa e di alcuni sistemi di fratturazione. La presenza di una fratturazione più o meno pervasiva all'interno di un ammasso roccioso carbonatico può favorire l'instaurarsi di una significativa circolazione d'acqua anche per il possibile sviluppo di fenomeni di tipo carsico.

I pendii in sinistra idrografica sono per lo più contraddistinti dall'affioramento di un rocce calcareo-marnose e calcareo-marnose argillose, presenti lungo i versanti che si sviluppano a partire dalla Corna dell'Uomo, Canto Alto, Canto Basso, fino ad interessare la località di Poscante. I calcari marnosi si alternano ai calcari dolomitici lungo i pendii di Miragolo-Somendenna e Spino al Brembo.

La porzione di territorio di fondovalle e le aree di raccordo con le zone montane, sono caratterizzate da depositi, talora sovrapposti, che formano complessi edifici costituiti dalla sovrapposizione di orizzonti aventi rapporti geometrici variabili, sia verticalmente che lateralmente.

Da un punto di vista granulometrico, questi sedimenti sono principalmente costituiti da ghiaie e sabbie a supporto granulare ovvero con matrice fine più o meno abbondante. Sono stati rilevati depositi cementati.

Le emergenze sorgentizie presenti sul territorio comunale sono il risultato della circolazione idrica in rocce carbonatiche interessate da sistemi di faglie e fratturazioni che favoriscono lo svilupparsi di percorsi idrici sotterranei; talora importanti raccolte d'acqua si hanno in corrispondenza di contatti stratigrafici o tettonici con formazioni meno permeabili.

9.3 Permeabilità

La permeabilità dei depositi costituenti l'acquifero freatico è stata valutata sulla base delle caratteristiche litologiche e strutturali del substrato e granulometriche dei depositi sciolti, anche sulla base di dati disponibili da indagini in sito

realizzate sul territorio comunale (e fornite dall'Amministrazione). Nella Tav. n. 4a-d sono state distinte le aree sulla base delle caratteristiche di permeabilità dei depositi sciolti e del substrato.

Le classi di permeabilità attribuite, sono:

- Classe 1: rocce e terreni con permeabilità da elevata a buona ($k > 0,1$ cm/sec): rocce calcareo-dolomitiche con fratturazione pervasiva, talora carsificate e depositi alluvionali grossolani;
- Classe 2: rocce e terreni con permeabilità da buona a media ($0,001 < k \leq 0,1$ cm/sec): rocce calcareo-marnose e dolomitiche con fratturazione poco pervasiva; conglomerati, depositi di versante e falde di detrito;
- Classe 3: rocce e terreni con permeabilità da media a scarsa ($0,00001 < k \leq 0,001$ cm/sec): calcari e calcari dolomitici con fratturazione poco pervasiva; riporti, depositi eluvio-colluviali e fluvioglaciali con suoli limoso-argillosi;
- Classe 4: rocce e terreni a bassa permeabilità ($k \leq 0,00001$ cm/sec): argilliti, depositi fini;
- Classe 5: aree impermeabilizzate (urbanizzato).

9.4 Vulnerabilità

La vulnerabilità intrinseca dell'acquifero esprime la caratteristica con cui un inquinante generico riesce a raggiungere un acquifero.

I versanti caratterizzati da sorgenti captate (individuate cartograficamente), hanno una struttura idrogeologica come successivamente schematizzato:

- l'acquifero è sviluppato nel substrato roccioso carbonatico;
- la circolazione è possibile per una significativa fessurazione del substrato roccioso, determinata dalla stratificazione stessa dei litotipi costituenti il versante e dalla presenza di contatti tettonici (faglie, sovrascorrimenti, etc.) che rappresentano spesso delle linee di drenaggio preferenziale;
- la circolazione è ulteriormente favorita dall'evoluzione di processi carsici, che agendo lungo le fessure esistenti ne causano un allargamento fino ad originare un vero e proprio sistema carsico ipogeo.

Il grado di vulnerabilità dipende essenzialmente da vari fattori:

Permeabilità della zona non satura: la protezione della falda è condizionata dalla permeabilità, primaria e secondaria, dell'ammasso roccioso, dallo spessore e dalla permeabilità di eventuali depositi superficiali e dalla presenza di suoli argillosi. I versanti che caratterizzano l'abitato di Zogno sono principalmente costituiti da un substrato roccioso calcareo-marnoso e calcareo-dolomitico, con permeabilità intrinseca del materiale media, ricoperto da depositi eluvio-colluviali o di versante generalmente con spessori variabili. La permeabilità in tal caso è condizionata dal grado di fratturazione e dalla struttura tettonica del substrato roccioso. Tale situazione garantisce comunque una discreta protezione della falda (vulnerabilità medio-bassa). La porzione di territorio di fondovalle è costituita da depositi prevalenti di versante, ricoperti da uno spessore discontinuo di terreno limoso-argilloso, che offre, dove presente in spessori metrici, discrete garanzie di protezione (vulnerabilità medio-bassa). L'area di pertinenza fluviale, costituita da depositi ghiaiosi senza terreni di copertura, risulta quella maggiormente vulnerabile (vulnerabilità medio-alta).

Soggiacenza della falda: la circolazione idrica sotterranea è legata alla presenza di circuiti sotterranei sviluppati lungo linee di frattura e percorsi carsici, proprio per le caratteristiche dell'acquifero fessurato non è possibile definire un livello della falda, essendo legata alla distribuzione delle fratture e dei condotti carsici a sviluppo disomogeneo. Un'indicazione può essere fornita analizzando i valori delle portate misurate alle sorgenti captate per uso potabile ed idrominereale: essi sono sempre costanti, sia durante l'anno solare che nei vari anni analizzati. Ciò presuppone una provenienza della falda da circuiti abbastanza profondi, tali per cui la portata alla sorgente è continua, senza significative variazioni. Il corso del fiume Brembo ha un'azione drenante delle acque superficiali e sotterranee circolanti sul territorio.

Caratteristiche idrogeologiche dell'acquicludo: l'acquifero è principalmente sviluppato nei calcari e calcari dolomitici soprattutto per una più intensa evoluzione del carsismo in tale litotipo.

Presenza di corpi idrici superficiali: si ritiene poco significativo questo parametro in quanto la falda è legata a circuiti profondi e non direttamente alimentata da corsi d'acqua superficiali; sul territorio comunale non sono state rinvenute significative

falde superficiali sviluppatesi all'interno dei depositi sciolti e, ove presenti, si tratta di piccole falde sospese, poco produttive, aventi limitato spessore e sviluppo.

9.5 Forme, processi ed elementi legati alla presenza delle acque profonde

Sorgente non captata

Sono segnalate con apposita simbologia, le emergenze idriche naturali, non captate.

Sorgenti ad uso potabile - fonti di approvvigionamento idrico pubbliche

I fabbisogni idrici del Comune sono soddisfatti dall'utilizzo delle risorse locali (sorgenti).

Le sorgenti captate, gestite da Uniacque S.p.A., sono 26 secondo la mappatura fornita dal gestore. Le reti di adduzione molto articolate e talora interconnesse, gli impianti di sollevamento e la rete di distribuzione hanno uno sviluppo lineare sul territorio di circa 60 Km.

In comune di Zogno, lungo il versante che digrada verso nord dalla cresta del Monte Canto Alto, Monte Cavallo, Costone, vi sono alcune emergenze sorgenti captate ed utilizzate come fonte di approvvigionamento idrico nel limitrofo Comune di Alzano Lombardo.

Le sorgenti captate sono successivamente elencate.

Sorgente	quota (m s.l.m.)	Comune
Camissinone	825	Zogno
Miniera	690	Zogno
Pamparato	750	Zogno
Tiglio1	735	Zogno
Tiglio2	680	Zogno
Maroncella	620	Zogno
Boer	385	Zogno
Albe1	990	Val Brembilla
Albe2	990	Val Brembilla
Valmorasca 1	465	San Pellegrino Terme
Valmorasca 2	465	San Pellegrino Terme
Valmorasca 3	465	San Pellegrino Terme
Valmorasca 4	465	San Pellegrino Terme
Orrido	360	Zogno
Scullaro	875	Zogno
Pozzo Castello	860	Zogno
Bosco vecchio	625	Zogno
Bosco nuovo	595	Zogno
Pratogrande	445	Zogno
Fondrea	625	Zogno
Ruca Alta	825	Zogno
Ruca Bassa	825	Zogno
Ruca Bassa 1	700	Zogno
Ruca Bassa 2	690	Zogno
Ruca Bassa 6	780	Zogno
Ruca Bassa 7	750	Zogno

Dal punto di vista fisico-chimico, le acque potabili utilizzate sul territorio comunale hanno carattere bicarbonatico-alcalino-terroso.

Derivazioni di acque sotterranee per altri usi

Si tratta di emergenze delle acque sotterranee autorizzate dall'ex Genio Civile o dalla Provincia di Bergamo; sono state distinte sorgenti e pozzi in relazione ai diversi usi.

Captazioni idrominerali

Sul territorio comunale sono attualmente presenti quattro captazioni idriche autorizzate per l'imbottigliamento e la vendita di acque minerali naturali, commercializzate dalla Bracca Acque Minerali S.p.A. con le denominazioni di acqua minerale naturale Flavia e acqua minerale naturale Nuova Fonte.

Area in concessione mineraria

Sono state cartografate per opportuna conoscenza le perimetrazioni delle aree in concessione mineraria “Sorgente Flavia” e “Nuova Fonte”, entro le quali ricadono le emergenze idriche riconosciute ed autorizzate come acque minerali naturali.

10 ANALISI DEL VIGENTE QUADRO DEL DISSESTO, FASCE FLUVIALI CARTA PAI-PGRA E PROPOSTA DI AGGIORNAMENTO

La D.G.R. n. X/6738 del 19.06.2017 – Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico, prevede il recepimento delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni di cui al PGRA e il quadro conoscitivo vigente del PAI, in sede di attuazione degli strumenti pianificatori comunali.

10.1 Dissesti – Elaborato 2 del PAI

Nel corso delle indagini condotte per la definizione delle caratteristiche geologico – geomorfologiche del territorio comunale sono emerse alcune lievi discrepanze tra il quadro del dissesto esistente rispetto a quanto riportato nella vigente “Carta dei dissesti con legenda PAI”.

Localmente sono state riviste le perimetrazioni dei dissesti cartografati sia in seguito all’attivazione di nuovi dissesti, sia a valle di valutazioni di dettaglio effettuate in sito e riportate su una base cartografica di maggiore dettaglio.

10.1.1 Aree oggetto di precedenti studi di dettaglio

Conoide protetta, non recentemente attivatasi (Cn)

Dall’elaborato 2 del PAI “Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – Delimitazione delle aree in dissesto”, Foglio 097 sez. I – Villa d’Almè in scala 1:25.000, risulta che la parte terminale dei bacini di Valle Stabello e Valle Camanecchio è stata classificata “Area di conoide protetta e non recentemente attivatasi (Cn)”.

La perimetrazione individuata dal PAI ed il grado di attività del paleoconoide, sono stati attribuiti in seguito a recepimento di uno studio di dettaglio presentato dal Comune di Zogno nel corso dell’anno 2002, come “Proposta di aggiornamento area in dissesto come da Atlante dei rischi idraulici ed idrologici - all. 4”, volto stabilire la natura e la struttura del substrato roccioso nell’ambito dell’area di interesse, le caratteristiche litologiche e morfologiche dei depositi alluvionali differenziabili in zona ed i caratteri idrogeologici della stessa.

L'indagine condotta sullo stato di fatto dei bacini di Valle Stabello e Valle Camanecchio estesi a monte dell'area indicata dal PAI a rischio, ha evidenziato che l'aspetto morfologico dei dintorni di Stabello è il risultato dell'azione di erosione esercitata dai due corsi d'acqua e non di scarico e accumulo allo sbocco degli stessi nella valle principale. L'azione erosiva ha interessato sia i depositi alluvionali terrazzati attribuiti all'Unità di Stabello sia il sottostante substrato roccioso, prevalentemente calcareo.

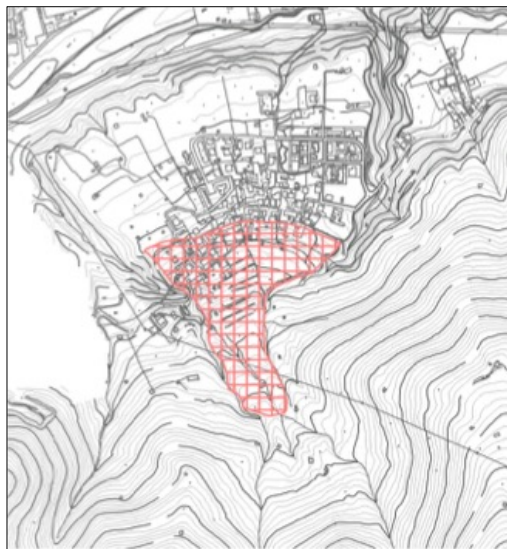
Depositi che per struttura interna, posizione e paleoincisioni possono essere ricondotti ad un ambiente di conoide sono stati identificati nella parte sommitale in prossimità della attuale confluenza dei due corsi attivi: solo tale porzione areale costituisce il paleoconoide recepito dal PAI come "Area di conoide protetta e non recentemente attivatasi (Cn)".

Recenti indagini ed analisi morfologiche di maggiore dettaglio hanno consentito di ridefinire l'estensione del paleoconoide a monte di Stabello, testimonianza dell'attività erosiva e di alluvionamento esplicita dai due torrenti prima che gli stessi approfondissero il loro canale principale nei dossi impostati in litotipi calcareo-marnoso-argillitici e nei depositi alluvionali che suturano gli stessi.

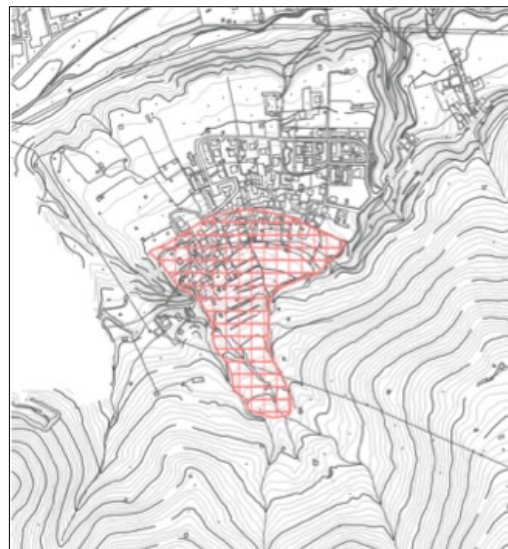
Il paleoconoide si identifica in un deposito costituito da detriti carbonatici profondamente alterati ed intercalati a depositi alluvionali di provenienza brembana, terrazzato. Risulta sopraelevato rispetto al livello di base attuale dei torrenti di valle Stabello e val Camanecchio anche di 10 metri. Non presenta segni di processi attivi relazionabili alla attuale dinamica torrentizia.

Rispetto alla cartografia PAI vigente è stata apportata la seguente modifica:

ampliamento verso valle dell'area di conoide protetta e non recentemente attivatasi (Cn) a comprendere la porzione distale del paleoconoide, come morfologicamente e litologicamente individuato.



Perimetrazione Cn carta PAI vigente



Modifica perimetrazione Cn inserita nella carta PAI-PGRA

10.1.2 Aree in dissesto di nuova perimetrazione

Tra gli elementi di dissesto dell'Elaborato 2 del PAI, sono stati inseriti ex-novo i seguenti dissesti:

- frana attiva (Fa) individuata lungo le pareti rocciose affioranti in località Camanghè, costituenti la scarpata di raccordo tra l'area del campo sportivo e l'alveo del fiume Brembo; l'area è interessata da isolati fenomeni di distacco di blocchi isolati dalla parete rocciosa;
- frana attiva (Fa) individuata lungo la scarpata a valle di via Spino al Brembo, all'altezza del civico 3, interessata da distacco di blocchi rocciosi che hanno raggiunto la pista ciclabile intercomunale; in prossimità del ciglio della scarpata, il terreno risulta interessato da estese crepe longitudinali;
- frana quiescente (Fq) in località Pamparato, avvenuta nell'ottobre 2024; trattasi di uno scivolamento sviluppatosi entro la copertura limoso-argillosa molto soffice, su un pendio, adibito a prato stabile, avente una pendenza media di circa il 30%.

Sono stati inoltre inseriti alcuni elementi di dissesto gravitativo minori, non fedelmente cartografabili.



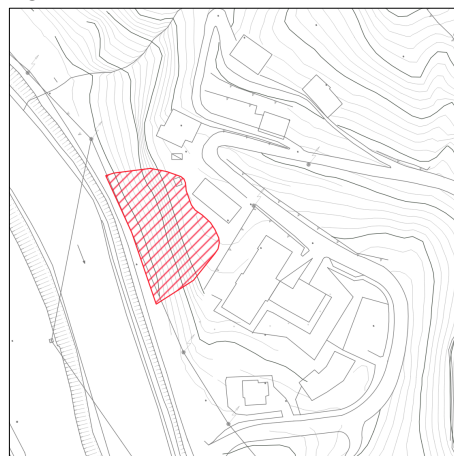
Loc. Camanghè – Carta PAI vigente



Inserimento frana attiva (Fa) nella carta PAI-PGRA



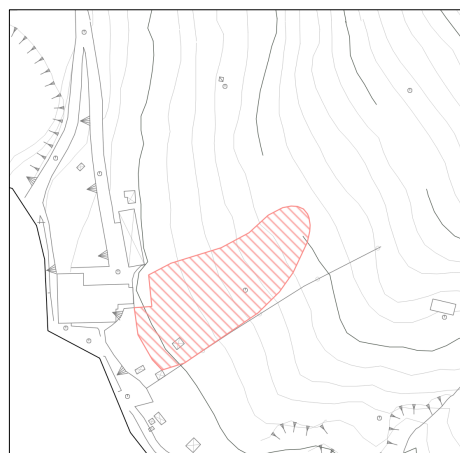
Loc. Spino al Brembo – Carta PAI vigente



Inserimento frana attiva (Fa) nella carta PAI-PGRA



Loc. Pamparato – Carta PAI vigente



Inserimento frana quiescente (Fq) nella carta PAI-PGRA

10.1.3 Sintesi elementi di dissesto Elaborato 2 del PAI

I dissesti attivi, quiescenti o stabilizzati, morfologicamente significativi e fedelmente cartografabili alla scala di lavoro, sono stati inseriti nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI, secondo lo schema riportato nella tabella seguente:

Tipologia di dissesto	Pericolosità	Dissesto (legenda uniformata PAI)
Aree soggette a crollo di massi	H3-H5	Fa – frana attiva
	H2	Fq – frana quiescente
Scivolamento rotazionale/traslativo quiescente	H3-H5	Fa – frana attiva
Scivolamento rotazionale/traslativo stabilizzato	H2	Fq – frana quiescente
Frana superficiale, scivolamento rotazionale/traslativo stabilizzato	H2	Fs – frana stabilizzata
Conoide attiva, non protetta	H4-H5	Ca - conoide attiva non protetta
Conoide protetta, non recentemente attivatasi	H2	Cn - conoide protetta
Dissesto legato ad esondazione torrentizia	H4	Ee - pericolosità molto elevata
Dissesto legato ad esondazione torrentizia	H3	Eb - pericolosità elevata
Zone pericolose per valanghe	Zona rossa	Vm – pericolosità media

Gli elementi rappresentati sono stati adeguati al nuovo confine comunale utilizzato per la stesura del PGT comunale, inserendo i dissesti proposti dai Comuni limitrofi, riportati nel Geoportale Lombardia.

10.2 Fasce fluviali – Elaborato 8 del PAI

Il fiume Brembo è sottoposto ai vincoli introdotti dal “Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Delimitazione delle fasce fluviali”, adottato con Deliberazione n. 18 del 26/4/2001 del Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino ed approvato con D.P.C.M. in data 24.05.20001, per la presenza di fasce fluviali di possibile esondazione, identificate utilizzando i seguenti criteri:

- Fascia A: alveo sede della piena, calcolata con tempo di ritorno di 20 anni, ove fluisce almeno l'80% di tale portata, ovvero costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante la piena. All'esterno di tale fascia la velocità

della corrente deve essere minore o uguale a 0,4 m/s (criterio prevalente nei corsi d'acqua mono o pluricursali);

- Fascia B: fascia di esondazione (piena con tempo di ritorno di 200 anni) estesa al territorio con quota topografica corrispondente al livello idrico della piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate (fascia B di progetto), dimensionate per la stessa portata.
- Fascia C: aree di inondazione per piena catastrofica delimitate sulla base della piena con un tempo di ritorno di 500 anni.

Le fasce PAI, definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Po nel 2001, interessano e vincolano alcune porzioni territoriali lungo il corso del fiume Brembo.

10.2.1 Fascia A

La fascia A interessa per lo più l'asta fluviale del fiume Brembo. Partendo da San Pellegrino Terme e scendendo lungo il fiume Brembo, la fascia A interessa l'alveo di piena ordinaria fino ad Ambria, ove il limite esterno di fascia A, in destra idrografica, comprende un ampio pianoro, delimitato a valle dalla scarpata fluviale e, verso monte, dai retrostanti versanti che digradano dalla località Spino al Brembo. In tale tratto i limiti di fascia A e B coincidono. Proseguendo verso il centro abitato di Zogno, il limite esterno di fascia A non si discosta significativamente dall'alveo fluviale in destra idrografica mentre, in sinistra, la fascia A comprende talora alcune porzioni areali a ridosso del corso d'acqua, rilevate rispetto allo stesso. In corrispondenza dell'area mercato, per un breve tratto del centro edificato in destra idrografica, il limite esterno di Fascia A è stato adeguato alla presenza del ciglio sponale del fiume Brembo: ai sensi dell'art. 27 comma 3 delle Norme Tecniche di attuazione del PAI, il limite della fascia A è stato fatto coincidere con un elemento fisico e morfologico ben riconoscibile e rilevabile cartograficamente e territorialmente, rispettandone l'unitarietà.

Nel tratto compreso tra il centro abitato ed il confine comunale con Sedrina, la fascia A e l'alveo fluviale sono per lo più coincidenti, ad eccezione di lievi scostamenti a valle di Piazza Monaci.

10.2.2 Fascia B

Il limite esterno di fascia B coincide con il limite di fascia A per tutta la parte di monte del corso d'acqua, fino alla località Montegrappa, ove la fascia B si estende oltre la A, a ricomprendere parte del terrazzo fluviale in destra idrografica.

In località Bonorè (sinistra idrografica), il PAI ha individuato un limite di fascia B di progetto, per la presenza di opere di difesa spondale ed argini la cui funzionalità è attualmente inadeguata al contenimento della piena duecentennale. Il limite di fascia B di progetto assumerà effettivamente il valore di limite esterno di fascia B solo a completamento, realizzazione ovvero sistemazione e collaudo degli argini fluviali.

La fascia B di progetto è presente anche lungo il tratto compreso tra via Cesare Battisti e via Locatelli (destra idrografica), ove le arginature esistenti risultano inadeguate al contenimento della piena duecentennale. Il limite di fascia B di progetto assumerà il valore di limite esterno di fascia B solo a realizzazione o sistemazione e collaudo degli argini fluviali.

Nella porzione più occidentale del territorio comunale, in via Locatelli, la delimitazione della fascia B di progetto indicata è quella riportata sugli elaborati ed atti recepiti ed approvati dalla Regione Lombardia con propria Deliberazione n. VII/16397 del 13 febbraio 2004 recante: "Comune di Zogno (BG). Approvazione della variante al Vigente Piano Regolatore Generale. Deliberazione Consiliare n. 48 del 10/12/2002. Obiettivo gestionale 10.1.2.1. - Valutazione ed approvazione degli strumenti urbanistici comunali in rapporto alla programmazione regionale", efficace dal 25 febbraio 2004, data di pubblicazione della stessa delibera sul BURL.

10.2.3 Fascia C

La fascia C, meno vincolante dal punto di vista urbanistico e volta ad individuare le aree allagabili in caso di eventi di piena con carattere di eccezionalità ($Tr=500$ anni), sono più ampie rispetto all'asta fluviale ed interessano sia porzioni di versanti non edificati, sia aree urbanizzate. Ricadono in fascia C alcune abitazioni di Ambria, sia in sinistra idrografica sia in destra, fino a ricomprendere la via Montegrappa. Sull'abitato di Zogno la fascia C si estende fino alla strada provinciale, in

corrispondenza di via Cesare Battisti e via Antonio Locatelli il limite esterno di fascia C si amplia a comprendere parte degli abitati di San Bernardino ed Inzogno.

10.3 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dalla normativa italiana per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (d.lgs. n. 49 del 2010), in attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE, "Direttiva Alluvioni".

Il PGRA è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e definitivamente approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016; la prima revisione per il periodo 2022-2027 è stata adottata dalla Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po con deliberazione n. 3 del 29 dicembre 2020 e approvata con deliberazione n. 5 del 20 dicembre 2021.

Il PGRA contiene la mappatura delle aree allagabili, classificate sulla base dei seguenti scenari di pericolosità:

- aree P3 (scenario H): alta probabilità – alluvioni frequenti con $Tr=20-50$ anni;
- aree P2 (scenario M): media probabilità – alluvioni poco frequenti con $Tr=100-200$ anni;
- aree P1 (scenario L): bassa probabilità – alluvioni rare con $Tr=500$ anni.

Le mappe identificano ambiti territoriali omogenei distinti per caratteristiche ed importanza del reticolo idrografico, per la tipologia e la gravità dei processi di alluvioni prevalenti ad esso associati:

- Reticolo idrografico principale (RP);
- Reticolo idrografico secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo idrografico secondario di pianura artificiale (RSP);
- Aree costiere lacuali (ACL).

Le mappe del rischio di alluvioni indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dell'evento alluvionale.

Con la DGR X/6738/2017 la Regione Lombardia ha approvato le disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA in ambito regionale. Viene evidenziata la necessità di individuare, attraverso la sovrapposizione tra il nuovo quadro conoscitivo derivante dal PGRA e quelli propri del PAI e dello strumento urbanistico comunale vigente (comprensivo di eventuali studi di dettaglio), le aree allagabili, le norme che ne regolamentano l'uso garantendo la tutela di persone e beni.

10.3.1 Ambito territoriale Reticolo Idrografico Principale (RP) – Fiume Brembo

La DGR X/6738/2017 stabilisce che alle aree esondabili individuate dal PGRA per il Reticolo Principale (RP), debbano applicarsi le norme previste per le aree esondabili del PAI, secondo il seguente schema:

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia A dalle norme di cui al “Titolo II – Norme per le fasce fluviali”, delle NdA del PAI;
- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B dalle norme del “Titolo II – Norme per le fasce fluviali”, delle NdA del PAI;
- nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), si applicano le disposizioni di cui all'art. 31 delle NdA del PAI.

Gli scenari H, M e L individuati lungo l'asta del fiume Brembo nel territorio comunale di Zogno, hanno buona corrispondenza con le fasce fluviali del PAI.

Elevata probabilità di alluvioni P3/H

L'area a classe di pericolosità elevata interessa per lo più l'asta fluviale del fiume Brembo, alveo di piena ordinaria e comprende talora alcune porzioni areali a ridosso del corso d'acqua, rilevate rispetto allo stesso.

L'area ad elevata pericolosità P3/H e la fascia A sono per lo più coincidenti, ad eccezione di alcuni scostamenti quando i limiti esterni di fascia A e B coincidono; in tal caso i limiti del PAI sono più estesi rispetto all'area ad elevata probabilità di esondazione PGRA:

- tratto in sinistra idrografica lungo la pista ciclabile a monte di Endenna;

- areale in destra idrografica, zona area mercato;
- tratti in destra idrografica all'altezza di via XXIV Maggio e via Cesare Battisti;
- area in destra idrografica, zona industriale di via Antonio Locatelli.

Media probabilità di alluvioni P2/M

Le aree a media probabilità di alluvioni – P2/M sono individuate da PRGA in destra idrografica del Brembo in località Ambria, in corrispondenza della confluenza con il torrente Ambria. Verso sud, all'altezza dell'area mercato, sono segnalati possibili fenomeni esondivi con Tr 100-200 anni, sia in destra (zona parco giochi) sia in sinistra idrografica, in località Romacolo e più a valle ad interessare una fascia areale quasi continua; le sponde esistenti risultano inadeguate al contenimento della piena di riferimento.

Nella porzione più occidentale del territorio comunale l'area a scenario P2/M interessa il vasto comparto dell'area industriale di via Locatelli.

Scarsa probabilità di alluvioni P1/L

Le aree a bassa pericolosità P1/L, che comprendono le aree allagabili per eventi di piena con carattere di eccezionalità (Tr=500 anni), sono più ampie rispetto all'asta fluviale ed interessano sia porzioni di versanti non edificati, sia aree urbanizzate. Tali zone, ben coincidenti con la fascia C del PAI, si estendono a comprendere parte dell'abitato di Ambria (in sinistra idrografica ed in destra idrografica), la via Montegrappa e, in corrispondenza di via Cesare Battisti e via Antonio Locatelli, parte degli abitati di San Bernardino ed Inzogno.

10.3.2 Ambito territoriale Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM)

Per il reticolo idrografico secondario collinare e montano, gli scenari di pericolosità idraulica vigenti, sono i seguenti:

- aree interessate da alluvioni frequenti (scenario P3/H): coincidente con la fascia a pericolosità molto elevata da esondazione torrentizia (Ee) e le aree di conoide attivo non protetto (Ca) dell'Elaborato 2 del PAI;
- aree interessate da alluvioni poco frequenti (scenario P2/M): coincidente con la fascia a pericolosità elevata da esondazione torrentizia (Eb) dell'Elaborato 2 del PAI;

- aree interessate da alluvioni rare (scenario P1/L): coincidente con le aree di conoide protetto non recentemente attivatosi (Cn) dell'Elaborato 2 del PAI.

10.4 Valutazione di dettaglio della pericolosità e del rischio idraulico ai sensi della D.G.R. 6738/2017 lungo il fiume Brembo (RP)

Ai sensi delle disposizioni di cui all'art. 3.1.4 della D.G.R. 6738/2017, sono state effettuate le valutazioni delle condizioni di pericolosità e di rischio entro i seguenti ambiti territoriali:

- aree comprese tra il limite B di progetto e il limite di fascia C delle fasce PAI vigenti (art. 3.1.4, comma 4, b della D.G.R. 6738/2017): area industriale via Cesare Battisti – via Antonio Locatelli e area residenziale in località Roma-colo-Bonorè.
- aree classificate come R4 – rischio molto elevato (art. 3.1.4, comma 2, b della D.G.R. 6738/2017, non ricadenti in Fascia A o B, ricadenti in P3/H e P2/M): area in destra idrografica del Brembo in via degli Alpini-via Pietro Ruggieri e area in sinistra in via Ponte Zogno 8/A.

Le valutazioni sono state effettuate a partire dagli studi idraulici esistenti, verificati con i dati di riferimento del PGRA (“Profili di piena dei corsi d’acqua del reticolo principale – marzo 2016”).

10.4.1 Aree in fascia B di progetto

Area industriale via Cesare Battisti – via Antonio Locatelli

La variante 1 del PGT vigente del 08.04.14 ha approvato uno studio idraulico redatto ai sensi dei criteri dell'allegato 4 della D.G.R. 2616/2011.

Lo studio parte dall'esame delle caratteristiche dell'intero bacino idrogeologico del fiume Brembo; sul tratto d'alveo di interesse, gli elementi conoscitivi di carattere geologico-ambientale ed idrogeologico sono stati definiti sulla base di studi esistenti e di rilievi di dettaglio eseguiti appositamente; i dati idraulici sono stati desunti dal “Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Delimitazione delle fasce fluviali”, approvato con Deliberazione n. 18 del 26/4/2001 e dal successivo

“Studio di fattibilità della sistemazione idraulica: del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po; del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda; del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda” redatto dalle Società MWH, Binini, CCI, Geodes, RATI su incarico dell’Autorità di Bacino del fiume Po.

La modellizzazione idraulica, realizzata con il programma di calcolo Hec-Ras, fornisce le quote del pelo libero dell’acqua e i tiranti idrici.

Sono state individuate le zone potenzialmente allagabili, direttamente ed indirettamente, per piena con tempi di ritorno di 200 anni. All’interno delle aree esondabili l’attribuzione del grado di pericolosità è stata effettuata sulla base delle indicazioni riportate nei “Criteri metodologici 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. 12/2005 – allegato 4: procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione”.

Sono state distinte le aree esondabili, la cui quota topografica è posta al di sotto dei livelli idrici di esondazione e le zone ove le quote arginali non garantiscono il franco di 1 m rispetto al pelo libero dell’acqua.

Lo studio ha evidenziato la presenza di tre zone di possibile esondazione del corso d’acqua (vedi Tav. 5a): due di limitata estensione poste lungo via degli Alpini e via XXIV Maggio e la terza, arealmente più estesa, che interessa una porzione della zona industriale di via Locatelli. Alle aree allagabili individuate sono stati applicati gradi di pericolosità diversa, in funzione delle altezze di tirante attese e della velocità dell’acqua nella porzione allagata, in applicazione dei criteri della DGR 2616.

L’area a est di via XXIV Maggio (sezione 20.5 dello studio idraulico), considerati i tiranti idrici (oltre 2 m) e le velocità di deflusso delle acque nella zona soggetta ad esondazione (1,8 m/s), è stata classificata come zona a pericolosità molto elevata H4; l’area a sud di via XXIV Maggio, con tirante idrico pari a 0,44 m e con velocità inferiore a 1 m/s, è stata attribuita una pericolosità elevata H3. L’area di via Locatelli (sezione 9 dello studio idraulico), è stata classificata come zona a pericolosità molto elevata H4, in quanto il tirante idrico è prossimo a 0,8 m e la velocità è di poco inferiore a 2 m/s.

Sebbene i criteri di cui all’allegato 4 della D.G.R. 2616/2011 non prevedano l’applicazione di un grado di pericolosità in assenza di fenomeni esondivi, si è

ritenuto opportuno attribuire cautelativamente una pericolosità moderata – H1 alle aree non esondabili ma con un franco inferiore ad 1 m.

Le aree non soggette ad esondazione aventi il franco di sicurezza sono state considerate idraulicamente verificate e non soggette a pericolo.

I livelli di rischio sono stati attribuiti considerando le diverse pericolosità idrauliche individuate dallo studio, incrociate con la pericolosità attesa (H), il danno potenziale (E) e la vulnerabilità degli elementi a rischio (V), secondo la relazione del rischio $R = H \cdot E \cdot V$. L'Allegato 4 della d.g.r. 2616/2011 prevede di attribuire alla vulnerabilità un valore pari a 1, a favore di sicurezza.

Le diverse classi (4) di danno potenziale sono determinate dalla D.G.R. 2616/2011 in funzione degli elementi a rischio in esse contenuti:

Danno potenziale	Elementi a rischio
grave (E4)	centri urbani, beni architettonici, storici, artistici, insediamenti produttivi, principali infrastrutture viarie, servizi di elevato valore sociale.
medio (E3)	aree a vincolo ambientale e paesaggistico, aree attrezzate di interesse comune, infrastrutture viarie secondarie.
moderato (E2)	aree agricole di elevato pregio (vigneti, frutteti).
basso (E1)	Seminativi

Nel tratto considerato, le aree prospicienti la sponda destra del fiume Brembo sono intensamente urbanizzate: applicando la correlazione di cui sopra tra danno ed elementi a rischio, è stata attribuita la classe di danno potenziale "E4".

La delimitazione di aree a diverso livello di rischio è riportata cartograficamente nella tavola di zonazione del rischio idraulico (vedi Tav. 5b). Alle zone esondabili T200 a pericolosità molto elevata H4, è stata attribuita una classe di rischio molto elevato R4, mentre alle aree non esondabili, con franco inferiore a 1 m, cautelativamente è stata attribuita la classe di rischio moderato R2. Alle aree con franco superiore a 1 m, non soggette ad alcuna pericolosità in caso di eventi di piena calcolata con tempo di ritorno di 200 anni, non è stato attribuito alle stesse alcun grado di rischio.

Le condizioni di pericolosità e di rischio idraulico contenute nello studio idraulico di dettaglio sono ritenute valide e applicabili, vista la congruità dei dati utilizzati dallo studio e i dati di riferimento del PGRA 2016.

Area residenziale in località Romacolo - Bonorè

Per incarico dell'amministrazione comunale di Zogno (dicembre 2015) è stato redatto lo studio idraulico redatto ai sensi dei criteri dell'allegato 4 della D.G.R. 2616/2011, per la valutazione delle condizioni di rischio dell'area posta tra le località Romacolo e Bonorè.

Gli elementi conoscitivi di carattere geologico-ambientale ed idrogeologico considerati sono estesi all'intero bacino idrogeologico del fiume Brembo, basandosi su studi esistenti e di rilievi di dettaglio.

I dati idraulici sono stati desunti dal "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Delimitazione delle fasce fluviali", approvato con Deliberazione n. 18 del 26/4/2001 e dal successivo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica: del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po; del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda; del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda" redatto dalle Società MWH, Binini, CCI, Geodes, RATI su incarico dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

Lo studio ha portato alla individuazione di zone potenzialmente allagabili direttamente ed indirettamente in caso di piena con tempi di ritorno di 200 anni.

In sinistra idrografica, la zonazione della pericolosità è stata effettuata ai sensi dell'allegato 4 della D.G.R. 2616/2011, su aree ricadenti all'interno del centro edificato e comprese nelle fasce A e B di progetto del PAI.

La modellizzazione idraulica, realizzata con il programma di calcolo Hec-Ras fornisce i tiranti idrici e le quote del pelo libero dell'acqua.

Lo studio ha individuato un'area esondabile in sponda sinistra, tra le sezioni 14 e 12: il tirante calcolato per quest'area è prossimo ad 1,0 m sulla sezione 14 e diminuisce fino a circa 20 cm in corrispondenza della sezione 12 (vedi Tav. 5a).

In corrispondenza delle sezioni nn. 11, 10, 9 e 8, malgrado la presenza di un muro spondale e di una scogliera, l'alveo non è sufficiente al contenimento della piena duecentennale: all'altezza di località Bonorè si possono verificare fenomeni esondivi significativi in termini di velocità, tirante idrico e vulnerabilità delle aree

coinvolte. Il tirante idrico massimo per tale area è di 1,2 m con velocità di oltre 2 m/s, con possibile coinvolgimento di alcuni edifici residenziali e cortili privati perimetrati.

In sponda destra, lo studio individua limitate aree di esondazione; in particolare il fiume esonda occupando un'area che lambisce le abitazioni di via Pietro Ruggieri e il muro perimetrale della chiesetta di N.S. del Sacro Cuore. In tale tratto il tirante idrico può raggiungere 1 m e la velocità della corrente esondante è prossima a 0,6 m/s.

Dai dati del modello idraulico sono state individuate le aree che, pur non essendo allagabili, hanno un franco di sicurezza inferiore ad 1 m, ovvero una quota topografica (o del top della sponda) superiore alla quota di piena, ma con un dislivello inferiore ad 1 m:

- tra le sezioni 14 e 11.25 in sponda sinistra, è stata individuata una fascia di terreno, di limitata ampiezza, senza franco di sicurezza: è un'area continua che interessa prevalentemente cortili di pertinenza di civili abitazioni e lambisce la cortina di case edificate lungo via Romacolo.
- tra la sezione 10.8 e la 8.8 vi è una fascia priva di franco di sicurezza di limitata ampiezza, che comprende due abitazioni, cortili e giardini privati.
- in sponda destra, tra le sezioni 10.8 e 5, la zona con franco inferiore a 1 m comprende parte del parco giochi e l'area verde circostante la chiesetta e alcune abitazioni situate lungo via Pietro Ruggieri.

La cortina di edifici disposti lungo la via Romacolo, compresa nella fascia B di progetto del PAI, non può essere soggetta ad allagamento ed è dotata di un franco di sicurezza superiore ad 1 m.

Alle aree allagabili individuate sono stati applicati gradi di pericolosità diversa da elevata – H3 a molto elevata – H4, in funzione delle altezze di tirante attese e della velocità dell'acqua nella porzione allagata (vedi Tav. 5b).

Alle aree non esondabili ma con franco inferiore ad 1 m, è stata attribuita una pericolosità moderata – H1, in quanto, cautelativamente considerate aree idraulicamente non verificate.

Le aree non soggette ad esondazione, localmente caratterizzate dalla presenza di un franco di sicurezza di almeno 1 metro rispetto alla quota massima della

piena di riferimento, sono state considerate idraulicamente verificate e non soggette a pericolo.

Partendo dalle aree a diversa pericolosità idraulica, sono state individuate le zone a diverso livello di rischio mettendo in relazione la pericolosità attesa (H) con il danno potenziale (E) e la vulnerabilità degli elementi a rischio (V), secondo la relazione: $R=H*E*V$. L'Allegato 4 della d.g.r. 2616/2011 prevede di attribuire alla vulnerabilità un valore pari a 1, a favore di sicurezza.

Come per l'area di via Locatelli via Battisti, le diverse classi di danno potenziale (grave – E4; medio – E3; moderato – E2 e basso E1), sono state determinate in funzione degli elementi a rischio in esse contenuti.

Le aree prospicienti il fiume Brembo sono urbanizzate con classe di danno potenziale "E4"; incrociando la pericolosità attesa con il danno potenziale sono state delimitate le aree a diverso livello di rischio.

Alle aree esondabili tra Romacolo e Bonorè ricadenti nelle classi H4 e H3 di pericolosità, è stato attribuito un rischio idraulico molto elevato R4 (vedi Tav. 5b).

Nelle zone ove non è garantito il franco di 1 m tra il livello idrico T200 e la quota topografica, è stato assegnato un grado di rischio moderato R2.

Le aree idraulicamente verificate, con franco superiore a 1 m, non sono soggette ad alcuna pericolosità in caso di eventi di piena calcolata con tempo di ritorno di 200 anni, pertanto non è stato attribuito alle stesse alcun grado di rischio.

A partire dai risultati del modello idraulico, sono stati valutati, direttamente in sito, i possibili percorsi di divagazione delle acque e successivamente perimetrare le aree di esondazione diretta e potenziale esondazione indiretta. Nell'individuazione dei percorsi di divagazione si è tenuto conto delle caratteristiche morfologiche della zona, considerando la presenza di elementi fisici in grado di contenere potenziali fenomeni di espansione delle acque.

10.4.2 Aree P2/M non ricadenti in fascia A e B

Area in destra idrografica - via degli Alpini e via Pietro Ruggeri

Lo studio idraulico, redatto nel 2015, indica che la sponda destra del fiume Brembo è interessata da piccole aree soggette ad esondazione diretta T200: le superfici allagate sono limitate alle scarpate fluviali che raccordano l'alveo con il piazzale retrostante, utilizzato come parcheggio (area mercato), fino a lambire le abitazioni di via Pietro Ruggeri ed il muro perimetrale della chiesetta di N.S. del Sacro Cuore. In tale tratto il tirante idrico può raggiungere 1 m e le velocità di deflusso calcolate sono prossime a 0,6 m/s (pericolosità molto elevata H4). A valle del ponte vecchio, la piena va ad occupare superfici arealmente limitate, contenute all'interno della fascia A del PAI.

È stata inoltre perimetrata una fascia in continuità lungo tutto il tratto di studio, caratterizzata dall'assenza del franco di sicurezza di 1 m, tra la quota di piena ed il piano campagna; tale area si amplia e comprende parte del parco giochi comunale e le aree verdi adiacenti la chiesetta e alcune abitazioni situate lungo via Pietro Ruggeri (pericolosità moderata H1).

Alle aree allagabili così definite è stato attribuito un rischio idraulico molto elevato (R4), mentre nelle zone ove non è garantito il franco di 1 m tra il livello idrico T200 e la quota topografica, è stato assegnato un grado di rischio moderato (R2).

A fronte di tali valutazioni, la perimetrazione R4 del PGRA vigente resta confermata per la sola porzione di area verde immediatamente a monte del ponte vecchio, mentre la restante porzione (area mercato) non risulta allagabile (aree con franco superiore a 1 m).

Area in via Ponte Zogno 8/A

Nel maggio 2021 la Nuova Brembana Rottami S.r.l. ha redatto un documento di "Analisi di rischio idraulico" a supporto della richiesta di compatibilità idraulica con il PGRA del progetto di ampliamento area di proprietà (ad uso trattamento rifiuti ferrosi) in comune di Zogno (BG). L'impianto si trova in sinistra idrografica del fiume Brembo, in via Ponte Zogno 8/A.

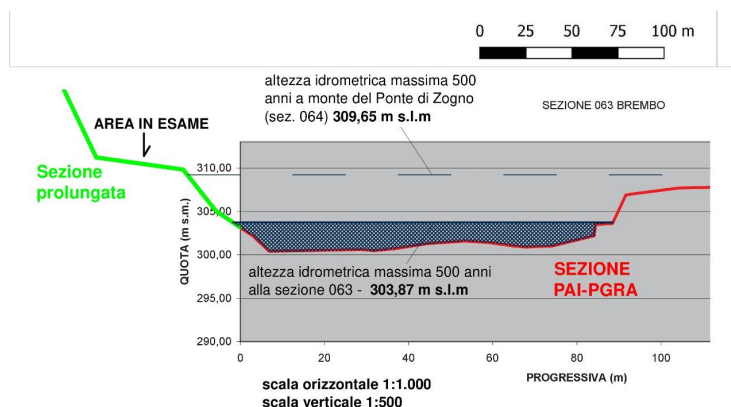
Lo studio redatto dalla ditta indica che "le condizioni che hanno determinato la perimetrazione dell'area allagabile soffrono di un errore materiale (interpolazione

di non sufficiente dettaglio fra le sezioni idrauliche del PAI-PGRA) che ha portato ad includere l'area in una porzione di territorio più ampia raggiungibile dalla piena centennale".

Le conclusioni dello studio riferiscono che "la semplice analisi morfologica della zona, eseguita a livello locale e a scala di dettaglio, incrociata con i dati delle quote d'esondazione del PGRA, restituisce un valore del rischio idraulico esiguo o nullo. L'intervento in progetto, quindi, è pienamente compatibile con l'assetto idraulico del Fiume Brembo e ubicato in posizione esterna alla massima piena catastofica e sua area allagabile".

Tale studio è stato trasmesso a Regione Lombardia in data 23/09/2021 (Z1.2021.0038360) che ritiene la modifica proposta condivisibile dal punto di vista tecnico. Tale modifica, fino alla variante d'asta del fiume Brembo, resta vigente nella componente geologica del PGT, quale esito della valutazione di dettaglio svolta nell'area a rischio idraulico molto elevato (R4).

La planimetria e sezione rappresentativa dello stato dei luoghi (pagina 11 del citato studio), sono di seguito riportate:



Stralcio planimetrico analisi del rischio idraulico – Nuova Brembana Rottami srl

11 INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE

11.1 Criteri di indagine

La valutazione delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei depositi superficiali e del substrato roccioso è stata effettuata sulla base dei dati desunti da indagini geologico-tecniche effettuate dallo scrivente nel corso degli anni all'interno del territorio comunale; tali dati sono stati integrati con indagini e dati forniti dall'ufficio tecnico comunale riferiti a interventi di opere pubbliche e di edilizia privata.

Per gli approfondimenti sismici previsti nel presente studio, sono stati raccolti, informatizzati ed analizzati tutti i dati di sottosuolo disponibili, ritenuti significativi.

I dati disponibili sono stati integrati con nuove indagini appositamente eseguite, costituite da n. 15 prove penetrometriche dinamiche DPSH, n. 15 profili di sismica multicanale (MASW) e n. 15 indagini puntuali di sismica passiva con metodologia HVSR. L'ubicazione delle nuove indagini ha tenuto conto della distribuzione dei dati delle indagini già disponibili e, oltre che della conformazione geologica e geomorfologica del territorio comunale.

Tutte le indagini sono riportate nelle Tavv. 6a-d.

I dati a disposizione sono stati utilizzati per definire le unità del sottosuolo, sia qualitativamente (granulometrie e litologie) che quantitativamente, attribuendo dei parametri geotecnici (tramite un range di valori) di prima caratterizzazione. Tali valutazioni sono da ritenersi indicative: l'attribuzione di un ampio intervallo di valori (in genere a favore di sicurezza), per i parametri definiti, tiene conto delle possibili variazioni granulometriche, di consistenza o di fratturazione (nel caso del substrato litoide) all'interno della medesima unità.

11.2 Indagini geognostiche pregresse

I dati geognostici esistenti, censiti a livello comunale, si riferiscono a:

- prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- prove penetrometriche dinamiche DPM;
- prove in foro tipo SPT;
- rilievi geologici-geomeccanici;
- stendimenti sismici MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);
- prove sismiche HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio).

11.3 Indagini di nuova acquisizione

Sono state effettuate nuove indagini geognostiche in modo tale da ricostruire nel dettaglio l'assetto litostratigrafico, geotecnico e geofisico del terreno da utilizzare nei diversi livelli di analisi sismica (spessore e litologia delle coperture, caratteristiche geotecniche, ricostruzione dell'andamento delle onde di taglio V_s , determinazione della $V_{s,eq}$).

Sono state eseguite n. 15 prove penetrometriche dinamiche DPSH, con associate altrettante indagini geofisiche (MASW e HVSR), localizzate in modo tale da infittire i dati geognostici già disponibili, definendo delle zone litostratigrafiche e geotecniche omogenee; i risultati delle indagini geofisiche sono riportati nel capitolo relativo all'analisi sismica.

11.3.1 Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Strumentazione utilizzata e ubicazione delle prove

L'attrezzatura con cui sono state eseguite le prove penetrometriche dinamiche (standard DPSH - ISSMFE) ha le seguenti caratteristiche:

- peso del maglio: 63,5 kg
- altezza di caduta: 75 cm
- lunghezza aste: 1,0 m
- diametro aste: 32 mm
- diametro della punta conica: 50,5 mm
- angolo della punta: 90°
- penetrazione standard: 20 cm

I valori e le relative profondità per l'avanzamento della punta sono riportati negli allegati. È stato controllato che le aste girassero liberamente durante l'avanzamento e non presentassero punti di attrito con le pareti del foro. Lo 0,0 di ciascuna prova corrisponde alla quota del piano campagna presente nel punto di prova al momento dell'indagine. In allegato i dati e i grafici delle indagini effettuate.

Nella seguente tabella è riportata l'ubicazione delle singole prove effettuate e la profondità di indagine raggiunta dal piano campagna esistente nel punto di esecuzione della prova.

n. prova penetrometrica dinamica DPSH	Località	Profondità di indagine (m da p.c.)
PP1	Area industriale di via Locatelli	5,2
PP2	Inzogno	9,4
PP3	Via XXIV Maggio	4,0
PP4	Grumello de Zanchi	10,6
PP5	Lallio	4,6
PP6	Endenna	7,2
PP7	Somendenna	4,6
PP8	Camonier	3,8
PP9	Castegnone	3,6
PP10	Poscante	3,4
PP11	Scuola primaria	4,6
PP12	Scuola media statale Giovanni XXIII	7,0
PP13	Stabello	9,6
PP14	Via Locatelli	5,2
PP15	Via Spino al Brembo	5,0

11.3.2 Prova sismica multicanale MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Ubicazione e caratteristiche geometriche degli stendimenti

Gli stendimenti MASW eseguiti presentano le seguenti caratteristiche:

Stendimento	Località	Lunghezza stendimento (m)	n. geofoni	Distanza intergeofonica (m)	Off-sets sor- genti (da ciascun estremo) (m)	
					Lato g1	Lato g24
MASW1	Area industriale di via Locatelli	46	24	2	2	10
MASW2	Inzogno	46	24	2	10	2
MASW3	Via XXIV Maggio	46	24	2	2	10
MASW4	Grumello de Zanchi	46	24	2	10	2
MASW5	Lallio	46	24	2	10	2
MASW6	Endenna	46	24	2	2	10
MASW7	Somendenna	46	24	2	2	10
MASW8	Camonier	46	24	2	2	10
MASW9	Castegnone	46	24	2	2	10
MASW10	Poscante	46	24	2	2	10
MASW11	Scuola primaria	46	24	2	2	10
MASW12	Scuola media statale Giovanni XXIII	46	24	2	10	2
MASW13	Stabello	46	24	2	2	10
MASW14	Via Locatelli	46	24	2	2	10
MASW15	Via Spino al Brembo	46	24	2	2	10

Metodologia

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di

Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarli minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse è stata utilizzata nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

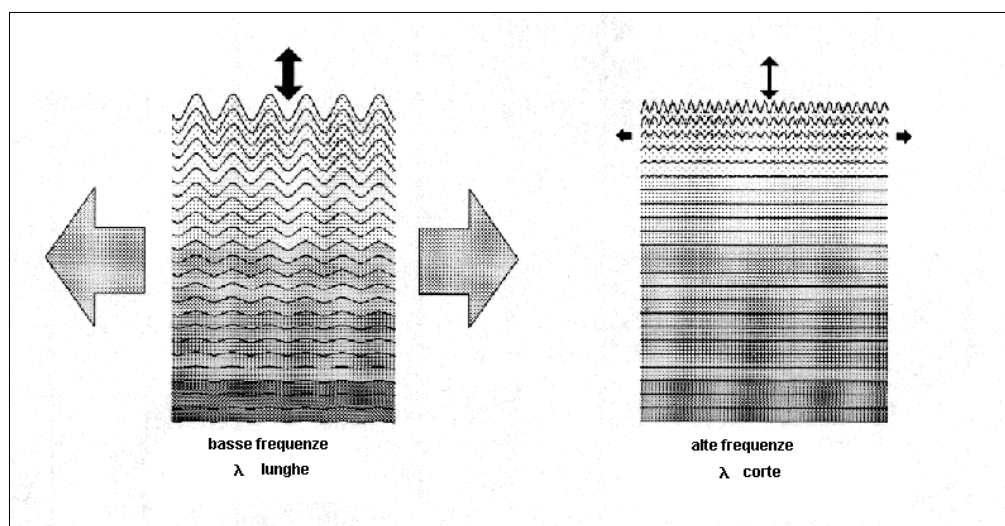
La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggiore accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. È anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione.

MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie.

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità.

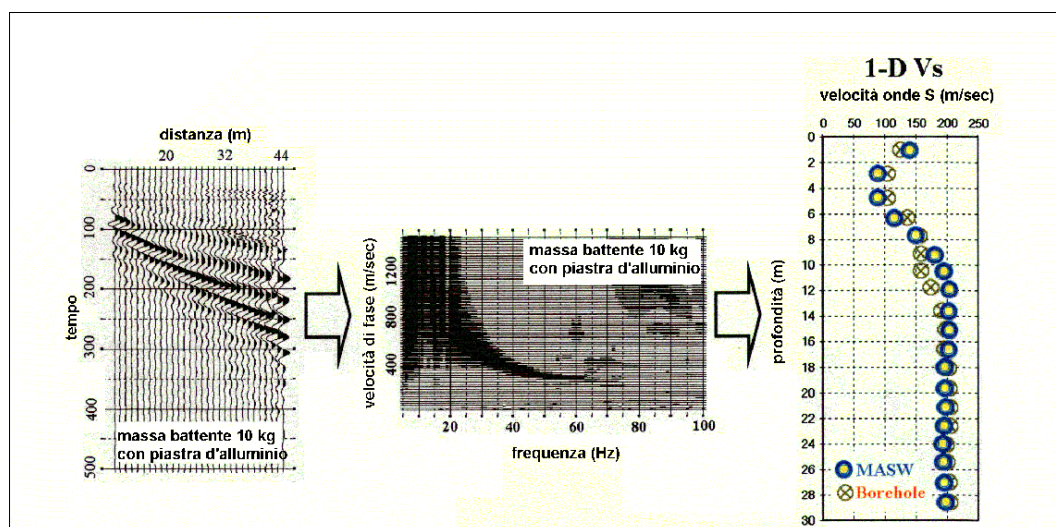
La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sismografo BR24 24 canali;
- 24 geofoni a 4.5Hz con offset pari a 2 m;
- una mazza da 5 Kg.

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipologie di onde sismiche.

Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.



La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati di campo;
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità. Con una curva di colore rosso è stato tracciato il valore di Vs progressiva. Dalla curva si può quindi ricavare il valore di Vs10, Vs20 e così via, e quindi anche il valore di Vs30, quest'ultimo ovviamente alla profondità 30.

Calcolo $V_{s,eq}$

A fronte del profilo delle Vs ricavato mediante lo stendimento MASW effettuato in sito, si ricava il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = H / (\sum_{i=1, N} h_i / V_i)$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un totale di N strati, e H è la profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s_{eq}}$ è definita dal parametro $V_{s_{30}}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

11.3.3 Prova di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

Ciascuna prova è stata effettuata a circa metà degli stendimenti MASW effettuati sul territorio comunale. Il rumore sismico è stato registrato in genere per almeno 20 minuti in condizioni di assenza di vento e pioggia.

I risultati ottenuti dalla prova sono riportati nei successivi paragrafi.

Metodologia

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni naturali (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato microtremore in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato artificialmente, come nelle energizzazioni della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di “fondo”, sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari, ecc..) e naturali. L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno n è data dalla formula:

$$F_n = V_s / 4h$$

in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Viceversa, nota la stratigrafia è teoricamente possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde S nei singoli strati.

I risultati (grafici) visibili in allegato, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale ed elaborati con software dedicato; il segnale dei velocimetri (3) è acquisito in sito per un tempo t , e digitalizzato a 16 bit con due linee di preamplificatori. Per ciascuna delle 3 componenti del moto, il software esegue le seguenti elaborazioni:

- divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L (in questo lavoro generalmente 26 s);
- elimina il trend da ciascuna finestra;
- fa il "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- liscia lo spettro di ogni finestra secondo opportuno smoothing;
- calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra.

12 QUADRO LITOSTRATIGRAFICO

12.1 Generalità

La struttura litostratigrafica del territorio comunale di Zogno si caratterizza per la presenza di depositi superficiali sciolti ricoprenti il substrato roccioso: sui

versanti gli spessori dei depositi variano da pochi metri nei tratti più acclivi, fino a diversi metri in corrispondenza della sommità dei dossi o dove la pendenza del profilo del pendio si attenua; sul fondovalle gli spessori sono mediamente maggiori, ma caratterizzati da elevata variabilità.

I depositi di versante ed alluvionali a comportamento granulare che caratterizzano buona parte del territorio comunale di Zogno, sono costituiti in prevalenza da sabbia e ghiaia, talora con basso grado di cementazione ovvero con matrice fine anche abbondante.

Lungo i versanti possono essere presenti coperture eluvio-colluviali a comportamento coesivo, in spessori compresi tra 3 e 9 m circa, dai dati disponibili, soprattutto lungo il versante destro della valle.

All'interno dell'area edificata sono presenti localmente terreni di riporto utilizzati per terrapieni o per livellamenti del piano campagna.

Il substrato roccioso si caratterizza per la presenza prevalente di calcari marnosi e calcari dolomitici diversamente stratificati e tettonicamente disturbati.

12.2 Stratigrafie di dettaglio

Di seguito si riportano alcune descrizioni stratigrafiche ricavate dai dati geotecnici a disposizione (prove penetrometriche dinamiche DPSH, scavi edili e stratigrafie di sondaggi a carotaggio continuo). Per quanto riguarda le risultanze delle indagini geofisiche effettuate all'interno del territorio comunale, si rimanda al paragrafo dell'analisi sismica riportato in seguito.

Per ciascun punto di indagine (la cui ubicazione è individuata negli elaborati cartografici – vedi Tavv. 6a-d) si riporta una sintetica descrizione del sottosuolo investigato.

Madonna del Lavello

Le indagini a disposizione (n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, n. 11 prove penetrometriche dinamiche, scavi geognostici) in corrispondenza della nuova viabilità di accesso allo stabilimento della Sanpellegrino Spa hanno individuato uno strato superficiale costituito da terreni di riporto composti da ghiaie e ciottoli con matrice

sabbioso-limosa, uno sottostante formato da prevalenti terreni ghiaioso- ciottolosi di origine alluvionale con subordinati depositi ghiaioso-sabbiosi di versante e torrentizi, ed uno profondo dato da ghiaie e ciottoli e massi di origine alluvionale. Dai 15 m circa di profondità è presente il substrato roccioso argillitico marnoso.

Monte di Zogno

Loc. Prisa bassa

Sono state effettuate n. 2 prove penetrometriche dinamiche DPM che hanno attraversato lo strato di depositi limoso sabbioso argillosi per uno spessore di 1,8 m; al di sotto di tale profondità, è stato intercettato lo strato superficiale del substrato roccioso.

Loc. Casarielli

Effettuati scavi geognostici da cui emerge la presenza di un sottile strato di sabbia limosa poggianti sul substrato roccioso, costituito dal Calcare di Zu (orientazione degli strati a reggipoggio rispetto al versante; strati con immersione N10° e inclinazione 10°).

Loc. Tiglio

È stato effettuato un rilievo geomeccanico in corrispondenza degli affioramenti rocciosi presenti nel tratto di versante esaminato. La roccia, rappresentata dalla Dolomia Principale, è risultata di qualità geomeccanica mediocre (classe III).

Loc. San Bernardino – tratto a cielo aperto ex S.S. 470

Le trincee esplorative hanno individuato la presenza di spessori variabili di materiale di riporto (smarino della galleria) al di sopra del substrato roccioso locale (Argillite di Riva di Solto); la parte più superficiale della roccia appare molto alterata, formata da ghiaia e sabbia argillitica con matrice limoso argillosa.

Via S. Sebastiano

n. 2 prove arrestate alla profondità di 1,4-1,6 m dal p.c. per la presenza del cappellaccio del substrato roccioso locale; al di sopra di tale orizzonte, il terreno risulta costituito da materiale terroso di scadente qualità geotecnica.

Via Don Antonio Rubbi

Lo scavo effettuato ha individuato materiale eluviale e/o rimaneggiato per spessori variabili da 1,5 a 3,5 m circa seguito dal substrato dolomitico.

Fondovalle del Fiume Brembo

Area industriale di via Locatelli

La prova penetrometrica dinamica DPSH effettuata (PP1) ha individuato la presenza di uno strato superficiale a supporto granulare a consistenza eterogenea (probabile riporto), per uno spessore di 3 m, seguito da un sottile orizzonte sciolto, sabbioso, fino ai 5 m di profondità. Oltre tale quota, la prova è stata interrotta per rifiuto all'avanzamento della strumentazione di prova; trattasi probabilmente di depositi alluvionali ghiaiosi ben addensati e/o grossolani.

Via Locatelli

Sito 1

Strato superficiale di spessore pari a circa 1,6 m di limo argilloso con ciottoli di scadente qualità geotecnica, seguito da un orizzonte sabbioso limoso con ciottoli dotato di mediocri caratteristiche geotecniche, presente fino a 2,2 m di profondità da p.c. Segue il tetto delle sottostanti ghiaie ben addensate che hanno determinato il rifiuto all'avanzamento della strumentazione penetrometrica (rifiuto strumentale registrato a 2,6-3,2 m da p.c.).

Sito 2

La prova penetrometrica dinamica PP14 ha attraversato un terreno a supporto granulare, addensato, fino alla profondità di 5,0 m dal p.c.; la prova è stata interrotta a tale quota per rifiuto strumentale.

Inzogno

È stata effettuata n. 1 prova penetrometrica dinamica DPSH spinta alla profondità di 9,4 m dal p.c. (PP2); il terreno risulta costituito da limo sabbioso ghiaioso scarsamente addensato fino alla profondità di 8,4 m; oltre, lo stato di addensamento del terreno aumenta, fino al rifiuto strumentale.

Via Cesare Battisti

I terreni investigati mediante sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche dinamiche, prove SPT in foro, hanno individuato la presenza di terreni

sostanzialmente costituiti da ghiaie eterometriche medie e grossolane e sabbie anche limose con ciottoli, talora abbondanti, ricoperte da spessori variabili di terreni rimaneggiati e di riporto, legati alla forte antropizzazione dell'area (materiale di scadente qualità geotecnica di spessore pari a 2,5 m che può raggiungere anche lo spessore max di 4,0 m). Il bedrock è stato intercettato tra i 10-12 m di profondità dal p.c.

Imbocco sud ex S.S. 470 della Valle Brembana

I cinque sondaggi effettuati hanno mostrato quanto segue: il terreno presente in superficie, su entrambi i lati del canale, è dato essenzialmente da ciottoli e ghiaie poligenici e arrotondati con matrice sabbiosa; segue, in tutti i fori, il substrato roccioso, dato da marne e argilliti di colore grigio nerastro in condizioni di elevata fratturazione e parziale alterazione; tali rocce, in accordo alla cartografia disponibile, sono da riferire al Calcare di Zu (se non l'Argillite di Riva di Solto); la profondità di rinvenimento del substrato roccioso varia dai 10-11 m ai 12,4 m rispetto al piano della strada provinciale. Dai rilievi eseguiti nei fori di sondaggio è stata riscontrata la falda alla profondità di 7,5 m sempre dal p.c. della S.P.

Campo sportivo Parrocchia San Lorenzo Martire

Sono state effettuate n. 2 prove penetrometriche dinamiche che hanno raggiunto la profondità massima di 6 m dal p.c.; le unità litostratigrafiche individuate sono: 1) unità di terreno superficiale che si spinge sino a profondità indicativa di -0,6 m p.c. costituita da terreni vegetali con caratteristiche tecniche scadenti. Si tratta di limi argillosi poco addensati; 2) unità costituita da terreni di analoga tipologia, non vegetali e maggiormente addensati. Le due prove hanno restituito valori differenti (la prova 2 ha mostrato risultati migliori) si tratta comunque di terreni con scadenti caratteristiche tecniche di potenza dell'ordine 2,0-2,5 metri; 3) unità costituita da terreni a prevalente composizione argilloso limosa con consistenza crescente con la profondità e con ghiaie e rari ciottoli. I parametri sono discreti. Anche in questo caso lo spessore dell'unità è paragonabile all'unità soprastante; 4) unità costituita in prevalenza da argille limose dotate di buona consistenza e sature. Presenza di acqua a partire dai 5 m di profondità.

P.zza IV Novembre

Il terreno è costituito da depositi a supporto granulare da discreta a elevata consistenza (rifiuto strumentale registrato a 4 m di profondità – PP3).

Scuola primaria

La prova penetrometrica dinamica DPSH (PP11) effettuata ha individuato la presenza di terreni sabbioso-ghiaiosi dal piano campagna fino alla profondità di 3,0 m, che ricoprono il sottostante orizzonte di ghiaie grossolane compatte; la prova è stata interrotta intorno ai 4,5 m di profondità.

Scuola media statale Giovanni XXIII

La prova penetrometrica dinamica DPSH (PP12) effettuata nell'area verde del complesso scolastico ha individuato la presenza di terreni a comportamento granulare a media-discreta consistenza entro i primi 4 m circa di profondità; segue, fino alla profondità massima investigata di 7,0 m dal p.c., un orizzonte granulometricamente analogo a quello superficiale ma con un maggiore grado di addensamento.

Romacolo

Via Donatori di Sangue

Dai dati delle 2 prove penetrometriche dinamiche emerge la presenza di un orizzonte di riporto entro 1,8 m di profondità, seguito da ghiaie grossolane con limi sabbiose molto compatte e sabbiose attraversate fino a 2,1 m di profondità; oltre sono presenti livelli ghiaiosi cementati che hanno determinato il rifiuto strumentale.

Via Romacolo

È stata eseguita n. 1 prova penetrometrica dinamica spinta alla profondità di 3,4 m dal p.c., dove è stato registrato il rifiuto strumentale per la probabile presenza del substrato lapideo. Dal piano campagna alla profondità di 1,6 m è presente un terreno poco addensato, forse riporto e/o terreno rimaneggiato, seguito da un orizzonte mediamente consistente, sabbioso, fino al tetto dell'orizzonte non attraversato dalla strumentazione di prova.

Versante sinistro

Via Ronco

Lo scavo geognostico effettuato in sito ha riscontrato la presenza di materiale eluviale e/o rimaneggiato per spessori variabili da 1,5 a 3,5 m circa, seguito dal substrato roccioso, visibile lungo la scarpata stradale sottostante l'area indagata.

Via Romacolo

Sono state effettuate n. 4 prove penetrometriche dinamiche. Le 2 prove effettuate lungo il lato di valle dell'area si sono arrestate a 2,7 m e 4,2 m di profondità, probabilmente per la presenza di materiale lapideo svincolato dall'ammasso.

Le restanti prove, realizzate a monte dell'area, nei pressi delle costruzioni esistenti, hanno invece raggiunto le profondità di 6,9-7,5 metri, attraversando uno strato superficiale soffice entro i 2-3 m, seguito da un orizzonte da mediamente a ben addensato. In entrambe le prove è stata rilevata la presenza dell'acqua ad una profondità di circa 3 metri.

Via Braccamolino

Sono state effettuate n. 2 prove penetrometriche dinamiche spinte fino alla profondità di 1,7-1,9 m dal p.c. dove hanno registrato il rifiuto all'avanzamento della strumentazione di prova per la presenza del cappellaccio di alterazione della roccia.

Via Spino al Brembo

Sito 1

Sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche dinamiche DPM spinte a profondità modeste, comprese tra 1,0 e 3,0 m circa di profondità; a tale quota è stato registrato il rifiuto strumentale per la presenza di frammenti lapidei di dimensioni pluridecimetriche, mentre il substrato roccioso si stima a maggiore profondità. Lo strato sciolto superficiale è invece costituito da ghiaia e sabbia con ciottoli in matrice limosa e sabbiosa, debolmente argillosa poco addensata.

Sito 2

La prova penetrometrica dinamica PP15 ha individuato un primo strato limoso scarsamente addensato per uno spessore di 2 m circa, seguito da limo ghiaioso mediamente compatto fino a 5,0 m circa; a tale profondità la prova è stata interrotta per rifiuto strumentale.

Via Tessi – Spino al Brembo

Sono state effettuate n. 7 prove penetrometriche dinamiche DPSH che hanno riscontrato la presenza di uno strato superficiale poco addensato di limo sabbioso-ghiaioso, per uno spessore compreso da 1,0 ÷ 2,5 m a 4,0 ÷ 5,0 m nella zona centrale del versante.

Segue uno strato di limo e sabbia con ghiaia e ciottoli con un grado di addensamento variabile da medio a discreto; dai dati disponibili, emerge che tale secondo strato è stato attraversato per uno spessore tra i 2,5 m e i 5,5 m circa. Al di sotto del secondo strato, alcune delle prove eseguite hanno intercettato uno strato molto compatto in corrispondenza del quale si sono arrestate; trattasi con buona probabilità del substrato roccioso locale (Argillite di Riva di Solto), anche se non si esclude la presenza di orizzonti di conglomerato cementato entro la copertura superficiale.

Camanghè

Centro sportivo

Nella zona a SE del campo sportivo è stato eseguito uno scavo geognostico spinto alla profondità massima di 1,7 m dal p.c.; entro i primi 70 cm è stato rinvenuto del materiale di riporto che ricopre la copertura eluvio colluviale di argilla limosa; localmente tali depositi sono sostituiti da materiale grossolano costituito da blocchi e ciottoli calcarei.

Altri 2 scavi effettuati a valle della sede stradale e del parcheggio antistante il centro sportivo, hanno individuato blocchi e ciottoli poligenici entro i 1,5-2,0 m di profondità, ricoperti da materiale a supporto di matrice limoso argilloso con ghiaia e ciottoli.

Strada Ambria-Camanghè

Lungo la scarpata di valle della strada che collega Ambria e Camanghè sono stati eseguiti n. 4 scavi geognostici, spinti alla profondità di 2,0-3,0 m da p.c. Superficialmente è presente dell'argilla limosa rossastra con poca ghiaia e talora rari ciottoli, che ricopre il substrato roccioso (Argillite di Riva di Solto) o blocchi e ciottoli di Dolomia Principale, a partire da 1,0-2,0 m di profondità.

Via Camanghè

La sequenza litostratigrafica del terreno ricostruita sulla base di n. 3 prove penetrometriche dinamiche è costituita da terreni di riporto e/o rimaneggiati scarsamente addensati entro i 2,5 m di profondità da p.c.; seguono terreni mediamente addensati costituiti da ghiaie con ciottoli in matrice limoso sabbiosa talora abbondante, fino alla profondità di 5,5-8,4 m dal p.c.

Al Derò

I sondaggi a carotaggio continuo effettuati hanno individuato la presenza di materiale di riporto per uno spessore di 1,5 m, seguito da ciottoli e frammenti lapidei poligenici in matrice fine limoso sabbiosa fino a 15 m di profondità. Alla base di tale orizzonte è stato individuato il cappellaccio di alterazione del substrato costituito da argilliti fortemente alterate; dai 16,5 m di profondità si alternano argilliti e calcari marinosi.

Miragolo San Marco

Via Colombera

Dai rilievi geologici-geomeccanici effettuati in sito emerge la presenza di limi sabbiosi localmente argillosi scarsamente addensati aventi uno spessore massimo di 4 m che ricoprono il substrato roccioso, fratturato e degradato (Calcare di Zu), oggetto di misure strutturali.

Ambria

Incrocio 5 vie

Sono state effettuate n. 5 prove penetrometriche dinamiche da cui emerge la presenza di un terreno scarsamente addensato limoso argilloso per uno spessore di 2,4 m dal p.c.; segue un orizzonte resistente, compatibile con la presenza del substrato roccioso in posto (N_{20} a rifiuto).

Grumello de Zanchi

La prova penetrometrica dinamica DPSH effettuata (PP4) ha individuato un primo orizzonte limoso ghiaioso da poco a mediamente consistente entro gli 8,4 m di profondità; al di sotto di tale orizzonte il numero di colpi del penetrometro aumenta bruscamente per la presenza di un orizzonte compatto, forse ascrivibile alla parte

superiore, alterata, del substrato roccioso locale (Argillite di Riva di Solto). La prova è stata interrotta a 10,4 m di profondità rispetto al p.c.

Endenna

Via Brolo

Sito 1

La prova penetrometrica dinamica effettuata in sito ha individuato la presenza di limo, limo argilloso e sabbie fini entro i 2,4 m di profondità poco addensati; dai 2,4 ai 5,4 m lo stato di addensamento del terreno aumenta leggermente per la presenza di limi e sabbie inglobanti ghiaia e ciottoli o di livelli e lenti ghiaioso ciottolose in matrice limoso argillosa. Dai 5,4 ai 10 m di profondità si registra la presenza di terreni a discreta consistenza, costituiti da sabbie e limi, limi argillosi con ghiaie e ciottoli alterati.

Sito 2

Il quadro litostratigrafico del terreno investigato è il seguente: strato superficiale mediamente addensato limoso ghiaioso dal piano campagna fino alla profondità di 5,4 m; dai 5,4 ai 7,0 m di profondità il terreno passa a ghiaioso limoso a discreta consistenza. La prova penetrometrica dinamica DPSH (PP6) effettuata dallo scrivente ha registrato il rifiuto strumentale alla base di tale orizzonte, probabilmente per la presenza del substrato roccioso locale.

Somendenna

L'indagine effettuata (n. 1 prova penetrometrica dinamica DPSH – PP7) ha individuato la presenza di uno strato limoso superficiale soffice, dal p.c. fino ai 4 m di profondità, dove la prova ha registrato il rifiuto strumentale riconducibile al substrato roccioso locale (Calcere di Zu).

Camonier

La prova penetrometrica dinamica DPSH (PP8) effettuata ha individuato la presenza di uno strato a supporto di limo argilloso avente uno spessore di 3 m; alla base di tale strato la consistenza del terreno aumenta bruscamente; potrebbe trattarsi della parte più superficiale e alterata del substrato roccioso locale (cappellaccio). La prova è stata interrotta a 3,8 m di profondità.

Poscante

Il terreno risulta costituito da uno strato soffice entro i 3 m di profondità; tra 1,5 e 2,5 m di profondità le aste della strumentazione di prova sono avanzate per peso proprio. Alla base di tale orizzonte la prova penetrometrica DPSH (PP10) ha registrato il rifiuto strumentale, legato alla presenza del substrato roccioso locale.

Altamarie

Via Ripa

Sono state effettuate n. 2 prove penetrometriche dinamiche che hanno individuato un livello limoso con ciottoli per uno spessore di 1,5-1,8 m di mediocri caratteristiche geotecniche; oltre è stato intercettato un orizzonte resistente riconducibile a un livello detritico limoso sabbioso ben addensato e/o alla roccia.

Lallio

La prova penetrometrica dinamica DPSH effettuata (PP5) ha attraversato uno strato mediamente addensato limoso ghiaioso per uno spessore di 4,4 m; alla base di tale orizzonte è stato registrato il rifiuto strumentale legato alla presenza del substrato roccioso sepolto.

Castegnone

L'indagine effettuata (n. 1 prova penetrometrica dinamica DPSH – PP9) ha attraversato un terreno a consistenza eterogenea entro i primi 3 m circa da p.c., al di sopra di un orizzonte compatto in corrispondenza del quale la prova è stata interrotta (strato superficiale del substrato roccioso).

Stabello

via Salvi

L'indagine (n. 3 prove penetrometriche dinamiche) ha evidenziato la presenza di un primo livello presumibilmente rimaneggiato, caratterizzato da un primo strato a bassa consistenza (N₂₀ 3-5), sovrapposto ad un secondo livello più addensato (N₂₀ 10-15). Proseguendo in profondità si individua un terzo livello poco consistente (N₂₀ 4-7) con un progressivo aumento delle qualità geotecniche (N₂₀ 10-13) prima del comune livello di rifiuto, individuato tra i 10 e i 12 m dal p.c.

via Ere

Sito 1

Sono state effettuate n. 4 prove penetrometriche dinamiche da cui emerge la presenza di limo argilloso con ciottoli di scadente qualità geotecnica rinvenuto fino alla profondità di 5,2 m dal piano campagna (N₂₀ 2-5); oltre tale quota è presente il cappellaccio di alterazione della roccia maggiormente addensato (N₂₀ 8-15). Le prove hanno registrato il rifiuto strumentale alla profondità di 6,4 m da p.c.

Sito 2

La prova eseguita (n. 1 prova penetrometrica dinamica – PP13) ha individuato la presenza di un terreno a scarsa-modesta resistenza penetrometrica per tutta la profondità investigata, pari a 9,6 m dal piano campagna al momento dell'esecuzione dell'indagine; il numero di colpi del penetrometro varia tra 3 e 7, fino ad un massimo di 10÷11 in corrispondenza degli orizzonti con presenza della frazione granulare (sabbia grossolana e ghiaia). Da un'interpretazione diretta dei dati acquisiti, si stima che possa trattarsi di depositi limoso sabbiosi debolmente ghiaiosi.

Strada Stabello-Sedrina

Il rilievo geologico effettuato lungo la scarpata a valle della strada comunale ha interessato un modesto affioramento roccioso della formazione del Calcare di Zu.

I piani di strato immergono a franapoggio rispetto al pendio, con immersione degli strati di 350° e inclinazione di 40°.

12.3 Zonizzazione litostratigrafica del territorio

Sulla base di tutti i dati litostratigrafici e geotecnici raccolti e descritti fin qui, si è tentata, scontando una certa semplificazione, una discretizzazione del territorio comunale di Zogno che ha consentito l'individuazione di aree caratterizzate da terreni aventi granulometria e spessori omogenei:

12.4 Parametri geotecnici di massima attribuiti ai depositi superficiali

I terreni sono stati classificati sulla base dei principali parametri geotecnici quali il peso di volume secco, l'angolo d'attrito e il modulo elastico con un criterio di tipo granulometrico, indipendentemente dalla loro origine e dalla loro età. Trattasi di

parametri indicativi, per un inquadramento preliminare delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti sul territorio comunale

Sono state distinte le seguenti unità litotecniche:

- Ghiaia e sabbia contenente ciottoli a supporto granulare; consistenza medio-buona.
Peso di volume naturale: $\gamma = 18 \div 19,5 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito drenato $\phi' = 30^\circ \div 36^\circ$
Modulo elastico $E_s = 11.400 \div 29.800 \text{ kPa}$
- Diamicton a ciottoli e blocchi con matrice limosa o sabbioso-limosa; consistenza medio-buona.
Peso di volume naturale: $\gamma = 17 \div 18 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito drenato $\phi' = 30^\circ \div 33^\circ$
Modulo elastico $E_s = 10.600 \div 22.200 \text{ kPa}$
- Sabbie e ghiaie con ciottoli fortemente alterati con matrice limosa o sabbioso-limosa; consistenza media.
Peso di volume naturale: $\gamma = 17 \div 17,5 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito drenato $\phi' = 28^\circ \div 30^\circ$
Modulo elastico $E_s = 8.400 \div 10.000 \text{ kPa}$
- Limi argillosi, talora inglobanti ciottoli, con consistenza da scarsa a media.
Peso di volume secco $\gamma_d = 16 \div 17,5 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito drenato $\phi' = 24^\circ \div 28^\circ$
Modulo elastico $E_s = 5.300 \div 8.400 \text{ kPa}$
- Materiale di riporto: materiali con granulometria e composizione varia, generalmente limoso-argillosa-sabbiosa, con scadenti caratteristiche geotecniche.

12.5 Caratteristiche geomeccaniche del substrato roccioso

Nella carta litotecnica il substrato è definito dall'indice RQD, desunto dall'analisi dello stato di fratturazione della roccia in affioramento; dall'indice RQD è stata ricavata una prima indicazione dello stato qualitativo dell'ammasso roccioso.

Le formazioni geologiche affioranti sono quindi state raggruppate con un criterio di tipo litotecnico e strutturale, indipendente dall'età.

Calcari e dolomie delle Dolomia Principale e Dolomie Zonate con fratturazione a spaziatura metrica, mediamente fratturati.

RQD = 50÷90 % rocce di qualità discreta-buona

Calcari e calcari marnosi con stratificazione da metrica a decimetrica del Calcare di Zorzino e del Calcare di Zu e calcari e calcari selciferi da massivi a stratificati ascrivibili alle Formazioni della Dolomia a Conchodon e del Calcare di Sedrina, fratturazione moderata

RQD = 40÷70 % rocce di qualità scarsa-discreta

Calcari marnosi con noduli e liste di selce, a stratificazione piano parallela da decimetrica a centimetrica ascrivibili alle Formazioni del Calcare di Moltrasio, Calcare di Domaro e Maiolica. Grado di fratturazione moderato.

RQD = 20÷50 % rocce di qualità molto scarsa-scarso

Calcari marnosi con intercalati orizzonti argillosi, a stratificazione fitta (Argilliti di Riva di Solto). Fratturazione da media ad intensa.

RQD = 0÷40 % rocce di qualità molto scarsa-scarso

Marne e selci con interstrati argillosi appartenenti alle Radiolariti ed al Rosso Ammonitico, fratturazione da media ad intensa

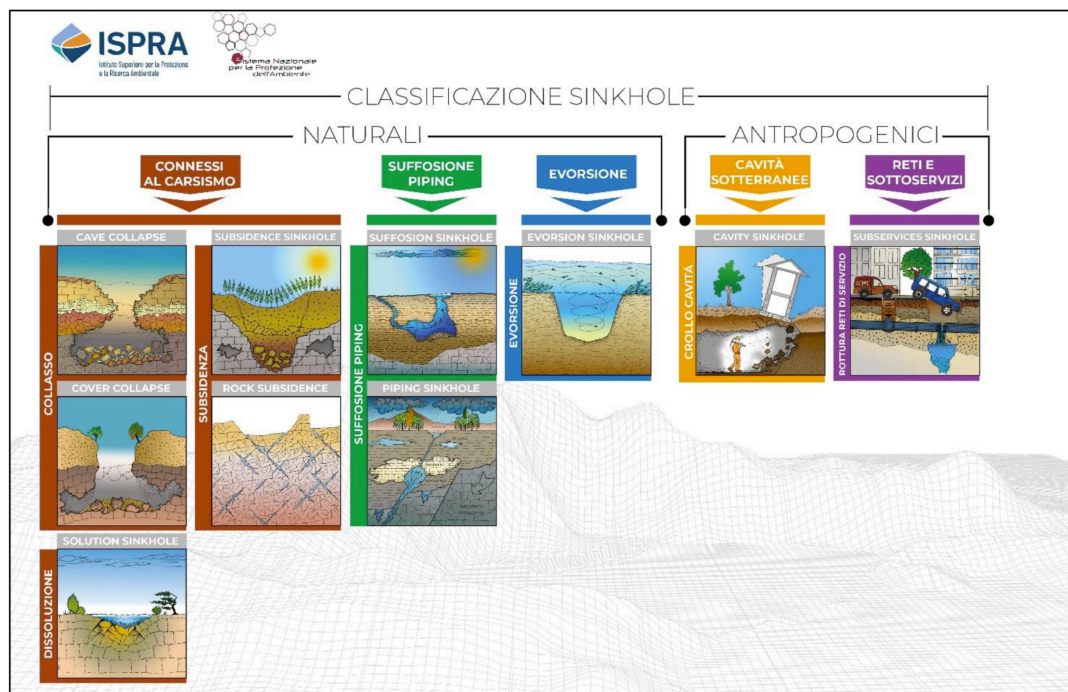
RQD = 0÷40 % rocce di qualità molto scarsa-scarso

13 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE A POTENZIALE PRESENZA / EVOLUZIONE DI CAVITA' SOTTERRANEE

Con la finalità di migliorare la conoscenza in tema di prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici nella pianificazione territoriale, in attuazione dell'art. 55 "Attività regionali per il governo delle acque, la difesa del suolo e la prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici" della l.r. 12/2005 "Legge per il governo del territorio", anche attraverso l'implementazione del "Quadro regionale delle conoscenze sulla difesa del suolo e sul demanio idrico fluviale" di cui all'art. 6 della l.r. 4/2016 "Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua", Regione Lombardia ha integrato i criteri attuativi dell'art. 57 della l.r. 12/2005 con indicazioni e linee guida relative all'analisi delle forme di dissesto denominate "sinkhole", sprofondamenti generati da cavità sotterranee di origine naturale o antropica oppure da condizioni geologico-stratigrafiche favorevoli al loro sviluppo o evoluzione (D.G.R. XI/7564 del 15.12.2022).

La D.G.R. XI/7564/2022 indica che, se nel territorio in esame si sono verificati in passato eventi di dissesto legati a fenomeni di sprofondamento (sinkhole), o in presenza nel sottosuolo di condizioni favorevoli alla loro formazione/evoluzione (cause predisponenti e innescanti), andranno individuate e adeguatamente normate le aree con condizioni favorevoli alla formazione/evoluzione di fenomeni di sprofondamento.

I sinkhole possono essere naturali o antropogenici, ISPRA ne ha proposta una classificazione, di seguito sintetizzata:



Classificazione sinkhole secondo ISPRA

Le cause predisponenti sono determinate da complesse situazioni geologico-strutturali ed idrogeologiche del territorio, come di seguito elencate a titolo esemplificativo; eventi perturbativi possono causare l'evoluzione in dissesti anche importanti.

Tra le cause predisponenti vi sono, ad esempio:

- aree carsiche;
- aree con presenza di litotipi potenzialmente soggetti a fenomeni di dissoluzione (depositi evaporitici);
- aree con condizioni favorevoli allo sviluppo di occhi pollini;
- siti minerari/aree interessate da attività estrattive passate;
- siti archeologici;
- 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.

Dalla consultazione delle banche dati tematiche disponibili (Database Nazionale Sinkhole Naturali del Servizio Geologico d'Italia; mappa della suscettività al fenomeno degli occhi pollini, Geoiffi), non è emersa la presenza di fenomeni di sprofondamento nel territorio comunale di Zogno, né sono state riferite testimonianze di manifestazioni superficiali di sprofondamento e/o di altri eventi suscettibili di interesse e meritevoli di approfondimenti tecnici (es. lesioni negli edifici esistenti non riconducibili a deficit strutturali).

Le registrazioni interferometriche disponibili per il territorio di Zogno, tratte dal Geoportale di Regione Lombardia, non si rilevano anomalie concentrate o aree particolarmente interessate da subsidenza.

In fase pianificatoria per il territorio comunale di Zogno sono state analizzate le evidenze morfologiche ed idrogeologiche legate alla potenziale presenza di doline e cavità sotterranee, effettuata una ricerca storica e documentale presso le banche dati disponibili, studiati i documenti di pianificazione e le indagini pregresse disponibili, analizzata la pericolosità sismica e quindi sintetizzate le informazioni acquisite.

L'analisi effettuata non ha riscontrato evidenze morfologiche od idrogeologiche riconducibili alla presenza di fenomeni gravitativi profondi o evolutivi del sistema: non sono state rilevate evidenze di una dinamica morfologica attiva (movimenti superficiali, edifici lesionati).

14 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

14.1 Zona sismica di appartenenza

La Giunta regionale, con propria deliberazione (n. 2129 dell'11 luglio 2014) in linea con le disposizioni ministeriali, ha rideterminato il livello di classificazione sismica dei comuni lombardi portando i Comuni in Zona 4 alla Zona 3 e quelli in Zona 3 alla Zona 2. Con D.G.R. n. 2489 del 10 ottobre 2014 si è differito di un anno l'entrata in vigore per l'adeguamento del D.p.r. 380/2001; al fine di allineare la nuova

zonazione con la l.r. 33/2015 n. X/4144 del 8 ottobre 2015, si è ulteriormente spostato il termine per l'entrata in vigore della nuova classificazione sismica regionale. La nuova classificazione è entrata in vigore solo il 10 aprile 2016 contemporaneamente all'uscita dalla D.G.R. 5001 del 30 marzo 2016 – Linee di indirizzo e coordinamento delle funzioni trasferite.

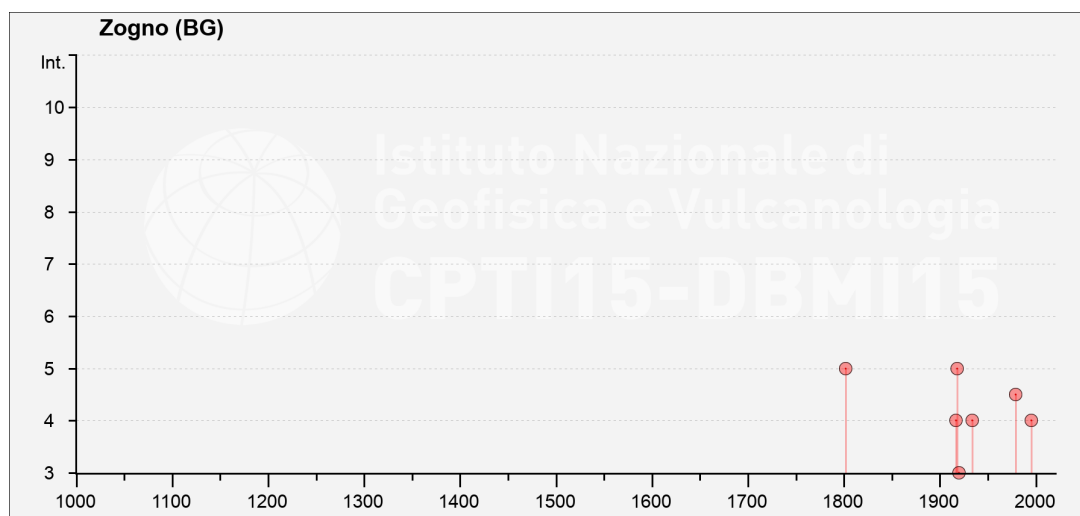
A fronte della suddetta zonazione, il Comune di Zogno è stato riclassificato in zona sismica 3, con un valore di $a_{g\max}$ uguale a 0,1020; il presente studio aggiorna pertanto l'analisi sismica secondo la nuova classificazione attribuita al territorio comunale, rispetto a quella dello studio geologico precedente (zona 4).

14.2 Sismicità storica

I dati riferiti alla sismicità storica per il territorio di Zogno sono stati estratti dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15 v4.0 pubblicato nel 2022) redatto dall'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV) nella finestra temporale 1000-2020.

Dall'analisi dei dati sotto riportati, emerge che l'area in esame e l'ambito della bergamasca, in generale, sono caratterizzati da eventi sismici piuttosto sporadici e di magnitudo mai superiore a 5; gli eventi più intensi, in un intorno significativo dell'alta pianura bergamasca, si localizzano soprattutto verso la parte orientale dell'alta pianura, tra la provincia di Brescia e il Garda occidentale.

Si riportano di seguito gli eventi sismici a partire dal 1000 al 2020.



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	📄	1802	05	12	09	30	Valle dell'Oglio	94	8	5.60
NF	📄	1892	08	09	07	58	Valle d'Alpone	160	6-7	4.91
NF	📄	1905	04	29	01	46 4	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5.10
4	📄	1917	12	09	21	40	Alta Engadina	39	6	4.60
5	📄	1918	04	24	14	21	Lecchese	34	6	4.95
3	📄	1920	09	07	05	55 4	Garfagnana	750	10	6.53
4	📄	1934	03	23	01	46 5	Lago d'Iseo	16	5	4.31
4-5	📄	1979	02	09	14	44	Bergamasco	73	6	4.78
NF	📄	1991	11	20	01	54 1	Grigioni, Vaz	468	6	4.70
4	📄	1995	10	29	13	00 2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35

NMDP è il numero di Microseismic Data Point

Io è l'intensità epicentrale

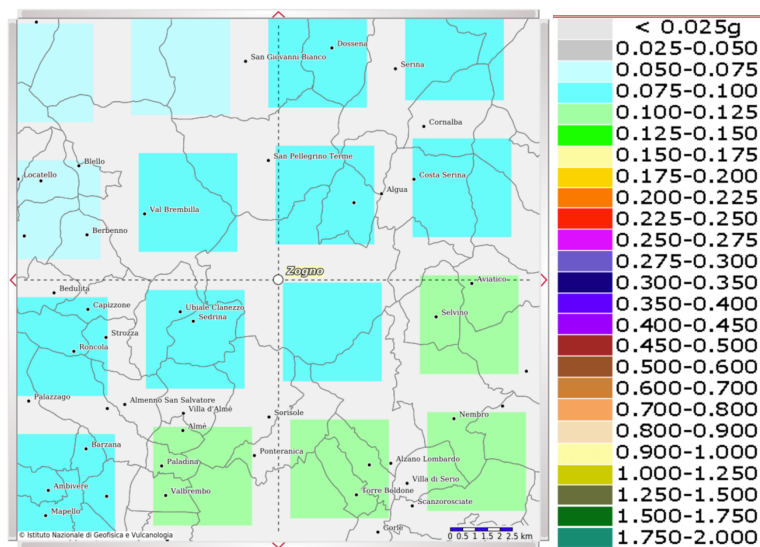
Mw è la magnitudo momento

Storia sismica di Zogno estratta dal CPTI15 v4.0

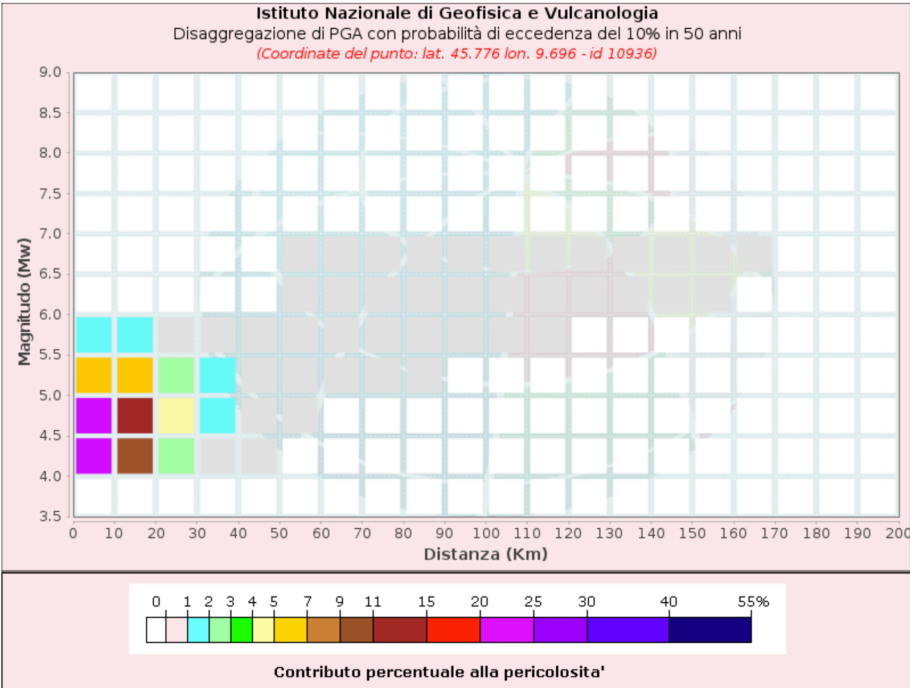
Per ottenere ulteriori elementi di riferimento in merito al sisma di riferimento per il Comune di Zogno, è stata considerata anche la mappa di pericolosità sismica redatta dall'INGV per l'intero territorio nazionale; tale mappa tramite la disaggregazione della pericolosità sismica, consente di valutare i contributi che diverse sorgenti sismogenetiche poste a distanza definita R e capaci di generare terremoti di magnitudo M, determinano sulla pericolosità del sito.

L'analisi è stata condotta facendo riferimento ai nodi di una griglia che ha suddiviso tutto il territorio nazionale, per ognuno dei quali sono a disposizione i valori disaggregati del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% nell'arco di 50 anni. Attraverso l'inserimento delle coordinate del sito è possibile evidenziare la mappa di pericolosità nell'ambito indagato ed i relativi nodi di riferimento. Si fornisce il valore di PGA specifico per il sito, calcolato come media ponderata tra i 4 nodi; si fornisce inoltre il terremoto che domina lo scenario di pericolosità, inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Per l'ambito territoriale in esame la mappa di disaggregazione – riportata sotto in stralcio – indica valori di a_g di riferimento compresi tra 0,075 a 0,100 per l'intero territorio comunale, con un sisma tra 4 e 5 di magnitudo a distanza di 0-10 km (probabilità tra il 20-25 %).



Pericolosità sismica MPS04-S1



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 45.776 lon. 9.696 - id 10936)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	22.0000	24.1000	6.2800	1.2300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	9.2200	13.9000	5.6000	1.5200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	2.3000	4.6500	2.7100	0.9790	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.4020	1.2800	1.0400	0.4720	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0089	0.2790	0.4310	0.2570	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0279	0.1940	0.2030	0.0591	0.0102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0001	0.0653	0.1660	0.1350	0.0247	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0111	0.0846	0.0912	0.0180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0338	0.0551	0.0118	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0105	0.0324	0.0076	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0027	0.0182	0.0048	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0096	0.0030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.74	12.0	0.37

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni

14.3 Procedura regionale per la valutazione della pericolosità sismica locale

La metodologia regionale per la valutazione della pericolosità sismica locale (PSL) prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: solo i primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione (secondo la tabella sotto riportata, in funzione della zona sismica di appartenenza); il terzo livello di approfondimento è obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione.

Il 2° livello di approfondimento potrà essere implementato tramite la realizzazione di nuove schede che amplieranno il campo di applicazione delle procedure.

La procedura messa a punto fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

Alla luce di tali indicazioni, per il Comune di Zogno, appartenente alla zona sismica 3, si è proceduto ad aggiornare la carta di pericolosità sismica locale (1° livello) esistente ed applicare il secondo livello per le zone di PSL Z3 e Z4 interferenti con l'urbanizzato o con le aree di futura espansione urbanistica, alla luce delle nuove indagini geognostiche e geofisiche effettuate.

Si sottolinea che gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, morfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Zona sismica	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
2 e 3	obbligatorio	nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- nelle aree indagate con il 2° livello dove Fa calcolato è > rispetto al valore soglia comunale; - nelle PSL Z1 e Z2
4	obbligatorio	nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (d.d.u.o. n. 19904/03) fermo restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche ad altre categorie di edifici	- nelle aree indagate con il 2° livello dove Fa calcolato è > rispetto al valore soglia comunale; - nelle PSL Z1 e Z2 solo per edifici strategici e rilevanti

In conformità con quanto stabilito dall'Allegato 5 della D.G.R. 30.11.2011 n. IX/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 legge regionale 11 marzo 2005 n. 12, approvati con D.G.R. 22.12.2005 n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28.05.2008 n. 8/7374", l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito vengono codificate a livello procedurale mediante tre diversi livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente:

- il **primo livello** consiste nell'individuazione delle aree di possibile amplificazione sismica sulla base dei dati già riportati nella cartografia di inquadramento (carta geologica, geomorfologica) e nella successiva redazione della carta della pericolosità sismica locale (PSL), aggiornata secondo gli scenari indicati nella tabella di seguito riportata e alla luce dei nuovi dati geognostici disponibili.

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

Tabella 1 – Scenari di pericolosità sismica locale Allegato 5 D.G.R. 2616/2011

- il **secondo livello** consiste nella determinazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale; tale analisi fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del fattore di amplificazione (Fa).
- il **terzo livello** consiste nell'analisi quantitativa degli effetti di amplificazione sismica; tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi: a) quando, a seguito dell'analisi di secondo livello, il valore di Fa calcolato (FAC) è superiore al Fa soglia (FAS) stabilito per ciascun comune dalla Regione Lombardia; b) in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (PSL Z1 e Z2). Non è necessaria la valutazione quantitativa al 3° livello di approfondimento per lo scenario Z5 in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo tra due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo; nell'impossibilità di attuare tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

14.3.1 Metodologia di lavoro

L'analisi della componente sismica è stata redatta ai sensi dell'Allegato 5 della D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616; in adempimento alle specifiche tecniche riportate nella suddetta d.g.r., è stata rivalutata la carta di pericolosità sismica locale contenuta nello studio geologico facente parte del PGT comunale previgente, alla luce di nuovi dati geognostici e della variazione della tabella degli scenari di pericolosità sismica locale relativamente allo scenario Z2. Si è proceduto pertanto all'analisi della sismicità del territorio applicando la procedura di 1° livello, in relazione alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio riportate nella cartografia di inquadramento dello studio geologico del 2011.

Successivamente è stata applicata l'analisi di 2° livello secondo le procedure regionali, considerando i modelli geotecnici e geofisici elaborati sulla base delle indagini geognostiche e geofisiche riportate nel presente studio, in modo da fornire una carta dei fattori di amplificazione (FAC) per i periodi di 0,1-0,5 s e di 0,5-1,5 s.

14.4 Analisi sismica di 1° livello

Come precedentemente indicato l'analisi di primo livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce la base dalla quale partire per i successivi livelli di approfondimento sismico. In questa fase di analisi sono stati utilizzati tutti i dati di natura geologica, geomorfologica, geotecnica e idrogeologica disponibili, nonché le diverse cartografie tematiche d'inquadramento dello studio geologico precedente.

Sulla base di tutte le informazioni reperite sino ad oggi, si è proceduto all'aggiornamento della carta della pericolosità sismica locale (PSL) in scala 1:5.000 (Tavv. 7a-d) in cui sono riportati i diversi scenari di pericolosità sismica così come indicati nella tabella 1 – Scenari di pericolosità sismica locale, dell'Allegato n. 5 della D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616.

Le modifiche apportate nella cartografia PSL riguardano sostanzialmente lo stralcio dello scenario Z2; i terreni di riporto presenti all'interno del territorio comunale non risultano saturi, come invece prevede la definizione dello scenario Z2a indicato nella tabella richiamata nel precedente paragrafo.

14.4.1 Carta di pericolosità sismica locale (PSL)

La carta di pericolosità sismica locale riporta quindi le perimetrazioni dei diversi scenari di pericolosità sismica proposti dall'Allegato 5 della D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616.

Effetti di instabilità

Gli scenari di pericolosità sismica in grado di determinare effetti di instabilità individuati all'interno del territorio comunale di Zogno, sono:

- **Z1a – Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi;** trattasi di aree individuate negli elaborati cartografici della dinamica geomorfologica e del dissesto (carta PAI-PGRA), caratterizzate da fenomeni di crollo e distacco di blocchi rocciosi, localizzate lungo il versante a monte della località Tre Fontane, nella zona delle Grotte delle Meraviglie (a monte della S.S. 470) e in corrispondenza di una piccola parete rocciosa in via San Bernardino.
- **Z1b – Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti;** all'interno di tale scenario ricadono le aree di crollo quiescenti, riportate nella carta geomorfologica e in quella del dissesto (carta PAI-PGRA), distribuite in prevalenza lungo i versanti rocciosi e ad elevata pendenza del territorio comunale (Madonna del Lavello, versante a monte di Stabello, Corna Rossa, Valle Belbier, Corna Bianca, San Marco, versante in sinistra idrografica del torrente Ambria, Pizzo di Spino e Pizzo Colvera); si rilevano inoltre piccole aree in dissesto lungo i versanti che delimitano i bacini della Valle di Grumello de Zanchi e della Valle Bruciata.
- **Z1c – Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana:** dai rilievi geomorfologici effettuati, emerge la presenza di alcune aree potenzialmente soggette a distacco e/o crollo di blocchi principalmente lungo alcune delle scarpate rocciose che delimitano il centro abitato di Zogno, tra la località Inzogno e via Campelmè, parte dei versanti a N di Camanghè e a NE del Monte Castello.

Effetti di cedimenti e/o liquefazioni

Gli scenari Z2 individuati nella precedente carta di pericolosità sismica locale non risultano saturi, come invece prevede la definizione degli scenari Z2a e Z2b

indicata nella tabella 1 sopra richiamata. Tali aree vengono pertanto stralciate, in quanto non soddisfano le condizioni predisponenti i fenomeni di amplificazione sismica previsti per gli scenari Z2a e Z2b.

All'interno del territorio comunale di Zogno non sono pertanto presenti gli scenari di pericolosità sismica in grado di determinare effetti di cedimento e/o liquefazione del terreno.

Effetti di amplificazione topografica

Gli scenari di pericolosità sismica in grado di determinare effetti di amplificazione topografica individuati all'interno del territorio comunale di Zogno, sono:

- **Z3a – Zona di ciglio H >10 m:** all'interno del territorio comunale sono stati individuate le scarpate sia di origine naturale che antropica suscettibili di amplificazione topografica; ricadono in questa categoria i cigli dei terrazzi fluviali di Stabello, Camanghè, e Piazza Monaci, unitamente ai cigli dei dossi delle frazioni di Endenna, Grumello de Zanchi, Somendenna, Poscante, Castegnone, Miragolo, Tiglio, Carrubo e Camonier;
- **Z3b – Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo:** rientrano in questo scenario le aree caratterizzate da irregolarità morfologiche, quali crinali principali e secondari interessati da edificazione e/o interferenti con l'abitato;

Effetti di amplificazione litologica

- **Z4a – Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi:** tale scenario si estende principalmente lungo il fondovalle inciso dal fiume Brembo, comprese alcune porzioni delle sponde, tra la zona industriale di via Locatelli e il centro storico di Zogno; sono state stralciate le porzioni di alveo con roccia affiorante;
- **Z4b – Zona pedemontana di conoide alluvionale:** trattasi del conoide di Stabello (conoide protetta non recentemente attivatosi Cn);
- **Z4d – Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale:** rientrano in tale scenario le aree con depositi eluvio-colluviali individuati in corrispondenza della fascia pedemontana tra Inzogno e San Bernardino, e nei tratti a debole pendenza dei versanti in sponda sinistra del Brembo.

Effetti dovuti a comportamento differenziale

- **Z5 – Zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse:** la carta geologica riportata nello studio geologico precedente, individua le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra le Argilliti di Riva di Solto e i calcari e le dolomie triassiche. Trattasi di litotipi che in concomitanza di eventi sismici potrebbero essere soggetti a comportamenti geomeccanici differenziali. Lo scenario Z5 indica comunque una limitazione che può essere rimossa qualora in fase progettuale si operi in modo da avere un terreno di fondazione omogeneo.

14.5 Analisi sismica di 2° livello

L'analisi sismica di 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche appartenenti agli scenari Z3 (soggetti ad amplificazioni morfologiche Z3) e Z4 (soggetti ad amplificazioni litologiche) individuati nella carta di pericolosità sismica locale (PSL).

Tale approfondimento non è stato eseguito per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità e per la zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (scenari Z1a, Z1b, Z1c e Z5). Per tali aree infatti la normativa prevede direttamente il passaggio all'analisi di 3° livello, o l'esclusione dalla possibilità di edificazione.

La procedura semplificata 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 (F_a); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, tramite abachi, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area urbanizzata e urbanizzabile in funzione del valore del fattore di amplificazione.

Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra $0,1 \div 0,5$ s e $0,5 \div 1,5$ s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di F_a sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra $0,1 \div 0,5$ 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 F_a per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0,1÷0,5 s.

14.5.1 Effetti di amplificazione morfologica – Scenario Z3

L'analisi morfologica di 2° livello ha definito le possibili condizioni di amplificazione topografica individuate all'interno del territorio di Zogno.

Metodologia

La valutazione degli effetti di amplificazione topografica è stata effettuata nel rispetto delle procedure indicate nell'All. 5 della D.G.R. IX/2616/2011, utilizzando la base aerofotogrammetrica comunale e il DTM regionale per estrapolare le sezioni rappresentative dell'andamento orografico del terreno in corrispondenza degli scenari Z3a e Z3b individuati nella carta PSL; l'utilizzo del DTM regionale ha consentito inoltre di estrarre l'acclività dei versanti del territorio comunale.

In particolare sono state tracciate n. 61 sezioni topografiche per lo scenario Z3a e n. 28 sezioni per lo scenario Z3b, ortogonali ai versanti e agli elementi morfologici di interesse, costituiti da materiali con valori delle onde di taglio V_s superiori a 800 m/s o laddove le V_s con velocità inferiore a 800 m/s siano riconducibili alla presenza di substrato geologico argillitico (Argillite di Riva di Solto), con significativo contrasto di impedenza tra substrato-copertura. Il substrato argillitico con $V_s < 800$ m/s è stato considerato potenzialmente sensibile all'azione di un sisma nell'ambito delle verifiche topografiche di 2° livello.

Sono stati esclusi da tale analisi gli orli di scarpata cartografati nella carta di pericolosità sismica locale come scenari suscettibili a instabilità (scenari Z1), in quanto la normativa prevede l'applicazione diretta del 3° livello di approfondimento.

Per ciascuna sezione sono stati estrapolati i principali parametri geometrici, a seconda che si tratti di una scarpata (scenario Z3a) o di una cresta rocciosa e/o cocuzzolo (scenario Z3b), da utilizzare nelle schede di valutazione regionali (vedi

tabella sotto riportata); si rimanda alle Tavv. 8a-d per l'ubicazione delle sezioni esaminate e agli Allegati 2a e 2b per le sezioni verificate.

Scenario	Parametri geometrici
Z3a – Zona di scarpata rocciosa	Altezza del fronte (H)
	Inclinazione del fronte (α)
	Inclinazione del fronte superiore (β)
	Estensione del fronte superiore
Z3b – Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo	Larghezza alla base del rilievo (L)
	Larghezza in cresta del rilievo (l)
	Dislivello altimetrico massimo (H) e dislivello minimo (h) dei versanti
	Inclinazione dei fronti (α_1 e α_2)
	Inclinazione dei fronti superiori (β_1 e β_2)

In funzione delle suddette caratteristiche geometriche, mediante i criteri di riconoscimento riportati nelle schede in allegato, si verifica che gli elementi morfologici individuati siano effettivamente soggetti a fenomeni di amplificazione topografica, distinguendo diverse tipologie di scarpata (in contropendenza, ideale, in pendenza) e di cresta (arrotondata, appuntita).

Mediante le correlazioni delle schede di valutazione morfologica, è stato determinato il corrispondente valore del Fattore di amplificazione (Fa) per ciascuna scarpata/cresta esaminata, approssimato alla prima cifra decimale.

Analisi effettuate

Si riportano di seguito i risultati dei valori di Fa calcolati (FAC) per gli elementi morfologici appartenenti agli scenari Z3a e Z3b individuati all'interno del territorio comunale di Zogno e riportati nella carta PSL, interferenti con l'urbanizzato e l'urbanizzabile, ad esclusione delle aree inedificabili.

Localmente, sono state considerate alcune sezioni morfologiche poste in aree di versante non edificate, per verificarne la suscettività ai fenomeni di amplificazione topografica vista la vicinanza all'abitato.

Scenario Z3a						
Sezione	Dislivello altimetrico massimo (H)	Inclinazione principale α (°)	Inclinazione superiore β (°)	Tipologia	Classe altimetrica	Fattore di amplificazione di sito (FAC _{0,1-0,5 s})
1	51	28	9	Pendio	-	-
2	45	16	10	Pendio	-	-
3	35	29	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
4	20	32	3	Scarpata in pendenza	10<H≤20	1,1
5	30	40	6	Scarpata in pendenza	20<H≤40	1,2
6	55	24	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
7	53	31	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
8	56	29-37	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
9	27	39	2	Scarpata in pendenza	20<H≤40	1,2
10	30	50	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
11	59	32	19	Pendio	-	-
12	48	41	17	Pendio	-	-
13	20	37	4	Scarpata in pendenza	10<H≤20	1,1
14	13	32	16	Pendio	-	-
15	19	38	17	Pendio	-	-
16	38	29	25	Pendio	-	-
17	44	32	20	Pendio	-	-
18	17	29	10	Pendio	-	-
19	49	20	9	Pendio	-	-
20	42	26	14	Pendio	-	-
21	80	34	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
22	62	25	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
23	60	32	8	Pendio	-	-
24	68	35	20	Pendio	-	-
25	80	28	4	Scarpata in pendenza	20<H≤40	1,2
26	75	34	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
27	68	27	23	Pendio	-	-
28	52	28	16	Pendio	-	-
29	50	27	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
30	47	33	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
31	48	32	4	Scarpata in pendenza	20<H≤40	1,2
32	34	34	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
33	48	31	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
34	14	25	10	Pendio	-	-
35	16	17	16	Pendio	-	-
36	10	17	8	Pendio	-	-
37	10	26	8	Pendio	-	-
38	22	35	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2

Scenario Z3a						
Sezione	Dislivello altimetrico massimo (H)	Inclinazione fronte principale α (°)	Inclinazione fronte superiore β (°)	Tipologia	Classe altimetrica	Fattore di amplificazione di sito ($FAC_{0,1-0,5 s}$)
39	16	25	13	Pendio	-	-
40	69	23	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
41	154	30	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
42	160	36	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
43	91	28	6	Pendio	-	-
44	11	21	5	Pendio	-	-
45	48	22	5	Pendio	-	-
46	27	22	5	Pendio	-	-
47	132	30	9	Pendio	-	-
48	164	41	15	Pendio	-	-
49	45	28	7	Pendio	-	-
50	75	40	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
51	42	30	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
52	44	43	8	Scarpata in pendenza	H>40	1,3
53	43	31	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
54	16	23	8	Pendio	-	-
55	24	18	10	Pendio	-	-
56	21	30	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
57	21	29	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
58	31	48	5	Scarpata in pendenza	20<H≤40	1,2
59	10	27	4	Scarpata in pendenza	10≤H≤20	1,1
60	32	17	2	Scarpata in pendenza	20<H≤40	1,2
61	38	28	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2

Scenario Z3b								
Sezione	Dislivello altimetrico massimo (H)	Larghezza alla base del rilievo (L)	H/L	Fattore di amplificazione di sito ($FAC_{0,1-0,5 s}$)				
				CRESTE APPUNTITE				CRESTE ARROTONDATE
				L>350	250<L<350	150<L<250	L<150	
1	44	203	0,2	-	-	1,2	-	-
2	91	242	0,4	-	-	1,3	-	-
3	121	325	0,4	-	1,4	-	-	-
4	223	755	0,3	1,4	-	-	-	-

5	88	283	0,3	-	1,3	-	-	-
6	157	428	0,4	1,5	-	-	-	-
7	21	149	0,1	-	-	-	1,1	-
8	Non soddisfa i criteri di riconoscimento			-	-	-	-	-
9	Non soddisfa i criteri di riconoscimento			-	-	-	-	-
10	64	159	0,4	-	-	1,3	-	-
11	143	406	0,4	1,5	-	-	-	-
12	24	211	0,1	-	-	1,1	-	-
13	84	404	0,2	1,3	-	-	-	-
14	Non soddisfa i criteri di riconoscimento			-	-	-	-	-
15	50	279	0,2	-	1,2	-	-	-
16	59	245	0,2	-	-	1,2	-	-
17	Non soddisfa i criteri di riconoscimento			-	-	-	-	-
18	13	160	0,1	-	-	-	-	1,0
19	Non soddisfa i criteri di riconoscimento			-	-	-	-	-
20	159	531	0,3	1,4	-	-	-	-
21	20	87	0,2	-	-	-	1,1	-
22	50	258	0,2	-	1,2	-	-	-
23	Non soddisfa i criteri di riconoscimento			-	-	-	-	-
24	40	319	0,1	-	1,1	-	-	-
25	42	249	0,2	-	-	1,1	-	-
26	56	267	0,2	-	1,2	-	-	-
27	46	189	0,2	-	-	1,2	-	-
28	134	571	0,2	1,3	-	-	-	-

Per la distribuzione areale dei valori di Fa, come richiesto dalla normativa regionale, si è proceduto ad attribuire il valore di Fa ottenuto all'area corrispondente alla larghezza in cresta (l) o al cocuzzolo, mentre tale valore è stato scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante. Per le scarpate il valore di Fa calcolato coincide con il ciglio del fronte principale e all'interno dell'area di influenza, il valore viene scalato fino al valore unitario ai margini dell'area d'influenza stessa; a valle, tale valore è stato scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del fronte principale.

Le aree di Fa così definite sono state riportate nelle Tavv. 9a-d.

La valutazione del grado di protezione, per ambedue gli scenari (zona di scarpata e zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo), viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di Fa ottenuti dalle schede di valutazione con

il valore soglia (S_T) delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Tale valore S_T rappresenta il valore oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera e dell'intervento	Coefficiente di amplificazione topografica S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	-	1,0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i \geq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

La procedura prevede, pertanto, di valutare il valore di F_a con la scheda di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata. Si possono presentare, quindi, due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Nel caso di rilievi morfologici asimmetrici che possono essere rappresentati sia dallo scenario Z3a sia dallo scenario Z3b, a seconda dell'orientazione della sezione, si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

Nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani, in presenza di scenari Z3a e Z3b, è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Risultati scenario Z3a

Le tipologie di scarpate analizzate, rispondenti ai criteri di riconoscimento previsti dall'abaco regionale per lo scenario Z3a (scarpata ideale, scarpata in pendenza), presentano valori di F_a ($FAC_{0,1-0,5s}$) inferiori ai valori di soglia (S_T) indicati dalla normativa vigente, come riportato nella seguente tabella.

La normativa vigente risulta pertanto sufficientemente cautelativa rispetto ai fenomeni di potenziale amplificazione topografica.

Sez.	Fattore di amplificazione di sito ($FAC_{0,1-0,5s}$)	Area di influenza (m)	Valori soglia del fattore di amplificazione (D.M. 14.01.2018)		Esito verifica
			CATEGORIA TOPOGRAFICA	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA $S_T \pm 0,1$	
3	1,2	26	T2	1,2	OK
4	1,1	20			OK
5	1,2	22,5			OK
6	1,2	37			OK
7	1,2	35			OK
8	1,2	37			OK
9	1,2	20			OK
10	1,2	23			OK
13	1,1	20			OK
21	1,2	53			OK
22	1,2	41			OK
25	1,2	53			OK
26	1,2	50			OK
29	1,2	33			OK
30	1,2	31			OK
31	1,2	32			OK
32	1,2	25,5			OK
33	1,2	32			OK
38	1,2	16,5			OK
40	1,2	46			OK
41	1,2	103			OK
42	1,2	106			OK

50	1,2	50			OK
51	1,2	28			OK
52	1,3	29			OK
53	1,2	29			OK
56	1,2	16			OK
57	1,2	16			OK
58	1,2	23			OK
59	1,1	10			OK
60	1,2	24			OK
61	1,2	28			OK

Risultati scenario Z3b

Dalle analisi effettuate, risulta che per tutte le aree di cresta, appartenenti alla tipologia di cresta appuntita (ad eccezione della sola sez. 18 rappresentativa della condizione di cresta arrotondata), i valori stimati di Fa ($FAC_{0,1-0,5 s}$) sono inferiori ai valori di soglia (S_T) indicati dalla normativa vigente, come riportato nella seguente tabella.

La normativa vigente risulta pertanto sufficientemente cautelativa rispetto ai fenomeni di potenziale amplificazione topografica.

Sez.	Fattore di amplificazione di sito ($FAC_{0,1-0,5 s}$)	Valori soglia del fattore di amplificazione (D.M. 14.01.2018)		Esito verifica
		CATEGORIA TOPOGRAFICA	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA $S_T \pm 0,1$	
1	1,2	T3	1,2	OK
2	1,3	T4	1,4	OK
3	1,4	T4	1,4	OK
4	1,4	T4	1,4	OK
5	1,3	T3	1,2	OK
6	1,5	T4	1,4	OK
7	1,1	T3	1,2	OK
10	1,3	T4	1,4	OK
11	1,5	T4	1,4	OK
12	1,1	T3	1,2	OK
13	1,3	T4	1,4	OK
15	1,2	T4	1,4	OK
16	1,2	T4	1,4	OK
18	1,0	T3	1,2	OK
20	1,4	T4	1,4	OK
21	1,1	T4	1,4	OK
22	1,2	T3	1,2	OK
24	1,1	T3	1,2	OK

25	1,1	T3	1,2	OK
26	1,2	T3	1,2	OK
27	1,2	T3	1,2	OK
28	1,3	T4	1,4	OK

14.5.2 Effetti di amplificazione litologica – Scenario Z4

Metodologia

La valutazione delle amplificazioni litologiche richiede i seguenti dati:

- litologia prevalente del terreno;
- profilo stratigrafico del terreno;
- andamento delle Vs con la profondità, fino a valori pari o superiori a 800 m/s; in mancanza del raggiungimento del bedrock ($V_s > 800$ m/s) con le indagini, è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s; si precisa che Vs con velocità inferiore a 800 m/s, siano riconducibili alla presenza di substrato geologico argillitico (Argillite di Riva di Solto), con significativo contrasto di impedenza tra substrato-copertura; in tali condizioni risulta difatti che il bedrock geologico abbia un comportamento da bedrock sismico;
- spessore e velocità delle V_s di ciascuno strato;
- modello geofisico e geotecnico del terreno nei punti rappresentativi su cui fare l'analisi.

Sulla base di alcuni parametri litostratigrafici e geotecnici, si individua la litologia prevalente presente nell'ambito territoriale considerato e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione regionale di riferimento: n. 1 scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose; n. 2 schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e 2), n. 2 schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e 2); n. 1 scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.

A ciascuno dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici utilizzata nella procedura di 2° livello deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la tabella:

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito

Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Individuata la scheda di riferimento, è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori delle Vs con la profondità; in particolare, si dovrà verificare l'andamento delle Vs con la profondità partendo dalla scheda 1; nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori inferiori ai 600 m/s, si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

In presenza di una litologia non contemplata dalle 6 schede di valutazione, si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine. Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata, ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

All'interno della scheda viene scelta, in funzione della velocità e dello spessore dello strato superficiale, la curva più appropriata per la valutazione del fattore di amplificazione nell'intervallo $0,1 \div 0,5$ s (n. 3 curve e relative formule) e $0,5 \div 1,5$ s (n. 1 curva e relativa formula). Qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore a 4 m, si utilizzerà, per la scelta della curva, lo strato superficiale equivalente a cui si assegna un valore di Vs calcolato come media pesata del valore di Vs degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore.

Le formule rappresentative di ciascuna curva sono funzione del periodo proprio del sito (T), calcolato considerando la stratigrafia del terreno fino alla profondità in cui il valore di Vs è uguale o superiore a 800 m/s; la formula per il calcolo del periodo T è la seguente:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V s_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove $V s_i$ e h_i sono rispettivamente la velocità e lo spessore di ciascuno strato.

Il fattore di amplificazione calcolato (FAC) applicando le suddette schede e approssimato alla prima cifra decimale, viene poi confrontato con il valore soglia (FAS), con una variabilità $\pm 0,1$, fornito dalla banca dati della Regione Lombardia per ciascun Comune, al variare delle categorie di suolo (categoria B, C, D, E ai sensi del D.M. 17.01.2018) e nei due intervalli $0,1 \div 0,5$ s e $0,5 \div 1,5$ s.

Il valore soglia (FAS) rappresenta il valore oltre il quale lo spettro di risposta proposto dalla normativa vigente risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione sismica del sito.

La Regione Lombardia indica per il territorio di Zogno i seguenti valori soglia (FAS) per il periodo $0,1 \div 0,5$ s e per il periodo $0,5 \div 1,5$ s.

	Categoria di suolo ai sensi del D.M. 17.01.2018			
	B	C	D	E
ZOGNO				
FAS _{0,1÷0,5 s}	1,4	1,9	2,2	2,0
FAS _{0,5÷1,5 s}	1,7	2,4	4,2	3,1

L'elaborazione dei dati disponibili ed il confronto con i valori soglia può portare alle situazioni indicate:

- FAC $\leq$ FAS: la normativa vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- FAC $>$ FAS: la normativa vigente è da considerarsi insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi è necessario passare al 3° livello di approfondimento sismico in fase

progettuale o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

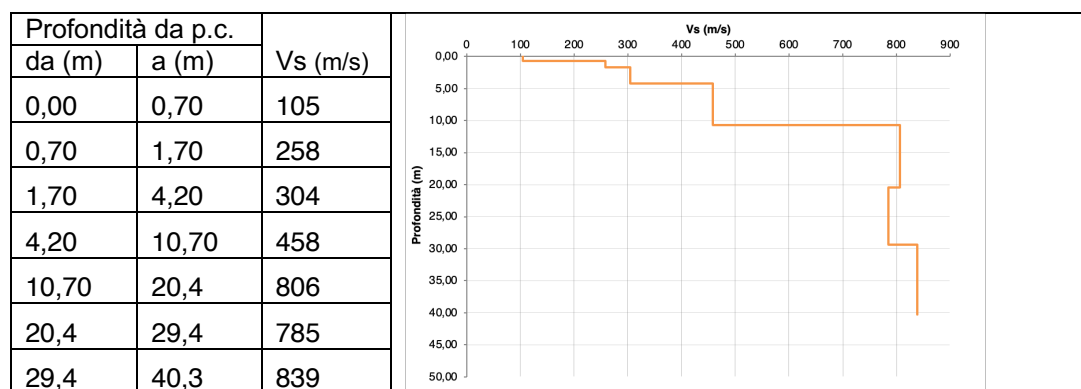
Risultati indagini geofisiche di nuova acquisizione

MASW1 – Zona industriale

Dall'elaborazione della curva di dispersione emerge la presenza dei seguenti sismostrati: dal p.c. a 1,7 m di profondità orizzonte lento con valori di Vs tra 105 e 258 m/s; seguono, fino alla profondità di 10,7 m, depositi da mediamente a ben addensati con valori di Vs che aumentano con la profondità, da 304 a 458 m/s.

Oltre gli 11 m circa di profondità, è stato individuato il bedrock sismico con valori di Vs superiori a 800 m/s (coincidente con il bedrock geologico dai dati litostratigrafici reperiti per l'area).

Il passaggio tra le coperture sciolte e il substrato intorno agli 11 m di profondità, è stato individuato anche dalla prova HVSR in corrispondenza dell'ampio picco di frequenza a 13,3 Hz.

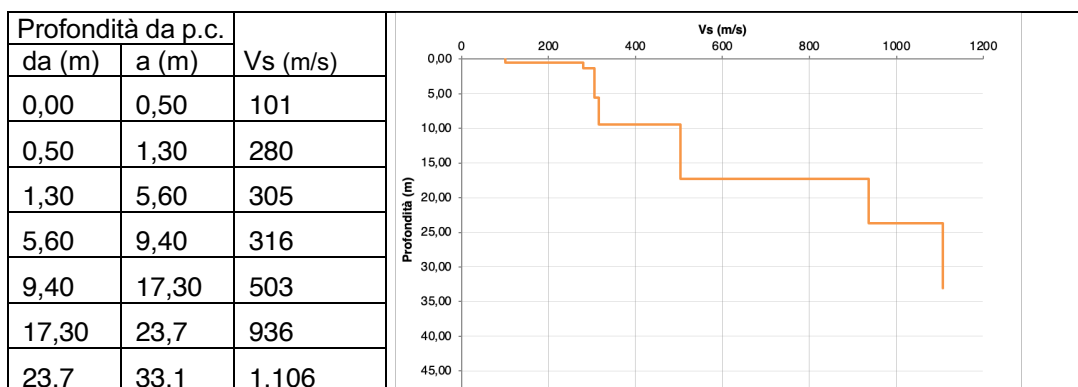


MASW2 – Inzogno

Dall'elaborazione della curva di dispersione emerge la presenza dei seguenti sismostrati: strato mediamente addensato dal p.c. alla profondità di 9,4 m, con valori di Vs mediamente pari a 300 m/s; da 9,4 a 17,3 m, si registra un significativo aumento dei valori di velocità delle onde di taglio, con Vs pari a 500 m/s.

Alla base di tale orizzonte, da 17,5 m circa di profondità, è stato individuato il bedrock sismico con valori di Vs ampiamente superiori a 800 m/s (coincidente con il bedrock geologico dai dati litostratigrafici reperiti per l'area).

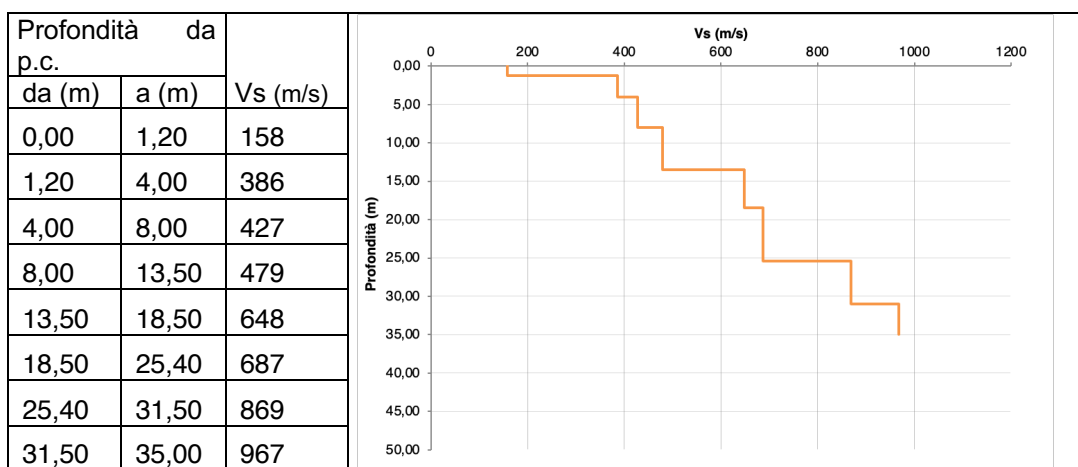
L'ampio picco alla frequenza di 8,1 Hz della prova HVSR è compatibile con il top del bedrock individuato a 17,5 m di profondità.



MASW3 – P.zza IV Novembre

I sismostrati individuati sono: strato mediamente addensato dal p.c. alla profondità di 4,0 m, con valori di Vs pari a 386 m/s; da 4,0 a 13,5 m, lo stato di addensamento aumenta con valori che si attestano tra 427 e 479 m/s; al di sotto dei 13,5 m, fino ai 25,5 m circa, si registra un brusco aumento dei valori di velocità delle onde di taglio, con Vs da 648 a 687 m/s. Dai 25,5 m, i valori di Vs sono superiori a 800 m/s (bedrock sismico).

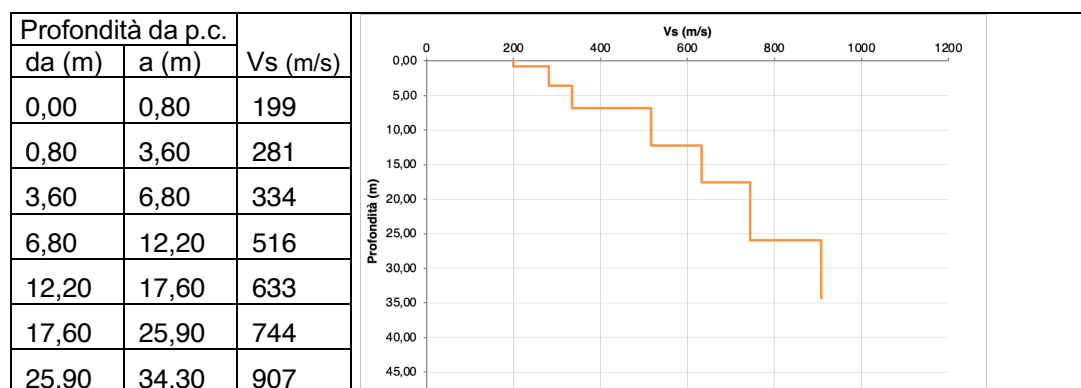
Il picco alle medie frequenze della prova HVSR non è chiaro (11,8 Hz), in quanto nella curva si riconoscono 2 step di velocità: uno a 13,5 m ed un secondo a 25 m circa, compatibile con il top del bedrock sismico.



MASW4 – Grumello de Zanchi

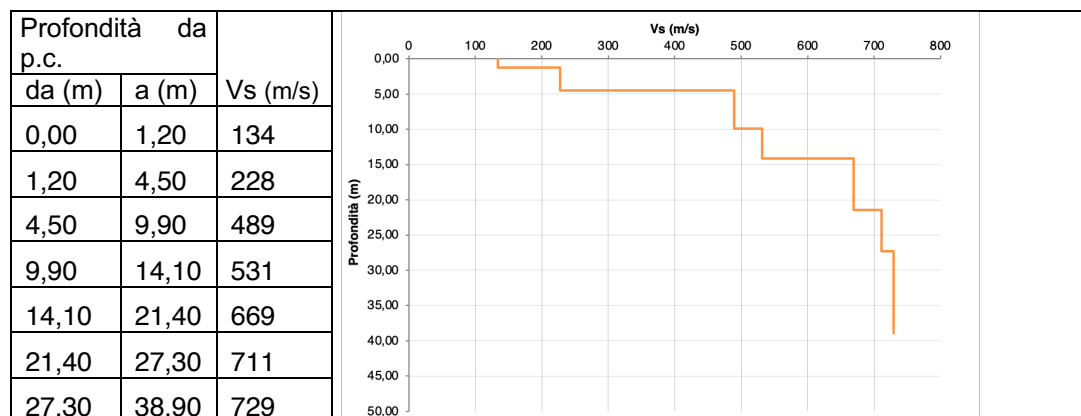
Sismostrato scarsamente addensato dal p.c. alla profondità di 3,6 m, con valori di Vs inferiori a 300 m/s; segue, per uno spessore di 3,2 m, un terreno mediamente addensato con valore di Vs pari a 334 m/s; da 6,8 m a 12,2 m circa, si registra un brusco aumento della velocità delle onde di taglio, con valori di 516 m/s. Dai 12,2 m ai 25,9 m, i valori di Vs si attestano tra 633 e 744 m/s. Segue il bedrock sismico (Vs pari a 907 m/s).

La prova HVSR individua un debole picco a bassa frequenza (4,39 Hz), associato all'interfaccia profonda posta a circa 26 m dal p.c., compatibile con il bedrock sismico (Vs > 800 m/s).

**MASW5 – Lallio**

Copertura superficiale scarsamente addensata dal p.c. alla profondità di 4,5 m, con valori di Vs inferiori a 300 m/s; segue, un brusco incremento di velocità, con valori di Vs che variano tra 489 e 531 m/s. Tali valori si registrano fino alla profondità di 14 m circa dal p.c. Oltre si osserva un graduale aumento della velocità, con valori che si attestano mediamente intorno ai 710 m/s. Non è stato raggiunto il bedrock sismico (Vs > 800 m/s). I dati litostratigrafici reperiti in sito dalla prova penetrometrica associata alle indagini geofisiche in esame, indicano la presenza di un orizzonte molto compatto alla profondità di 4,5 m dal p.c., in corrispondenza del quale è stato registrato il rifiuto strumentale. Trattasi del substrato geologico locale, rappresentato dalla formazione delle Argilliti di Riva di Solto.

Tale condizione litostratigrafica è confermata anche dalla prova HVSR che individua un chiaro picco alla frequenza di 16,6 Hz, ben compatibile con il top del substrato argillitico superficiale.

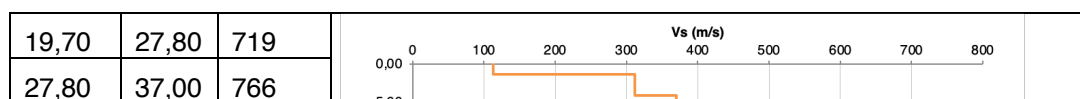


MASW6 – Endenna

Dal p.c. fino alla profondità di 6,7 m è presente un terreno mediamente ad-densato, con valori di Vs che variano da 312 a 370 m/s; oltre, fino agli 11 m circa di profondità, la velocità delle onde di taglio si attesta pari a 464 m/s. A maggiore profondità, le Vs crescono bruscamente con valori che variano da 640 a 766 m/s; tale materiale, riconducibile al substrato roccioso locale (Argillite di Riva di Solto), manifesta un comportamento da bedrock sismico anche se caratterizzato da Vs con velocità inferiori a 800 m/s. La prova penetrometrica associata (PP6) si è arrestata a 7 m di profondità dal p.c. (N_{20} a rifiuto) per la presenza del substrato locale.

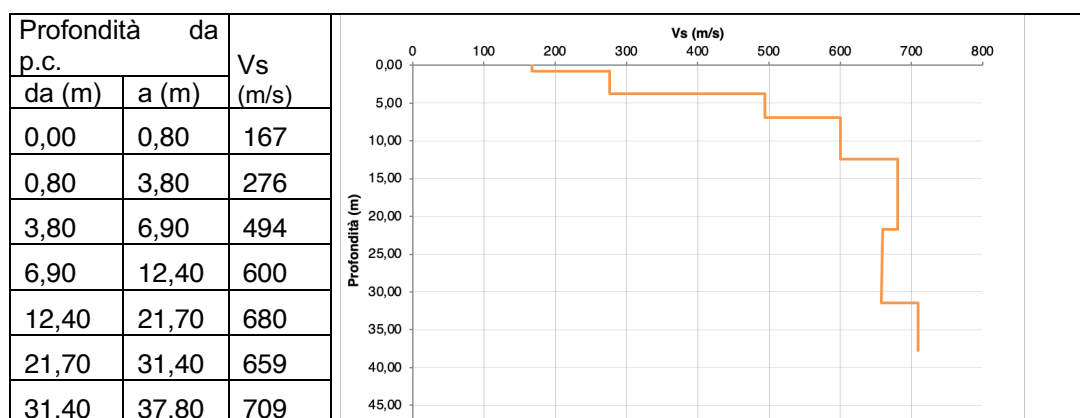
Tale condizione litostratigrafica è confermata anche dalla prova HVSR che individua un chiaro picco alla frequenza di 6,8 Hz, ben compatibile con il top del substrato argillitico alla profondità di 11 m.

Profondità da p.c.		Vs (m/s)
da (m)	a (m)	
0,00	1,30	113
1,30	4,10	312
4,10	6,70	370
6,70	10,90	464
10,90	19,70	640



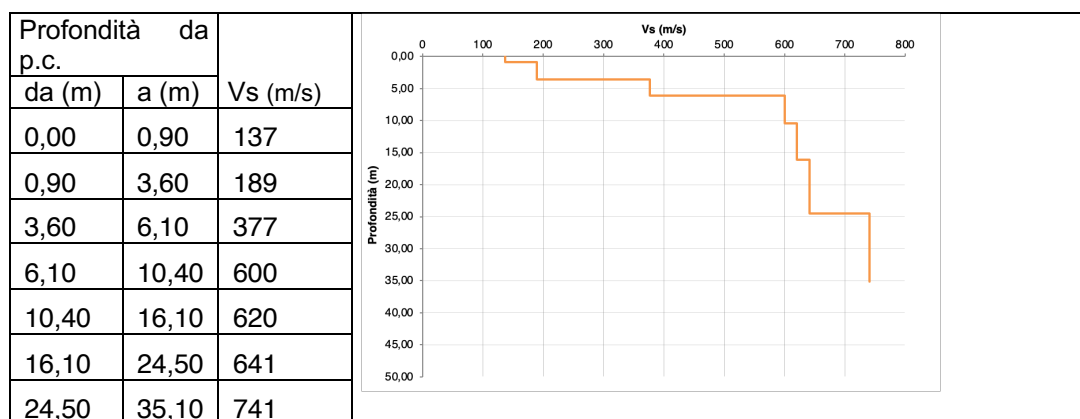
MASW7 – Somendenna

È presente un sismostrato superficiale, rinvenuto dal p.c. fino alla profondità di 3,8 m, con valori di Vs pari a 276 m/s; da 3,8 a 6,9 m di profondità, la velocità delle onde di taglio cresce rapidamente e si attesta intorno ai 500 m/s. Oltre i 7 m di profondità si registrano valori di Vs tra i 600 e i 700 m/s, fino alla profondità massima raggiunta di 38 m circa. Tale sismostrato è compatibile con la presenza del substrato roccioso locale (Argillite di Riva di Solto), come riscontrato dalla prova penetrometrica effettuata nelle vicinanze (PP7) e dalla prova HVSR; il picco di frequenza della prova HVSR a 4,1 Hz è associato al passaggio dalla copertura sciolta superficiale al substrato roccioso.



MASW8 – Camonier

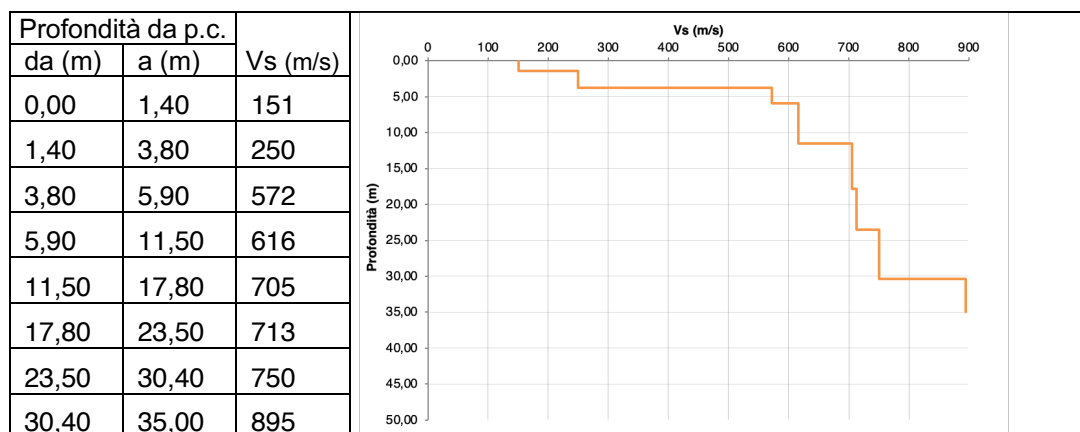
La MASW evidenzia la presenza di un sismostrato superficiale lento ($V_s < 200$ m/s) dal p.c. fino alla profondità di 3,6 m; da 3,6 a 6,1 m di profondità, la velocità delle onde di taglio cresce rapidamente e si attesta intorno ai 377 m/s. Oltre i 6 m di profondità si registrano valori di Vs tra i 600 e i 700 m/s, fino alla profondità massima raggiunta di 35 m circa. Tale sismostrato è compatibile con la presenza del substrato roccioso locale (Argillite di Riva di Solto); la prova penetrometrica effettuata nelle vicinanze (PP8) ha individuato il passaggio copertura superficiale-substrato roccioso alla profondità di 4 m dal p.c. La prova HVSR mostra un chiaro picco alla frequenza di 11,3 Hz, compatibile con il top del substrato posto intorno alla profondità di 6 m.



MASW9 – Castegnone

Sismostrato superficiale lento ($150 < V_s < 250$ m/s) dal p.c. fino alla profondità di 3,8 m; da 3,8 a 5,9 m di profondità, la velocità delle onde di taglio cresce rapidamente a 572 m/s (porzione fratturata del substrato roccioso costituito dalla formazione dell'Argillite di Riva di Solto). Oltre i 6 m di profondità si registrano valori di V_s tra i 600 e i 750 m/s, fino alla profondità di 30,4 m. A maggiore profondità, i valori di V_s sono superiori a 800 m/s (facies più compatta dell'Argillite di Riva di Solto).

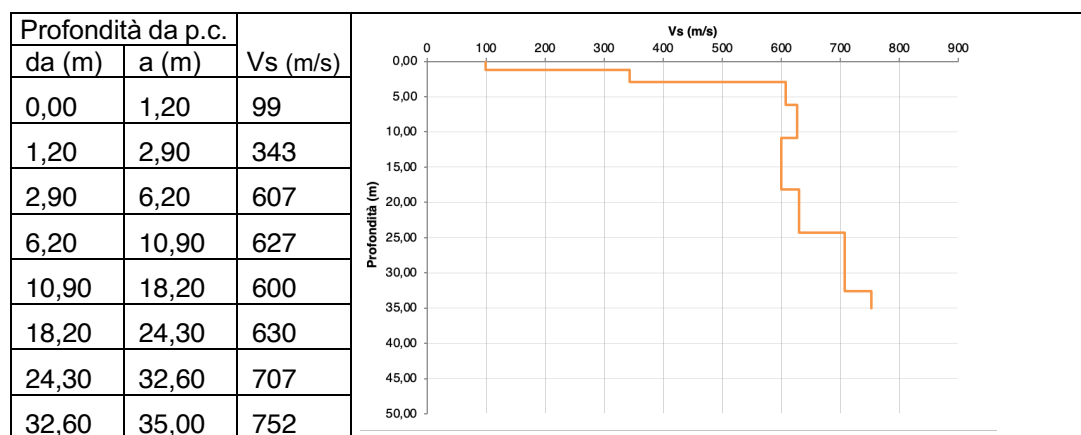
La vicina prova penetrometrica (PP9) ha individuato il passaggio copertura superficiale-substrato roccioso intorno alla profondità di 3 m dal p.c. La prova HVSR è caratterizzata da picchi di natura antropica; si osserva un picco a 25 Hz riconducibile al substrato roccioso argillitico posto a pochi metri dal p.c.



MASW10 – Poscante

La MASW ha individuato un sismostrato da poco a mediamente addensato entro i 3 m di profondità ($99 < V_s < 343$ m/s); al di sotto dei 3 m di profondità si ha un brusco aumento nei valori di velocità delle onde di taglio per la presenza del substrato roccioso argillitico ($600 < V_s < 750$ m/s). Non sono stati raggiunti valori di velocità superiori a 800 m/s. La prova penetrometrica PP10 ha registrato il rifiuto strumentale alla profondità di 3 m, con una copertura sciolta sovrastante a nulla-scarza resistenza.

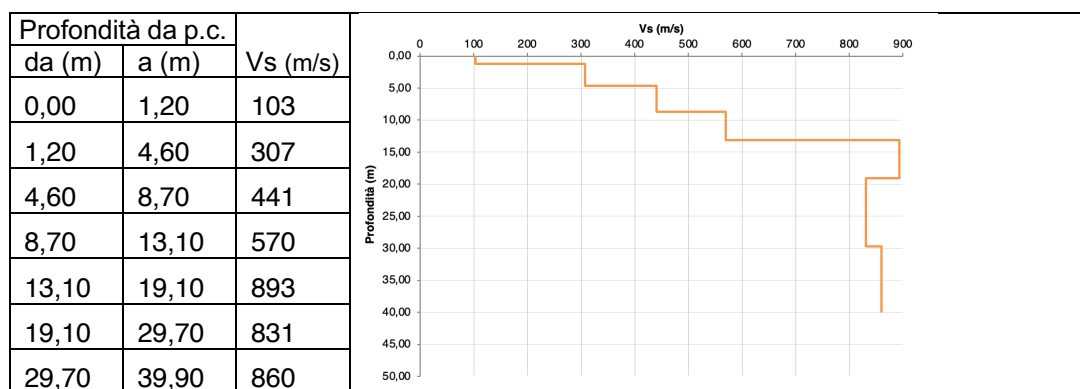
La prova HVSR evidenzia un picco a 18,4 Hz compatibile con un substrato roccioso geologico subaffiorante (< 3 m da p.c.).



MASW11 – Scuola primaria

È presente un sismostrato mediamente addensato entro i 4,6 m di profondità (V_s 307 m/s); segue, fino alla profondità di 13 m circa, un secondo strato addensato, con valori di velocità delle V_s compresi tra 440 e 570 m/s. A maggiore profondità, è stato individuato il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s).

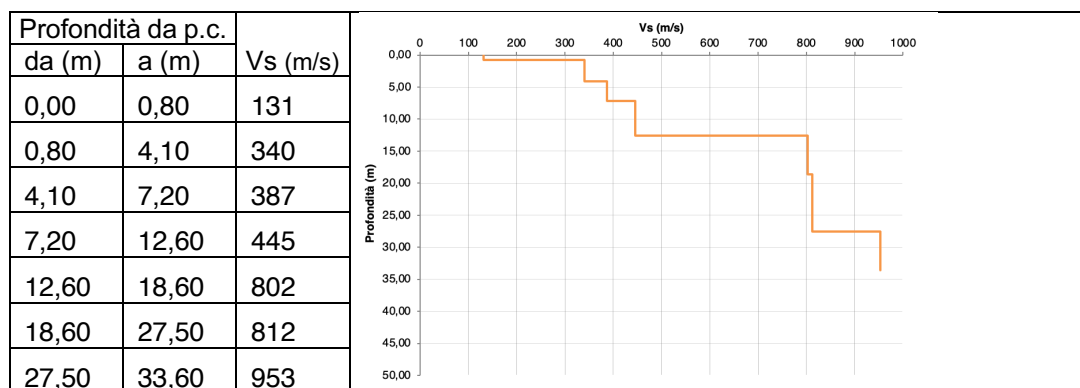
La prova HVSR evidenzia un chiaro picco a 13,6 Hz compatibile con il passaggio copertura superficiale-substrato roccioso individuato intorno a 13 m di profondità da p.c.



MASW12 – Scuola media statale Giovanni XXIII

È presente un sismostrato mediamente addensato entro i 4,1 m di profondità (V_s 340 m/s); dai 4,0 m ai 7,2 m di profondità, i valori di V_s si attestano a 387 m/s, per aumentare fino a 445 m/s entro i 12,6 m. A maggiore profondità, è stato individuato il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s).

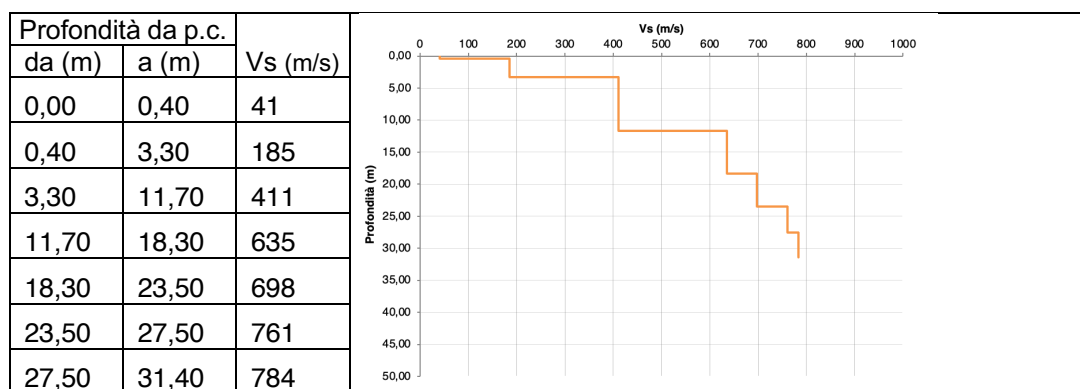
La prova HVSR evidenzia 2 deboli picchi: il picco a maggiore frequenza (10,2 Hz) è compatibile con il top del bedrock sismico.



MASW13 – Stabello

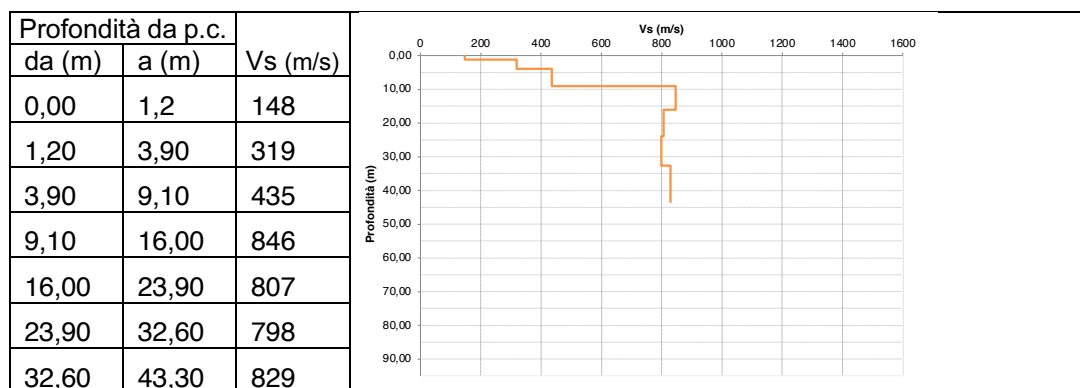
Dal p.c. a 12,0 m di profondità il terreno mostra valori di V_s riconducibili a terreni mediamente addensati (V_s 411 m/s), ricoperti da un sottile strato superficiale molto lento, con V_s inferiori a 200 m/s; segue un orizzonte dove si registra un valore di V_s che aumenta da 635 a oltre 700 m/s; trattasi del substrato roccioso locale, costituito dall'Argillite di Riva di Solto.

La prova HVSR evidenzia 2 picchi a 5,2 e 28 Hz.

**MASW14 – via Locatelli**

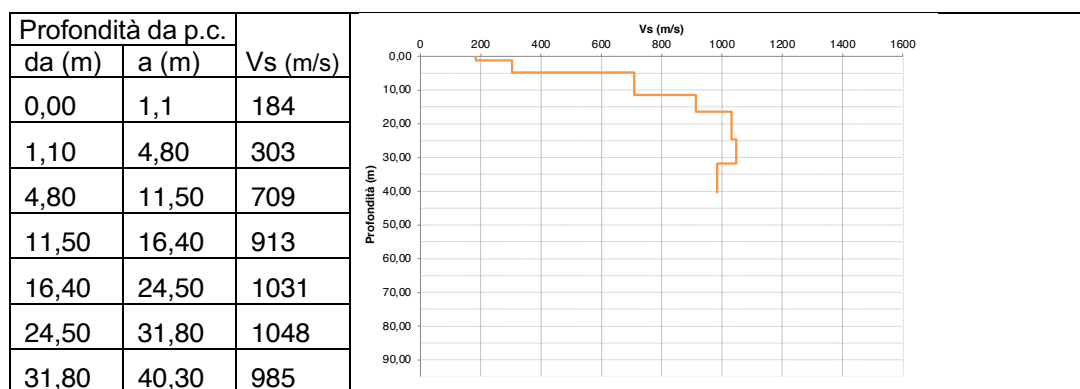
È presente uno strato molto lento (V_s 148 m/s) dal p.c. a 1,2 m di profondità, seguito da terreni con valori di V_s che oscillano tra 320 e 430 m/s circa fino alla profondità di 9,0 m; segue un orizzonte dove si registrano valori di V_s superiori a 800 m/s; trattasi del substrato roccioso locale.

La prova HVSR evidenzia un chiaro picco alla frequenza di 15,7 Hz, riconducibile al top del bedrock fratturato.

**MASW15 – via Spino al Brembo**

È presente uno strato molto lento (V_s 118 m/s) dal p.c. a 1,1 m di profondità, seguito uno strato mediamente addensato con valori di V_s pari a 303 m/s, presente fino alla profondità di circa 5,0 m; seguono sismostrati con valori di V_s elevati, superiori a 800 m/s; trattasi del substrato roccioso locale.

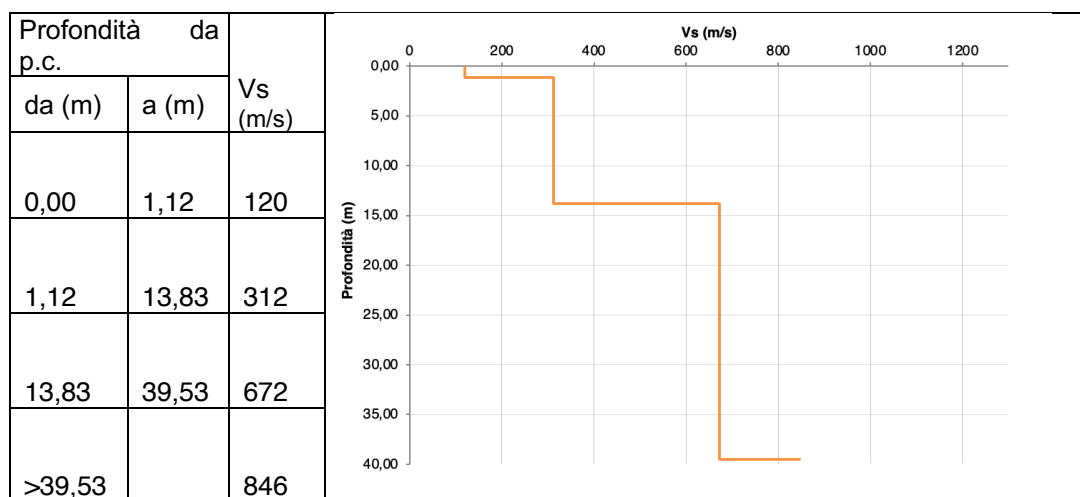
Dalla prova HVSR emerge un debole picco alla frequenza di 18,4 Hz, riconducibile al top del bedrock argillitico.



Risultati indagini geofisiche pregresse

Via Locatelli 110

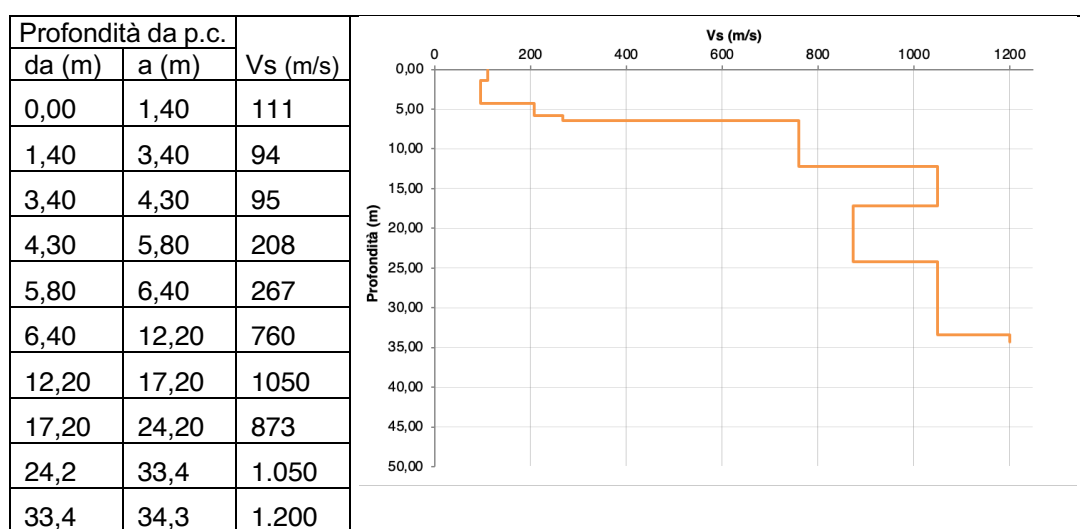
Terreni da sciolti a mediamente addensati entro i 14 m circa di profondità dal p.c. con valori di Vs tra 120 e 312 m/s; a seguire orizzonte compatto, riconducibile al bedrock geologico argillitico caratterizzato da Vs pari a 670 m/s. Oltre i 39 m di profondità, i valori di Vs superano gli 800 m/s (bedrock sismico).



Via Cesare Battisti

Il profilo sismico mostra la presenza di terreno scarsamente addensati di riporto e/o rimaneggiati fino a 4,3 m di profondità, caratterizzati da valori di Vs molto bassi ($V_s < 200$ m/s); segue un orizzonte mediamente addensato con Vs comprese tra 208 e 267 m/s, rinvenuto fino alla profondità di 6,4 m dal p.c.; a maggiore profondità si ha un brusco aumento dei valori di velocità delle onde di taglio (V_s 760 m/s)

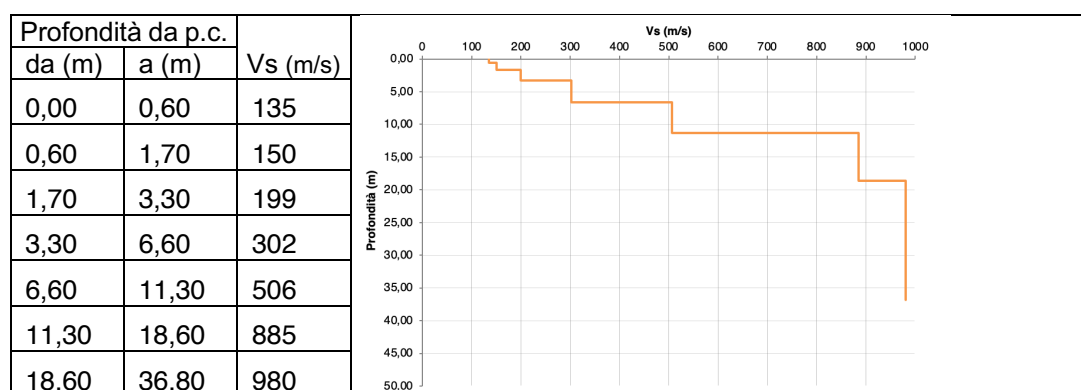
per uno spessore di 6,0 m circa. Alla profondità di 12 m è stato individuato il bedrock sismico con $V_s > 800$ m/s, corrispondente al substrato geologico locale. I dati stratigrafici dei sondaggi a carotaggio continuo effettuati nell'immediato intorno, indicano difatti la presenza di terreni ben addensati granulari dal p.c. fino ai 12 m di profondità, in parte ricoperti da orizzonti granulometricamente analoghi ma rimaneggiati e quindi con minor grado di addensamento.



Via Tessi – Spino al Brembo

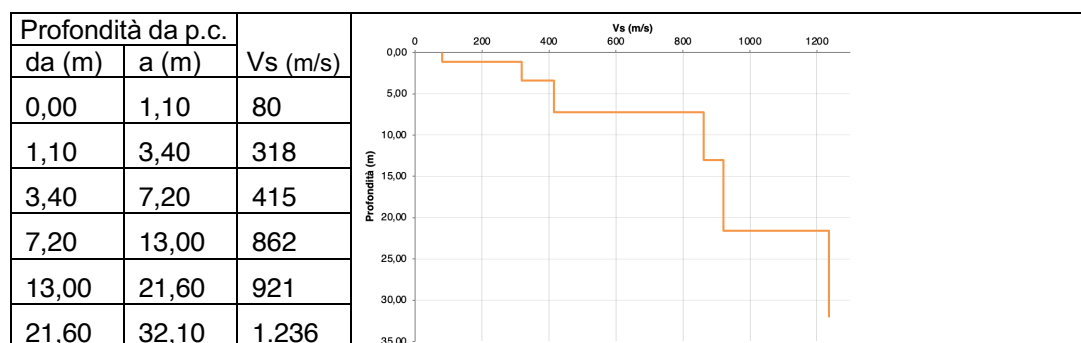
Entro i primi 3,0 m di profondità il terreno mostra valori di V_s molto bassi, inferiori a 200 m/s, riconducibile a uno scarso addensamento del terreno; segue un sismostrato avente uno spessore di 3,0 m circa con valori di V_s di 300 m/s circa: trattasi di terreni da poco a mediamente addensati; la presenza di tale orizzonte e di quello soprastante a bassa velocità, per uno spessore complessivo di 6,0 m circa, trova una discreta-buona corrispondenza con i dati delle prove penetrometriche effettuate in sito. A maggiore profondità si registra un valore di V_s pari a 500 m/s per uno spessore di 5,0 m circa, seguito da un brusco aumento delle velocità di propagazione delle onde di taglio, con valori superiori a 800 m/s a partire dagli 11 m di profondità; trattasi di orizzonti veloci, con buona probabilità riconducibili al substrato roccioso locale e/o da strati di conglomerato cementato presenti nella copertura superficiale.

La prova HVSR evidenzia un picco a 8 Hz compatibile con il top del bedrock sismico individuato a 11 m.



Traversa Roggia Traini

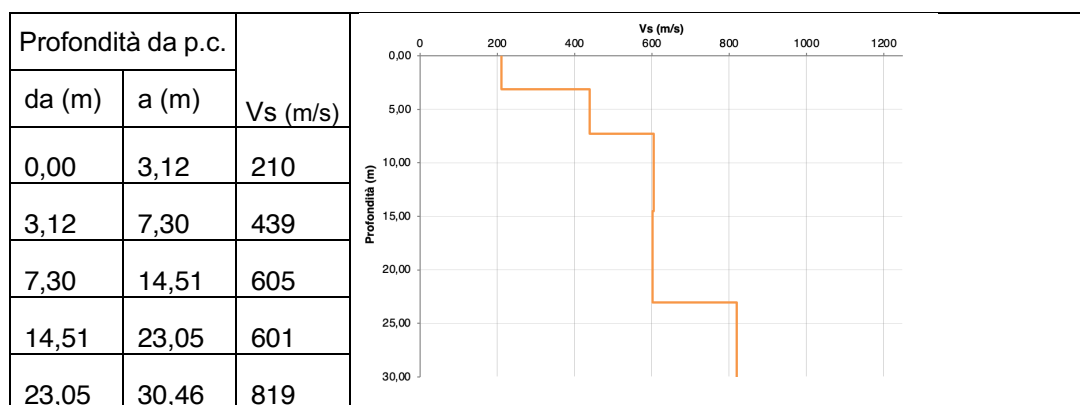
Dalle indagini geofisiche effettuate in sito (MASE e HVSR) si evidenziano i seguenti sismostrati a partire dal piano campagna considerato nel punto di esecuzione dello stendimento: nel primo metro di profondità da p.c. il terreno mostra valori di Vs di 80 m/s, riconducibili a terreni poco addensati; oltre il primo metro e fino a 7,0 m da piano campagna, il terreno mostra valori di Vs compresi tra 318 e a 415 m/s, riconducibili a terreni mediamente addensati; al di sotto di tale orizzonte i valori di Vs aumentano nettamente e crescono con la profondità, da 860 m/s a 1.230 m/s circa (bedrock sismico coincidente con il bedrock geologico). Il picco di frequenza registrato dalla prova HVSR è pari a 13 Hz.



Via Romacolo 23

L'indagine MASW effettuata lungo la via Romacolo 23, nel tratto in sponda sinistra del Brembo, ha individuato la presenza di un primo sismostrato lento (Vs

210 m/s) dal p.c. alla profondità di 3,12 m; dai 3,12 ai 7,3 m di profondità lo stato di addensamento aumenta in modo significativo, con valori di V_s pari a 439 m/s, per uno spessore di 4 m circa. Oltre i 7,3 m, i valori di V_s si attestano pari a 600 m/s circa per uno spessore di 16 m, probabilmente per la presenza del substrato argillitico; a 23 m di profondità dal p.c. è stato rilevato il bedrock sismico con $V_s > 800$ m/s.



Definizione della categoria di suolo

La determinazione del valore di V_{seq} dalle indagini geofisiche di nuova acquisizione e dalle indagini pregresse effettuate all'interno del territorio comunale, consente di definire la categoria di suolo secondo la Tab. 3.2.II del D.M. 17.01.2018.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 3.2.II NTC 2018

Indagini di nuova acquisizione			
Stendimento	Località	V _{seq} (m/s)	Categoria di suolo ai sensi del D.M. 17.01.2018
MASW1	Zona industriale via Locatelli	326	E
MASW2	Inzogno	347	E
MASW3	Piazza IV Novembre	476	B
MASW4	Grumello de Zanchi	483	B
MASW5	Lallio	459	B
MASW6	Endenna	467	B
MASW7	Somendenna	523	B
MASW8	Camonier	467	B
MASW9	Castegnone	524	B
MASW10	Poscante	503	B
MASW11	Scuola primaria	330	E
MASW12	Scuola media statale Giovanni XXIII	351	E
MASW13	Stabello	420	B
MASW14	Via Locatelli	319	E
MASW15	Via Spino al Brembo	417	B

Indagini pregresse			
Indagine geofisica	Località	V _{seq} (m/s)	Categoria di suolo ai sensi del D.M. 17.01.2018
HVSR	Via Locatelli, 110	405	B
MASW	Via Cesare Battisti	462*	B
MASW	via Tessi – Spino al Brembo	283	E
MASW	Traversa – Roggia Traini	237	E
MASW	Via Romacolo, 23	457	B

*velocità calcolata partire dal piano di posa delle fondazioni di progetto; il materiale sciolto individuato entro i primi 4 m di profondità sarà asportato dall'intervento edilizio di progetto

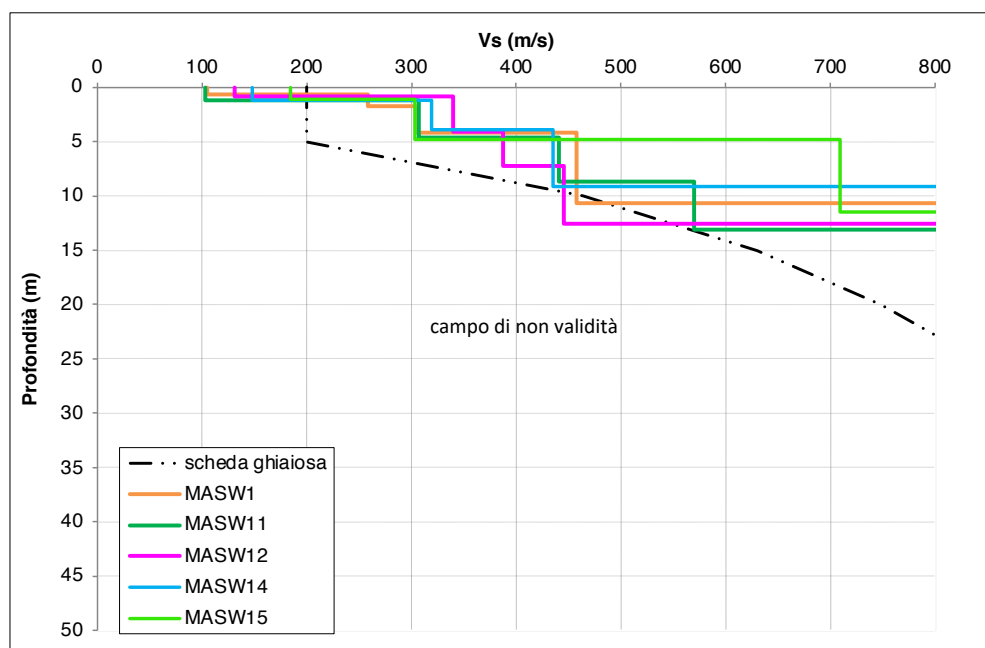
Scheda litologica di riferimento

A fronte dell'andamento delle Vs elaborato per ciascuna indagine geofisica disponibile, unitamente alla zonizzazione litostratigrafica effettuata a livello comunale, emerge che le schede di valutazione regionali utilizzate sono:

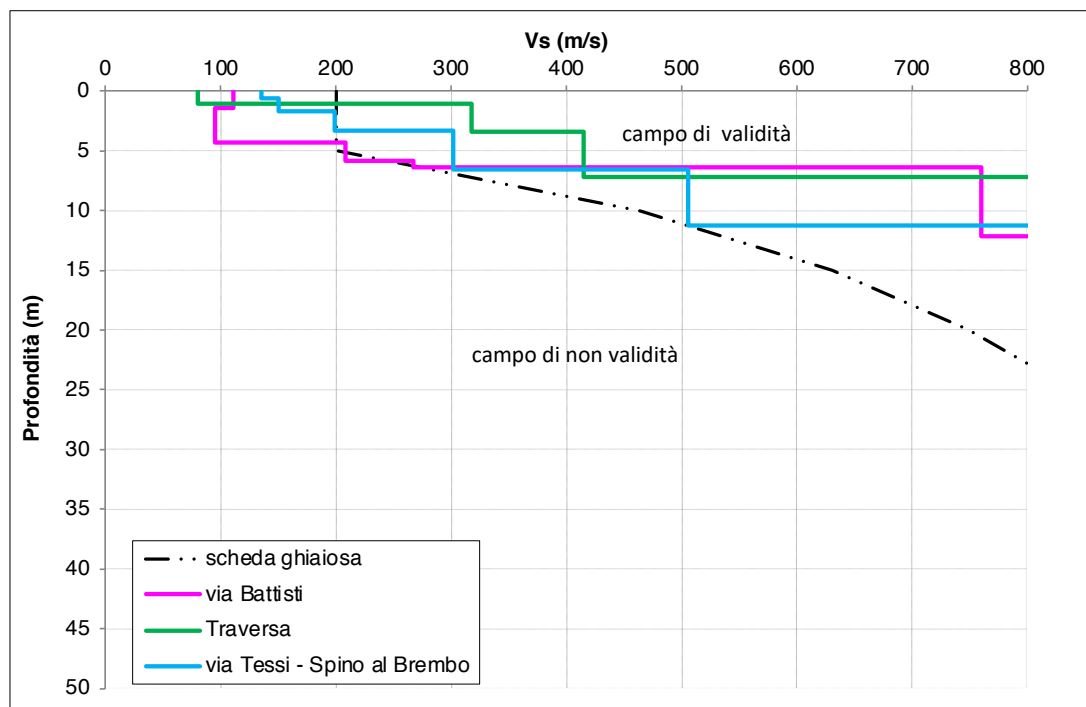
- scheda ghiaiosa;
- scheda limoso-argillosa tipo 1;
- scheda limoso-argillosa tipo 2;
- scheda limoso-sabbiosa tipo 1.

Si riportano in allegato gli abachi di calcolo.

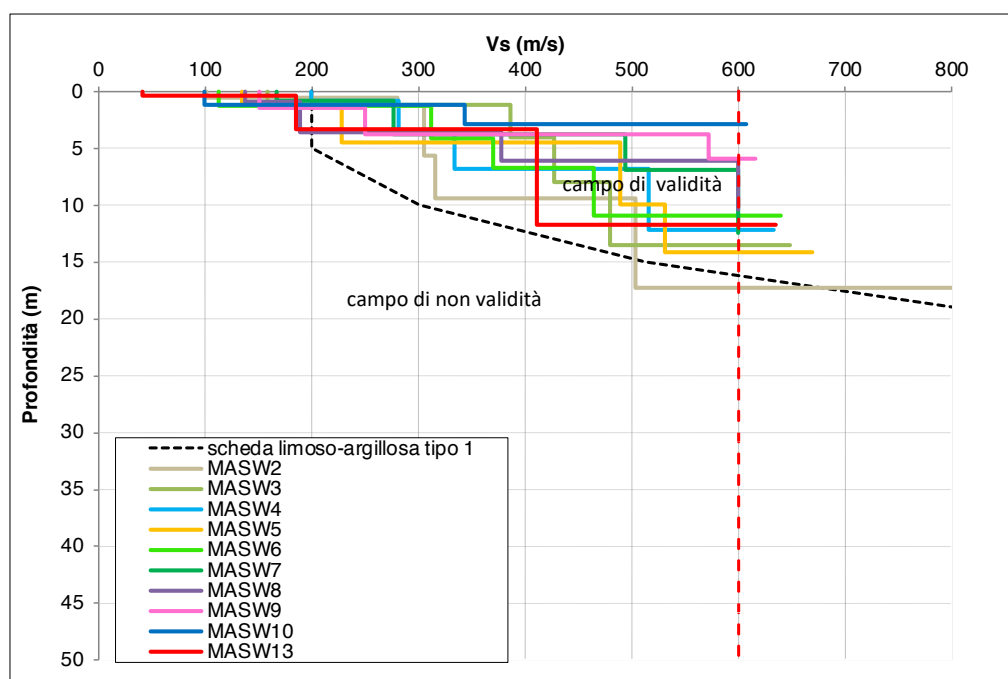
Nei grafici seguenti è visibile il profilo di velocità delle onde di taglio per ciascuna area investigata e la curva rappresentativa del limite di validità di ciascuna scheda.



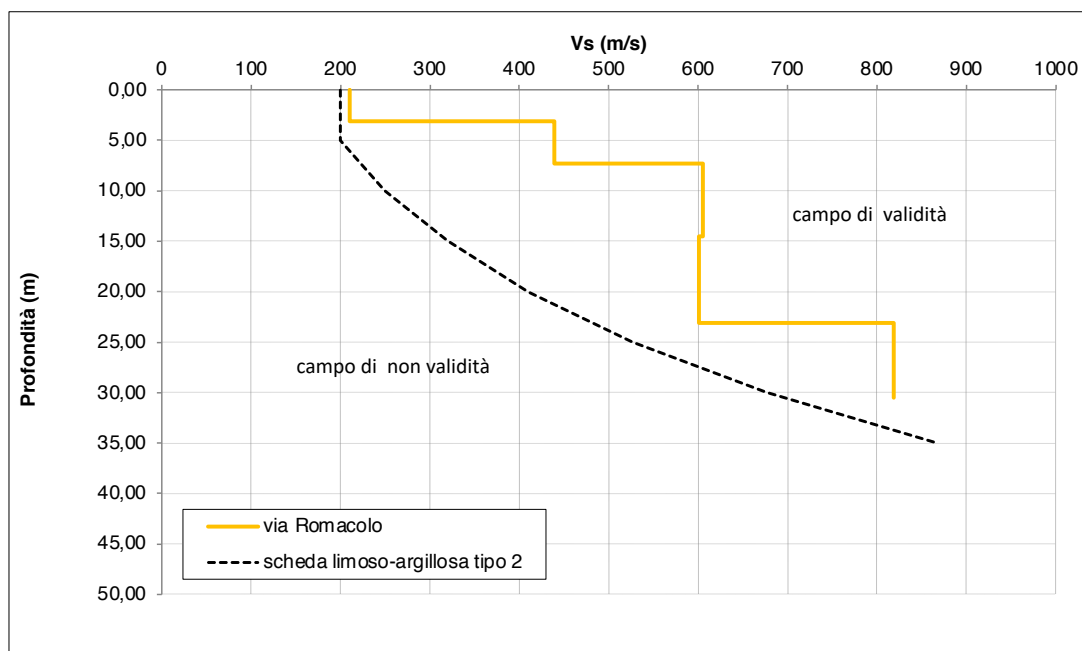
Andamento delle V_s desunte dalle indagini geofisiche di nuova acquisizione rispetto alla curva rappresentativa della scheda ghiaiosa



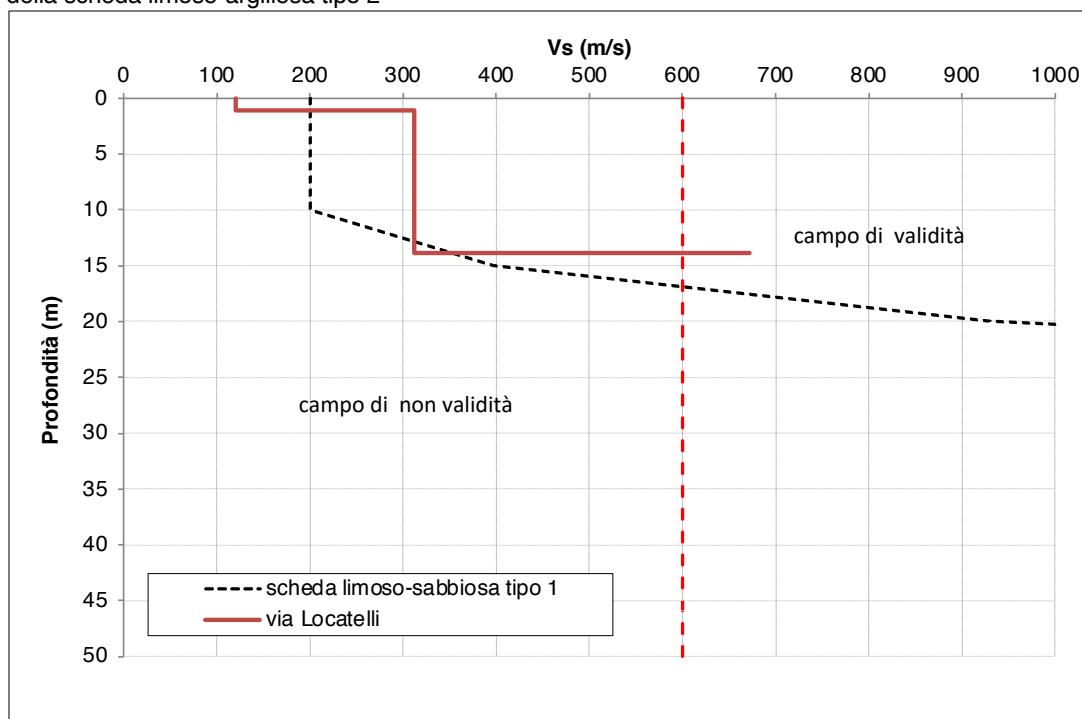
Andamento delle V_s desunte dalle indagini geofisiche pregresse rispetto alla curva rappresentativa della scheda ghiaiosa



Andamento delle V_s desunte dalle indagini geofisiche di nuova acquisizione rispetto alla curva rappresentativa della scheda limoso-argillosa tipo 1



Andamento delle Vs desunte dalle indagini geofisiche pregresse rispetto alla curva rappresentativa della scheda limoso-argillosa tipo 2



Andamento delle Vs desunte dalle indagini geofisiche pregresse rispetto alla curva rappresentativa della scheda limoso-sabbiosa tipo 1

Calcolo del fattore di amplificazione – FAC

Per ciascuna area investigata, è stato calcolato il periodo T considerando la stratigrafia del terreno fino alla profondità in cui il valore di Vs è uguale o superiore a 800 m/s o come già detto in precedenza, laddove le Vs con velocità inferiore a 800 m/s siano riconducibili alla presenza di substrato geologico argillitico (Argillite di Riva di Solto), con significativo contrasto di impedenza tra substrato-copertura; il valore di Vs dello strato superficiale è stato considerato con uno spessore non inferiore ai 4 m, come riportato nell'Allegato 5.

Si riportano di seguito i valori di Vs relativi allo strato superficiale, il periodo T, la tipologia di scheda litologica e la curva dell'abaco utilizzata per il calcolo del fattore di amplificazione (FAC).

Sito	Località	Cat. Suolo NTC2018	Vs strato superficiale (m/s)	Periodo T	Scheda di valutazione	Curva abaco	FAC _{0,1+0,5}	FAC _{0,5+1,5}
1	Zona industriale	E	224	0,11	G	2	1,29	1,03
2	Inzogno	E	256	0,18	LA1	2	1,55	1,08
3	P.zza IV Novembre	B	269	0,13	LA1	2	1,39	1,05
4	Grumello de Zanchi	B	289	0,12	LA1	2	1,37	1,04
5	Lallio	B	192	0,09	LA1	1	1,26	1,02
6	Endenna	B	200	0,12	LA1	1	1,51	1,04
7	Somendenna	B	315	0,08	LA1	2	1,16	1,01
8	Camonier	B	222	0,09	LA1	1	1,31	1,02
9	Castegnone	B	262	0,07	LA1	2	1,12	1,00
10	Poscante	B	343	0,05	LA1	3	1,00	1,00
11	Scuola primaria	E	202	0,13	G	2	1,32	1,04
12	Scuola media statale Giovanni XXIII	E	259	0,13	G	3	1,23	1,04
13	Stabello	B	255	0,14	LA1	2	1,41	1,05
14	Via Locatelli	E	319	0,10	G	3	1,17	1,02
15	Via Spino al Brembo	B	264	0,07	G	3	1,11	1,00
16	Via Locatelli, 110	B	312	0,19	LS1	3	1,39	1,10
17	Via Cesare Battisti	B	208	0,18	G	2	1,47	1,07
18	via Tessi – Spino	E	302	0,13	G	3	1,23	1,04
19	Traversa Roggia Traini	E	239	0,09	G	2	1,20	1,01
20	Via Romacolo, 23	B	299	0,18	LA2	3	1,03	1,00

Al di fuori delle aree indagate, non si esclude che le condizioni litostratigrafiche possano essere differenti rispetto a quelle considerate, determinando fattori di amplificazione diversi da quelli proposti.

Si riportano nelle seguenti tabelle i risultati ottenuti per i due intervalli di riferimento (0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s), confrontati con i valori soglia regionali (FAS).

ANALISI SISMICA II LIVELLO – AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE 0,1-0,5 s					
Sito	Località	Categoria di suolo NTC2018	FAC_{0,1+0,5 s}	FAS_{0,1+0,5 s} (±0,1)	Confronto tra FAC e FAS
1	Zona industriale	E	1,3	2,0	Verifica soddisfatta
2	Inzogno	E	1,6	2,0	Verifica soddisfatta
3	P.zza IV Novembre	B	1,4	1,4	Verifica soddisfatta
4	Grumello de Zanchi	B	1,4	1,4	Verifica soddisfatta
5	Lallio	B	1,3	1,4	Verifica soddisfatta
6	Endenna	B	1,5	1,4	Verifica soddisfatta
7	Somendenna	B	1,2	1,4	Verifica soddisfatta
8	Camonier	B	1,3	1,4	Verifica soddisfatta
9	Castegnone	B	1,1	1,4	Verifica soddisfatta
10	Poscante	B	1,0	1,4	Verifica soddisfatta
11	Scuola primaria	E	1,3	2,0	Verifica soddisfatta
12	Scuola media statale Giovanni XXIII	E	1,2	2,0	Verifica soddisfatta
13	Stabello	B	1,4	1,4	Verifica soddisfatta
14	Via Locatelli	E	1,2	2,0	Verifica soddisfatta
15	Via Spino al Brembo	B	1,1	1,4	Verifica soddisfatta
16	Via Locatelli, 110	B	1,4	1,4	Verifica soddisfatta
17	Via Cesare Battisti	B	1,5	1,4	Verifica soddisfatta
18	via Tessi – Spino	E	1,2	2,0	Verifica soddisfatta
19	Traversa Roggia Traini	E	1,2	2,0	Verifica soddisfatta
20	Via Romacolo, 23	B	1,0	1,4	Verifica soddisfatta

Nella Tav. 10 sono riportati i valori dei fattori di amplificazione calcolati nell'intervallo 0,1÷0,5 s per ciascun sito di indagine.

ANALISI SISMICA II LIVELLO – AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE 0,5-1,5 s					
Sito	Località	Categoria di suolo NTC2018	FAC_{0,5+1,5 s}	FAS_{0,5+1,5 s} (±0,1)	Confronto tra FAC e FAS
1	Zona industriale	E	1,0	3,1	Verifica soddisfatta
2	Inzogno	E	1,1	3,1	Verifica soddisfatta
3	P.zza IV Novembre	B	1,1	1,7	Verifica soddisfatta
4	Grumello de Zanchi	B	1,0	1,7	Verifica soddisfatta
5	Lallio	B	1,0	1,7	Verifica soddisfatta
6	Endenna	B	1,0	1,7	Verifica soddisfatta
7	Somendenna	B	1,0	1,7	Verifica soddisfatta
8	Camonier	B	1,02	1,7	Verifica soddisfatta
9	Castegnone	B	1,0	1,7	Verifica soddisfatta
10	Poscante	B	1,0	1,7	Verifica soddisfatta
11	Scuola primaria	E	1,0	3,1	Verifica soddisfatta
12	Scuola media statale Giovanni XXIII	E	1,0	3,1	Verifica soddisfatta
13	Stabello	B	1,1	1,7	Verifica soddisfatta
14	Via Locatelli	E	1,0	3,1	Verifica soddisfatta
15	Via Spino al Brembo	B	1,0	1,7	Verifica soddisfatta
16	Via Locatelli, 110	B	1,1	1,7	Verifica soddisfatta
17	Via Cesare Battisti	B	1,1	1,7	Verifica soddisfatta
18	via Tessi – Spino	E	1,0	3,1	Verifica soddisfatta
19	Traversa Roggia Traini	E	1,0	3,1	Verifica soddisfatta
20	Via Romacolo, 23	B	1,0	1,7	Verifica soddisfatta

FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE

15 VINCOLI

La carta dei vincoli (Tavv. 11a-d) è stata redatta su tutto il territorio comunale in scala 1:5.000 utilizzando l'aerofotogrammetrico comunale e riportando i vincoli esistenti, secondo le indicazioni di cui ai criteri attuativi della l.r. 12/05.

15.1 Quadro del dissesto

Nella carta dei vincoli viene indicato il quadro del dissesto proposto in aggiornamento al vigente con il presente studio, come meglio specificato nel paragrafo 10 "Analisi del vigente quadro del dissesto, fasce fluviali – Carta PAI-PGRA e proposta di aggiornamento".

Il quadro del dissesto comprende fenomeni legati al trasporto di massa su conoidi, frane, esondazioni e dissesti di carattere torrentizio e valanghe, modificato come descritto nei paragrafi precedenti: aree oggetto di precedenti studi di dettaglio (par. 10.1.1); aree in dissesto di nuova perimetrazione (par. 10.1.2).

15.2 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Delimitazione fasce fluviali

Sono state riportate le fasce fluviali del fiume Brembo definite dal PAI, approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001: sono individuati le aree ed i limiti esterni delle fasce A, B, B di progetto e C presenti sul territorio comunale.

15.3 Vincoli di polizia idraulica: fasce di rispetto Reticolo idrico Principale e fasce di rispetto Reticolo idrico Minore

Sulla Carta dei Vincoli sono individuate le fasce di rispetto dai corsi d'acqua perimetrate ai sensi della normativa vigente per il Reticolo Idrico Principale e definite nel Reticolo Idrico Minore.

Il Reticolo Idrico Principale (RIP), di competenza regionale, comprende il fiume Brembo, i torrenti Possogno ed Ambria ed il Rio Grumello dé Zanchi: per tali

corpi idrici è stata conservata la fascia di rispetto assegnata dalla Regione Lombardia pari a 10 (dieci) metri, (R.D. 523 del 25/07/1904), evidenziata con apposita grafica.

Con D.G.R. n. 7/7868 del 25 gennaio 2002 "Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato dall'art. 3 comma 114 della L.R. 1/2000 – Determinazione dei canoni di polizia idraulica", successivamente modificata con D.G.R. n. 7/13950 del 1 agosto 2003 la Regione Lombardia ha disposto che le Amministrazioni Comunali provvedano alla definizione del Reticolo Idrico Minore.

Il Comune di Zogno si è dotato dello studio per la determinazione del reticolo idrico minore: sono stati individuati ed identificati cartograficamente i corsi d'acqua, perimetrate le relative fasce di rispetto e definite le norme tecniche di attuazione per il controllo e la gestione delle attività inerenti il reticolo stesso.

Secondo le indicazioni fornite dalla Sede territoriale di Bergamo della Regione Lombardia per il Reticolo Idrico Minore, è stata generalmente adottata una fascia minima di rispetto lungo i corsi d'acqua a cielo aperto di 10 m, considerata da ciascun ciglio di sponda stabile o, se non presente, dall'alveo stesso.

Si evidenzia che, per distanza dai piedi dell'argine, si intende la distanza non solo delle opere arginali, ma anche delle scarpate morfologiche stabili (Consiglio di Stato 01.06.1988 e sentenza della Corte di Cassazione del 24.06.1969 n. 2494).

In assenza di opere fisse, la distanza è da calcolare a partire dal ciglio superiore della riva incisa.

La fascia di rispetto lungo i tratti coperti è stata delimitata considerando una distanza minima di 10 m per lato (**fascia di 10 m**), calcolata a partire dal limite esterno del sedime del torrente, o dal ciglio esterno della tubatura se conosciuto.

Limitatamente ad alcuni tratti di alveo a cielo aperto o intubati, ricadenti nel centro edificato (riportati nei documenti cartografici allegati con simbologia specifica), è possibile la riduzione a 5 m della fascia di rispetto, solo a seguito di interventi manutentivi e strutturali (**fascia di 10 m riconducibile a 5 m**).

Fasce di rispetto inferiori a 10 m, comunque non minori di 5 m, sono state

posizionate su tratti d'alveo a cielo aperto o intubati con particolari condizioni idrauliche e morfologiche. Sono state individuate fasce di rispetto inferiori ai 10 m solo su alcuni tratti di corsi d'acqua che attraversano il centro edificato: tale scelta è da ricondursi alle caratteristiche morfologiche delle zone attraversate, alla realizzazione di opere idrauliche di deviazione del deflusso idrico superficiale nonché a limitate portate legate a corsi d'acqua di ridotta lunghezza e a bacini di alimentazione ridotti.

Le attività vietate o soggette ad autorizzazione comunale all'interno delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore, sono normate dal R.D. n. 523/1904 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie" e successive revisioni, relativamente agli artt. 96, 97 e 98, Capo VII - Polizia delle acque pubbliche, nel D.Lgs 152/99, come modificato dal D.Lgs. 152/2006, nella DGR 7/13950 e successive m.i.

Trattandosi di vincoli preordinati, che non vanno riportati nella carta di fattibilità geologica per le azioni di piano, si riportano di seguito le attività vietate all'interno degli alvei e delle fasce di rispetto:

1. Qualsiasi tipo di edificazione, inteso come qualunque tipo di fabbricato per il quale sono previste opere di fondazione, anche in sotterraneo.
2. La ristrutturazione dei fabbricati con demolizione e ricostruzione (D.P.R. 380/2001, ex legge 457/78 art. 31 lettera d, e successiva L.R. 12/2005).
3. Movimenti terra, a distanza dal ciglio superiore della sponda stabile minore di 10 m, che alterino in modo sostanziale e stabilmente il profilo del terreno con la sola eccezione di quelli connessi ai progetti di recupero ambientale e di realizzazione di piste ciclo-pedonali, di bonifica e di messa in sicurezza dal rischio idraulico.
4. Opere in sotterraneo (piani interrati di edifici o garage).
5. Qualsiasi tipo di recinzione od interclusione delle fasce di rispetto. Le recinzioni in muratura con fondazioni sono assimilate ai fabbricati, mentre quelle realizzate con pali amovibili e rete metallica potranno essere posizionate ad una distanza non inferiore a 4 m dal ciglio di sponda.

6. Opere di tombinatura, ai sensi ex-art. 41 del D.Lgs 152/99 e successive integrazioni; fatta salva l'esigenza di copertura per ragioni di pubblica incolumità delle persone, igiene e salute pubblica, accertata la compatibilità idraulica e comprovato il miglioramento nell'assetto del territorio interessato (art. 41, comma 1, D.Lgs. 152/99, come modificato dal successivo D.Lgs 152/2006).
7. Qualsiasi trasformazione e manomissione, all'interno del corpo idrico, che non sia volta al disinquinamento, al miglioramento della vegetazione riparia, al miglioramento del regime idraulico, alla manutenzione delle infrastrutture idrauliche e alla realizzazione dei percorsi di attraversamento.
8. Realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti (art. 41, comma 1, D.Lgs. 152/99, come modificato dall'art. 115 comma 1 del D.Lgs 152/2006).
9. Realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue.

Ferme restando le norme vigenti a carattere nazionale e regionale, possono essere realizzate le seguenti opere, previa autorizzazione:

1. Interventi di manutenzione straordinaria, di restauro conservativo e di risanamento igienico, di ristrutturazione senza ampliamento volumetrico degli edifici esistenti, così come definiti alle lettere a), b), c) dell'art. 31 della Legge 457/78 e successivamente recepiti dalla L.R. 12/2005, senza aumenti della superficie calpestabile esterna all'edificio.
2. Demolizione senza ricostruzione di fabbricati esistenti, ovvero parziale demolizione con miglioramento delle condizioni idrauliche e di accesso per manutenzione.
3. Interventi di mitigazione della vulnerabilità di edifici e di impianti esistenti e a tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo.

4. Manutenzione straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico, di restauro conservativo e risanamento igienico di beni di interesse culturale, compatibili con le norme di tutela delle fasce.
5. Interventi di recupero dei territori perifluviali ad uso ricreativo, come la formazione di percorsi pedonali e ciclabili, parchi pubblici e aree a verde pubblico in genere, a distanza non inferiore a 4 m dal ciglio superiore della scarpata, previa adozione di misure di sicurezza per garantire l'incolumità pubblica, comunque tali da non interferire con periodiche operazioni di manutenzione e pulizia dei corsi d'acqua.
6. Sistemazioni a verde compatibili con le norme di tutela delle fasce.
7. Reti tecnologiche, elettriche, telefoniche, acquedotti, fognature, ecc.; tali interventi devono garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni a cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti. In caso di sottoservizi (reti interrati) gli stessi dovranno essere posizionati ad una distanza non inferiore a 4 m dal ciglio superiore della scarpata fluviale.
8. Interventi che non comportino alterazioni del regime naturale del corso d'acqua.
9. Opere di regimazione idraulica finalizzate al riassetto dell'equilibrio idrogeologico, al ripristino della funzionalità della rete di deflusso superficiale, alla messa in sicurezza dei manufatti e delle strutture, alla rinaturalizzazione spontanea, al miglioramento generale della qualità ecobiologica.
10. Difese radenti che non comportino diminuzione della sezione dell'alveo e non sporgano dalla quota del piano campagna.
11. Muri spondali verticali o ad elevata pendenza unicamente all'interno dei centri abitati e solo dove non siano possibili ragionevoli alternative di intervento.
12. Modifiche di percorso a condizione che siano garantiti il mantenimento della funzionalità idraulica e la capacità di smaltimento delle acque.
13. La realizzazione, senza la preventiva concessione idraulica, richiedendo la sola autorizzazione provvisoria, di tutte quelle attività che rivestono carattere di urgenza ai fini della tutela dell'incolumità pubblica e della sicurezza di opere pubbliche.

14. Attraversamenti (ponti, gasdotti, fognature, tubature ed infrastrutture e reti in genere), realizzati secondo le modalità stabilite nel successivo capitolo.
15. Interventi alle strutture connesse all'utilizzo e gestione dei canali di derivazione.
16. Scarichi in corsi d'acqua, realizzati secondo le modalità stabilite nel successivo capitolo.

Ogni richiesta di intervento potrà essere concessa previa autorizzazione da parte del Comune (Ente gestore), che subordinerà il ritiro del "permesso di costruire" (o prevedendone l'acquisizione preventiva in caso di DIA), alla presentazione e approvazione della richiesta di autorizzazione secondo le modalità successivamente indicate.

15.4 Aree di salvaguardia delle captazioni delle acque destinate al consumo umano – aree di tutela assoluta e di rispetto

15.4.1 Acque asservite alla rete acquedottistica

Per le captazioni ad uso idropotabile presenti nel territorio di Zogno, e per quelle dei confinanti comuni, sono state riportate le zone di tutela assoluta e rispetto, individuate con criterio geometrico così come indicato da Uniacque S.p.A.

15.4.2 Acque minerali naturali

Sul territorio comunale di Zogno sono presenti due aree di concessione mineraria "Sorgente Flavia" e "Nuova Fonte" all'interno delle quali vi sono quattro captazioni di acqua minerale naturale denominate: Flavia, Flavia 2, Nuova Fonte e Nuova Fonte 2.

Le aree di salvaguardia delle captazioni sono state perimetrate e recepite nelle autorizzazioni provinciali, rilasciate dall'ufficio acque minerali territorialmente competente:

- D.D. n. 2810 del 05/12/2022 - Aggiornamento della concessione mineraria di acqua minerale naturale denominata "Nuova Fonte", sita nel comune di Zogno, ditta concessionaria Bracca Acque Minerali S.p.a., con

l'individuazione delle aree di salvaguardia ai sensi del d.lgs. n. 176 del 08/10/2011 e del d.m. 10 febbraio 2015;

- D.D. n. 2811 del 05/12/2022 - Aggiornamento della concessione mineraria di acqua minerale naturale denominata "Sorgente Flavia", sita nel comune di Zogno, ditta concessionaria Bracca Acque Minerali S.p.a., con l'individuazione delle aree di salvaguardia ai sensi del d.lgs. n. 176 del 08/10/2011 e del D.M. 10 febbraio 2015.

La carta dei vincoli recepisce le perimetrazioni riportate nella documentazione cartografica allegata quale parte integrante alle determinazioni sopra richiamate.

In particolare, per tutte le emergenze la zona di tutela assoluta è rappresentata da un'area circolare con di raggio pari a 10 m; le zone di rispetto sono state individuate con criterio geometrico per l'emergenza Flavia 2 (area con raggio di 200 m attorno alla captazione), con criterio idrogeologico per le sorgenti Flavia, Nuova Fonte e Nuova Fonte 2.

L'utilizzo delle aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano (sia idropotabili sia minerali naturali), è disciplinato come segue dall'art.94 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.:

- La zona di tutela assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni: essa, in caso di acque sotterranee e, ove possibile, per le acque superficiali, deve avere un'estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e dev'essere adibita esclusivamente a opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio.
- La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa. In particolare, nella zona di rispetto sono

vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a) dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade;
- e) aree cimiteriali;
- f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- h) gestione di rifiuti;
- i) stoccaggio di prodotti ovvero, sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- j) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- k) pozzi perdenti;
- l) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

Per gli insediamenti o le attività di cui sopra, preesistenti, ove possibile, e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza. Entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore della parte terza del presente decreto le regioni e le province autonome disciplinano, all'interno delle zone di rispetto, le seguenti strutture o attività:

1. fognature;

2. edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
3. opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio;
4. pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione di cui alla lettera c) di cui sopra.

15.4.3 Vincoli derivanti dal PTR

La normativa definisce che debbano essere identificati i perimetri delle infrastrutture strategiche di interesse regionale (vasche di laminazione) contenute nella Tabella "Progetti di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo" dell'elaborato SO1 "Obiettivi prioritari di interesse regionale e sovra regionale – Obiettivi prioritari per la difesa del suolo" del Piano Territoriale Regionale.

Non vi sono previsioni in ambito comunale sulla base dell'aggiornamento del PTR avvenuto con DGR IX/2616/2011.

15.4.4 Geositi

Ai sensi dell'Allegato 14 della DGR IX/2616/2011, devono essere individuati i beni geologici già soggetti a forme di tutela.

La zona di Endenna-Poscante è stata definita di "valore paesaggistico ed ambientale a spiccata connotazione geologica (geositi)" e rientra nel Piano Paesaggistico Regionale. Anche i banchi a Coralli della Corna Rossa rientrano tra i geositi regionali. La soprintendenza per i beni archeologici della Regione Lombardia - beni paleontologici individua con un segno grafico puntuale, non areale, questi geositi. La carta geomorfologica riporta tali indicazioni senza poter delimitare delle aree a cui applicare le norme specifiche.

Su questo geosito valgono le seguenti prescrizioni: gli interventi e le attività che coinvolgono le zone di Poscante (località Lallio) ed Endenna (versante digradante verso la Valle Bruciata), con particolare riferimento a scavi realizzati all'interno delle formazioni del Calcare di Zorzino e dell'Argillite di Riva di Solto e l'area del banco corallifero della Corna Rossa, dovranno essere soggetti a monitoraggio, tramite un piano proposto dal committente e approvato dall'Amministrazione Comunale, finalizzato ad una verifica dell'eventuale contenuto fossilifero delle aree di intervento. È fatto obbligo al direttore lavori, in caso di ritrovamento casuale di

materiale fossilifero, di darne immediata comunicazione, tramite l'Amministrazione comunale, alla Soprintendenza per i Beni Archeologici regionale.

16 SINTESI

16.1 Criteri

Alla luce delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche riscontrate, tenendo conto dei vincoli che condizionano il territorio, è stata redatta la carta di sintesi alla scala 1:5.000, estesa all'intero territorio comunale (Tav. nn. 14a-d).

La carta di sintesi degli elementi di tecnici riporta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità mediante l'individuazione di poligoni che definiscono omogenee porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico e geotecnica e vulnerabilità idraulica ed idrogeologica.

Per la delimitazione di tali aree sono stati seguiti i criteri indicati nella direttiva regionale, adattandoli alla realtà comunale integrata con specifiche classificazioni non contemplate nella direttiva stessa.

La sintesi degli elementi di pregiudizio riguardo l'attuazione degli interventi edilizi o di trasformazione d'uso del suolo considerati sono relative ai seguenti ambiti di pericolosità/vulnerabilità:

- Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (comprendendo sia aree interessate da fenomeni già avvenuti, delimitabili sulla base di evidenze di terreno o di dati storici, sia aree potenzialmente interessate dai fenomeni);
- Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico;
- Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche;
- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.

Con riferimento alla casistica riportata nella sezione 2.2 della DGR IX/2616/2011, i paragrafi seguenti riportano gli elementi di pericolosità/vulnerabilità presenti sul territorio comunale e sintetizzati nella carta di sintesi.

16.2 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti - "V"

Sono state individuate le aree che presentano problematiche, accertate o potenziali, di instabilità lungo i versanti; sono state riconosciute le seguenti aree omogenee:

- Aree di frana attiva (Fa): sono aree perimetrate nella carta del dissesto o perimetrate in seguito ad indagini e sopralluoghi in sito in fase di redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Zogno e recepite come aggiornamento della carta del dissesto PAI-PGRA; trattasi di zone che possono essere interessate da crolli o ribaltamenti e da scivolamenti rotazionali/traslativi.
- Aree di frana quiescente (Fq): sono aree perimetrate nella carta del dissesto o perimetrate in seguito ad indagini e sopralluoghi in sito in fase di redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Zogno e recepite come aggiornamento della carta del dissesto PAI-PGRA. Interessano aree localizzate, potenzialmente interessate da franamenti superficiali, scivolamenti, crolli ovvero da una ripresa di movimenti avvenuti nel passato. In tale classe sono state comprese ampie porzioni dei versanti che caratterizzano il territorio comunale di Zogno.
- Aree di frana stabilizzata (Fs): sono aree perimetrate nella carta del dissesto o riconosciute in seguito a sopralluoghi in sito e riportate nella carta del dissesto, come zone interessate da pregressi movimenti franosi superficiali, rotazionali/traslativi o diffusi, attualmente ritenute stabili.
- Aree di frana complessa relitta: trattasi di aree interessate da paleofrane aventi diverse origini; si individuano lungo il versante settentrionale di Monte Castello, a valle dell'abitato di Endenna e nelle località Castegnone, Altemarie e Braga di Poscante.
- Aree soggette a pericolosità potenziale per crolli legati alla presenza di pareti di roccia fratturata: individuano versanti o porzioni di versante ad elevata acclività che non presentano indizi di attività ma la cui conformazione morfologica e la presenza di substrato affiorante, talora fratturato, sono fattori predisponenti al possibile crollo.

- Aree caratterizzate da media suscettività al dissesto per potenziale rotolamento, ribaltamento e/o arresto di blocchi rocciosi disarticolati: individuano versanti o porzioni di versante siti a valle di zone soggette a crollo sono potenzialmente sede di fenomeni gravitativi di piccola entità, connessi con la presenza di blocchi rocciosi disarticolati su aree a media acclività.
- Siti valanghivi da fotointerpretazione (Vm): comprendono i siti valanghivi individuati mediante fotointerpretazione, perimetrati nella cartografia del Sistema Informativo Regionale Valanghe e riportati nella carta del dissesto
- Area di conoide non recentemente attivatasi e protetta (Cn): trattasi del conoide di Stabello, con perimetrazione lievemente modificata (riperimetrazione, con aumento areale verso valle) rispetto a quella recepita nell'atlante dei dissesti del PAI in seguito alle osservazioni presentate dal Comune di Zogno nel corso dell'anno 2002.
- Aree a pericolosità potenziale per la presenza di depositi a granulometria fine su pendio mediamente acclive ($>20^\circ$): corrispondono a versanti a media acclività, caratterizzati dalla presenza di depositi sciolti, talora fini, in spessori maggiori od uguali a 2 m, potenziale sede di scivolamenti superficiali.
- Aree su pendio a media-elevata acclività ($>35^\circ$) con substrato roccioso affiorante/subaffiorante: comprendono buona parte dei versanti che costituiscono il territorio comunale di Zogno. Trattasi di aree a media/elevata acclività, in assenza di una copertura superficiale (depositi sciolti), con spessore significativo.
- Aree su pendio a bassa acclività con la presenza di terreni a granulometria fine o con substrato roccioso affiorante/subaffiorante, senza particolari indizi di dissesto: corrispondono alle porzioni di versante meno acclivi, in corrispondenza delle quali sorgono le principali frazioni del Comune di Zogno e di crinali in cui non sono visibili indizi di attività.

16.3 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico - “Idr”

- Aree interessate da carsismo superficiale e/o poco profondo: sono localizzate nelle zone di Somendenna e Miragolo (versante settentrionale del Monte Castello) e, limitatamente, in località Canto Alto, Grumello, zona

grotte delle Meraviglie, Corna Rossa, dove la presenza di morfologie legate a fenomeni di carsismo superficiale (doline) e un associato sistema carsico poco profondo, favorisce una rapida infiltrazione delle acque superficiali nel sottosuolo.

16.4 Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche - “G”

Sono state individuate le seguenti problematiche:

- Aree con riporti di materiale, aree colmate: sono localmente presenti con estensione limitata su diverse aree del territorio comunale.
- Aree di possibile ristagno: sono state individuate alcune zone di possibile ristagno idrico in occasione di eventi meteorici importanti.

16.5 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico - “I”

Sono state individuate le aree che presentano problematiche, accertate o potenziali, di vulnerabilità dal punto di vista idraulico; sono state riconosciute le seguenti aree omogenee:

- Fascia A definita dal PAI: è stata riportata la perimetrazione della Fascia A, come definita dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.
- Aree P3/H del PGRA - RP: le aree interessate da alluvioni frequenti con Tr 20-50 anni comprendono per lo più l'asta fluviale del fiume Brembo, alveo di piena ordinaria e comprende talora alcune porzioni areali a ridosso del corso d'acqua, rilevate rispetto allo stesso.
- Aree a pericolosità molto elevata (Ee): comprendono le aree soggette a rischio esondazione, perimetrate nell'atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici di cui all'elaborato n. 2 del PAI, individuate in località Al Quadrel.
- Aree P3/H del PGRA - RSCM: trattasi delle aree soggette a pericolosità molto elevata da esondazione (Fascia Ee) e delle aree di conoide attivo (Ca) al confine con Serina, individuate nell'Elaborato n. 2 del PAI.
- Aree caratterizzate da livelli di rischio R4 per esondazione diretta del fiume Brembo: aree derivanti dagli studi di approfondimento effettuati lungo il fiume Brembo.

- Aree di conoide attiva, non protetta (Ca): trattasi di limitati areali al confine con il Comune di Sadrina.
- Fascia B definita dal PAI e fascia C retrostante il limite di progetto tra la fascia B e la fascia C: sono stati riportati i limiti esterni delle fasce B e B di progetto, come definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, ovvero modificate dalla Regione Lombardia (fascia B di progetto in località via Antonio Locatelli). Il limite esterno di fascia B coincide con il limite di fascia A per tutta la parte di monte del corso d'acqua, fino alla località Montegrappa, ove la fascia B si estende oltre la A, a ricomprendere parte del terrazzo fluviale in destra idrografica. La fascia B di progetto è presente in località Bonorè (sinistra idrografica) e lungo il tratto compreso tra via Cesare Battisti e via Locatelli, in destra idrografica; in entrambi i casi le arginature esistenti risultano inadeguate al contenimento della piena duecentennale. Il limite di fascia B di progetto assumerà il valore di limite esterno di fascia B solo a realizzazione o sistemazione e collaudo degli argini fluviali.
- Aree P2/M del PGRA - RP: le aree interessate da alluvioni poco frequenti con Tr 100-200. Le aree a media probabilità di alluvioni – M sono individuate da PRGA in destra idrografica del Brembo in località Ambria; verso sud, all'altezza dell'area mercato sia in destra (zona parco giochi) sia in sinistra idrografica e, proseguendo verso valle, ad interessare una fascia areale quasi continua ove le sponde esistenti risultano inadeguate al contenimento della piena di riferimento. Nella porzione più occidentale del territorio comunale, in via Locatelli, la delimitazione dell'area a scenario M è molto vasta ed interessa l'intera area industriale di via Locatelli.
- Aree P2/M del PGRA - RSCM: trattasi delle aree soggette a pericolosità elevata da esondazione (Fascia Eb), individuate nell'Elaborato n. 2 del PAI.
- Aree a rischio idraulico molto elevato R4 del PGRA vigente per il Reticolo Principale (RP) oggetto di valutazione di dettaglio della pericolosità e del rischio idraulico: trattasi dell'area in sponda destra del fiume Brembo a monte del ponte vecchio, tra via Pietro Ruggieri e via degli Alpini.

- Aree non esondabili, con franco inferiore a 1 m rispetto alla quota di piena T200 del fiume Brembo – Rischio idraulico R2: aree derivanti dagli studi di approfondimento effettuati lungo il fiume Brembo.
- Aree non esondabili, con franco superiore a 1 m rispetto alla quota di piena T200 del fiume Brembo: aree derivanti dagli studi di approfondimento effettuati lungo il fiume Brembo.
- Aree a pericolosità elevata (Eb): comprendono le aree soggette a rischio esondazione, perimetrate nell'atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici di cui all'Elaborato n. 2 del PAI.
- Fascia C definita dal PAI: è stata riportata la perimetrazione della Fascia C, come definita dall'Autorità di Bacino del Fiume Po. Il limite esterno di fascia C, volto ad individuare le aree allagabili in caso di eventi di piena con carattere di eccezionalità ($Tr=500$ anni), interessano sia porzioni di versanti non edificati, sia aree urbanizzate. Ricadono in fascia C alcune abitazioni di Ambria e la via Montegrappa. Sull'abitato di Zogno la fascia C si estende fino alla strada provinciale, tra le vie Cesare Battisti ed Antonio Locatelli, il limite esterno di fascia C si amplia a comprendere parte degli abitati di San Bernardino ed Inzogno.
- Aree P1/L del PGRA - RP: le aree interessate da alluvioni rare con Tr 500. Le aree a scarsa probabilità di alluvioni – L sono individuate da PRGA e sono sovrapponibili con la fascia C del PAI.
- Aree P1/L del PGRA - RSCM: trattasi del conoide di Stabello, classificato come conoide non recentemente attivatosi e protetto (Cn).

FASE DI PROPOSTA**17 CARTA PAI-PGRA**

Gli elementi dell'Elaborato 2 del PAI, unitamente alle aree soggette ad esondazione in caso di eventi di piena con carattere frequente, a media possibilità di accadimento od eccezionali, sono stati inseriti nella carta del dissesto PAI-PGRA con lo schema riportato nella tabella seguente:

tipologia di dissesto	pericolosità	Carta PAI-PGRA
<i>Elementi areali</i>		
Aree soggette a crollo di massi e ribaltamenti diffusi	H3-H5	Fa – frana attiva
	H2	Fq – frana quiescente
Scivolamento rotazionale/traslattivo quiescente	H3-H5	Fa – frana attiva
Scivolamento rotazionale/traslattivo stabilizzato	H2	Fq – frana quiescente
Frana superficiale Scivolamento rotazionale/traslattivo stabilizzato	H2	Fs – frana stabilizzata
Conoide attiva non protetta	H4-H5	Ca – conoide attiva non protetta
Conoide protetta, non recentemente attivatasi	H2	Cn – conoide protetta
Dissesto legato ad esondazione torrentizia	H4	Ee – pericolosità molto elevata
Dissesto legato ad esondazione torrentizia	H3	Eb – pericolosità elevata
Zone pericolose per valanghe	Zona rossa	Vm – pericolosità media
<i>Elementi puntuali</i>		
Frane non fedelmente cartografabili		
Aree esondabili	Tempo di ritorno	carta PAI-PGRA
Fasce fluviali – elaborato 8 PAI	20	Fascia A
	200	Fasce B e B di progetto
	500	Fascia C
Aree esondazione da PGRA	20-50	Area P3/H
	100-200	Area P2/M
	500	Area P1/L

Nella tabella seguente è riportata la correlazione tra classi di pericolosità, classi di fattibilità geologica e voci della legenda PAI-PGRA utilizzata in sede di redazione del quadro del dissesto:

Legenda PAI-PGRA	Classe/norma di fattibilità geologica
Frane	
Fa – frana attiva	4
Fq – frana quiescente	4
Fs – frana stabilizzata	3
Trasporto in massa su conoidi e PGRA (ambito Reticolo Secondario Collinare e Montano - RSCM)	
Ca - Conoide attiva non protetta	4
Cn - Conoide protetta, non recentemente attivatasi	3
Esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio e PGRA (ambito Reticolo Secondario Collinare e Montano - RSCM)	
Ee - pericolosità molto elevata di esondazione	4
Eb - pericolosità elevata di esondazione	3
Valanghe	
Vm – pericolosità media per valanghe (zona rossa)	4
Fasce fluviali	
Fascia A (titolo II delle NdA del PAI)	Norma di Fascia A
Fascia B (titolo II delle NdA del PAI)	Norma di Fascia B
Fascia B* di progetto (titolo II delle NdA del PAI)	Norma di Fascia B
Fascia C (titolo II delle NdA del PAI)	Norma di Fascia C
PGRA (ambito Reticolo Principale – RP)	
Area a pericolosità P3/H (titolo V delle NdA del PAI)	Norma di Fascia A
Area a pericolosità P2/M (titolo V delle NdA del PAI)	Norma di Fascia B
Area a pericolosità P1/L (titolo V delle NdA del PAI)	Norma di Fascia C
PGRA (ambito Reticolo Secondario Collinare Montano – RSCM)	
Area a pericolosità P3/H	Norma di Fascia Ee
Area a pericolosità P2/M	Norma di Fascia Eb
Area a pericolosità P1/L	Norma area Cn

18 PROPOSTA DI AGGIORNAMENTO DELLE AREE PAI-PGRA

Le aree di dissesto sono state modificate sulla base delle osservazioni e degli approfondimenti effettuati in sito, unitamente alla ricerca storica condotta a livello comunale: tali modifiche, descritte nei precedenti paragrafi, sono in estensione rispetto alle perimetrazioni vigenti.

Le aree allagabili sono riportate su un doppio elaborato cartografico; vengono rappresentate sia le aree allagabili derivanti dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) vigente, che quelle proposte e perimetrate in seguito agli studi idraulici eseguiti lungo l'asta del Brembo (con simbologia unificata PGRA).

Poiché per le modifiche alle aree allagabili del PGRA sul reticolo principale (RP) sono esclusivamente attuabili attraverso specifiche varianti d'asta, promosse dall'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, eventualmente finalizzate anche ad aggiornare le fasce fluviali, la cartografia allegata comprende i seguenti elaborati:

- una carta "PAI-PGRA vigente" con le delimitazioni delle fasce fluviali PAI, le aree in dissesto e le aree allagabili PGRA per i tempi di ritorno previsti (10, 200 e 500);
- una distinta carta "Esito valutazioni idrauliche di dettaglio della pericolosità e del rischio" che rappresenta le aree allagabili derivanti dagli studi idraulici di dettaglio effettuati lungo la piana di via Battisti via Locatelli, in località Romacolo e in via Ponte Zogno.

19 FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La carta di fattibilità è stata redatta su tutto il territorio comunale alla scala 1:5.000 (Tavv. 15a-d) e per il fondovalle alla scala 1:2.000 (Tavv. 16a-d).

La carta di fattibilità, compilata secondo quanto previsto dai "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 legge regionale 11 marzo 2005 n. 12" e s.m.i., ha attribuito un valore di fattibilità a ciascuna area individuata nella carta di sintesi.

La carta di fattibilità non riporta gli elementi puntuali individuati nella carta del dissesto o nella carta geomorfologica, riconducibili ad elementi non fedelmente cartografabili, non perimetrabili.

Le classi di fattibilità sono raggruppate secondo diverse problematiche riscontrate (quattro).

Come risulta dalla carta di sintesi vi sono porzioni di territorio sulle quali sono presenti più problematiche contemporaneamente: in questi casi nella carta di fattibilità vengono attribuiti più valori di fattibilità quando le pericolosità naturali non

interagiscono fra loro; nelle aree nelle quali sono indicate contemporaneamente due classi di fattibilità, valgono entrambe le normative.

Al mosaico della fattibilità sono sovrapposte, con apposito retino trasparente, le aree soggette ad amplificazione sismica locale desunte dalla carta di pericolosità sismica locale. Tale sovrapposizione non comporta un cambio della classe di fattibilità geologica, ma rimanda alla normativa specifica.

19.1 Criteri di attribuzione delle classi di fattibilità

L'attribuzione dei valori di fattibilità alle differenti aree omogenee individuate nella carta di sintesi, ha tenuto conto 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 legge regionale 11 marzo 2005 n. 12".

Di seguito si riporta uno schema indicante la classe di fattibilità attribuita a ciascuna area omogenea individuata nella sintesi, differenziandole secondo le problematiche riscontrate.

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti "V"	Classe
Aree di frana attiva (Fa)	4a V
Aree di frana quiescente (Fq)	4b V
Aree a pericolosità potenziale per crolli legata alla presenza di pareti di roccia fratturata	
Siti valanghivi da fotointerpretazione (Vm)	4c V
Aree di frana stabilizzata (Fs)	3a V
Aree caratterizzate da media suscettività al dissesto per potenziali rotolamento, ribaltamento e/o arresto di blocchi rocciosi disarticolati	3b V
Area di conoide non recentemente attivatasi e protetta (Cn)	3c V
Aree a pericolosità potenziale per la presenza di terreni fini su pendio mediamente acclive	3d V
Aree su pendio a media-elevata acclività con substrato roccioso affiorante/subaffiorante	3e V
Aree di frana complessa relitta	
Aree su pendio a bassa acclività con terreni fini o substrato roccioso affiorante/subaffiorante, senza particolari indizi di instabilità	2 V
Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico "Idr"	Classe
Aree interessate da carsismo superficiale e/o poco profondo	2 Idr

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche "G"	Classe
Aree con riporti di materiale, aree colmate Aree di possibile ristagno	3 G

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico "I"	Classe
Fascia A del PAI Aree P3/H del PGRA - RP	4a I
Aree a pericolosità molto elevata per esondazione (Ee) Aree P3/H del PGRA - RSCM	4b I
Aree caratterizzate da livelli di rischio R4 per esondazione diretta del f. Brembo	4c I
Area di conoide attiva non protetta (Ca) Aree P3/H del PGRA - RSCM	4d I
Fascia B del PAI Fascia C retrostante il "limite di progetto tra la fascia B e la fascia C" Aree P2/M del PGRA - RP	3a I
Aree non esondabili, con franco inferiore ad 1 m, rispetto alla quota di piena duecentennale del f. Brembo - Rischio idraulico R2	3b I
Aree a pericolosità elevata per esondazione (Eb) Aree P2/M del PGRA - RSCM	3c I
Fascia C del PAI Area a pericolosità P1/L – RP Aree P1/L del PGRA - RSCM Aree non esondabili, con franco superiore ad 1 m rispetto alla quota di piena duecentennale del f. Brembo	2 I



DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almé, luglio 2026

20 ALLEGATI

- Allegato 1: Sezioni geologiche - scala 1:25.000
- Allegato 2: Abachi di valutazione del fattore di amplificazione sismica
- Allegato 3a-b: Sezioni di analisi degli effetti topografici di amplificazione sismica – Scenario Z3a – scala 1:1.000
- Allegato 3c: Sezioni di analisi degli effetti topografici di amplificazione sismica – Scenario Z3b – scala 1:2.000/1:5.000
- Allegato 4: Dati e grafici prove penetrometriche dinamiche DPSH
- Allegato 5: Dati e grafici MASW e HVSr

21 ELABORATI CARTOGRAFICI

- Tav. 1: Carta geologica – scala 1:10.000
- Tavv. 2a-d: Carta geomorfologica – scala 1:5.000
- Tav. 3: Carta della acclività – scala 1:10.000
- Tavv. 4a-d: Carta idrografica con elementi di idrogeologia – scala 1:5.000
- Tav. 5a: Valutazioni idrauliche di dettaglio del Fiume Brembo ai sensi dell'Allegato 4 della D.G.R. IX/2616/2011 e della D.G.R. X/6738/2017 – Aree esondabili T200 del Fiume Brembo – scala 1:3.000
- Tav. 5b: Valutazioni idrauliche di dettaglio del Fiume Brembo ai sensi dell'Allegato 4 della D.G.R. IX/2616/2011 e della D.G.R. X/6738/2017 – Zonazione della pericolosità e del rischio idraulico – scala 1:3.000
- Tavv. 6a-d: Carta litotecnica – scala 1:5.000
- Tavv. 7a-d: Carta della pericolosità sismica locale – scala 1:5.000
- Tavv. 8a-d: Analisi sismica di 2° livello – Individuazione siti di calcolo – scala 1:5.000
- Tavv. 9a-d: Analisi sismica di 2° livello – Scenari Z3 – Carta dei fattori di amplificazione sismica – scala 1:5.000
- Tav. 10: Analisi sismica di 2° livello – Scenari Z4 – Carta dei fattori di amplificazione sismica nell'intervallo 0,1-0,5 s – scala 1:6.000
- Tavv. 11a-d: Carta dei vincoli – scala 1:5.000
- Tavv. 12a-d: Carta PAI-PGRA – scala 1:5.000

- Tav. 13: Esito delle valutazioni idrauliche di dettaglio della pericolosità e del rischio – scala 1:3.000
- Tavv. 14a-d: Carta di sintesi – scala 1:5.000
- Tavv. 15a-d: Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano – scala 1:5.000
- Tavv. 16a-c: Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano – scala 1:2.000