



COMUNE DI BARZANA
Provincia di Bergamo

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
SISMICA**

**AI SENSI DEI CRITERI ATTUATIVI DELL'ART. 57
DELLA L.R. 12/2005**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA



DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almè (BG), marzo 2025

INDICE

	Pag.
1 PREMESSA	1
2 METODOLOGIA DI INDAGINE.....	2
FASE DI ANALISI	3
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	3
3.1 Caratteristiche litologiche	3
3.2 Elementi di pedologia	6
4 CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI E GEOTECNICI.....	8
4.1 Criteri di indagine	8
4.2 Indagini pregresse	9
4.3 Zonizzazione litostratigrafica e geotecnica del territorio	10
4.4 Aree con difficoltà di smaltimento o di possibile ristagno delle acque meteoriche	11
5 CARATTERI GEOMORFOLOGICI	11
5.1 Criteri di indagine	11
5.2 Ambiti geomorfologici	11
5.2.1 Rilievi collinari	11
5.2.2 Fascia di raccordo rilievi-pianura.....	12
5.2.3 Pianura.....	12
5.3 Forme, processi e depositi	13
5.3.1 Forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali	13
5.3.2 Forme, processi e depositi di origine antropica.....	13
5.3.3 Forme, processi e depositi di origine poligenica	14
6 IDROGRAFIA.....	14
6.1 Torrente Lesina.....	14
6.1.1 Aree esondabili	14
6.2 Torrente Borgogna.....	17
6.2.1 Aree esondabili	17
6.3 Rio Monte della Rode	20
6.3.1 Aree potenzialmente esondabili definite su base morfologica.....	20
6.4 Forme, processi ed elementi legati alle acque superficiali	21
6.4.1 Elementi antropici	21
7 ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	21
7.1 Struttura idrogeologica	21
7.2 Piezometria	22

7.3	Permeabilità	22
7.4	Vulnerabilità della falda	23
7.5	Forme, processi ed elementi legati alla presenza delle acque sotterranee	24
7.5.1	Elementi antropici	24
8	INDIVIDUAZIONE DELLE AREE A POTENZIALE PRESENZA / EVOLUZIONE DI CAVITA' SOTTERRANEE	24
9	ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	26
9.1	Zona sismica di appartenenza	26
9.2	Sismicità storica	27
9.3	Procedura regionale per la valutazione della pericolosità sismica locale	30
9.4	Analisi sismica di 1° livello	32
9.5	Analisi sismica di 2° livello	33
9.5.1	Effetti di amplificazione morfologica	34
9.5.2	Effetti di amplificazione litologica	35
9.6	Carta dei fattori di amplificazione nell'intervallo 0,1÷0,5 s	36
9.7	Carta dei fattori di amplificazione nell'intervallo 0,5÷1,5 s	37
10	CARTA PAI-PGRA	38
10.1	Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) ed Elaborato 2 del PAI	38
10.2	Proposta di inserimento ex novo di aree potenzialmente esondabili in ambito RSCM	40
	FASE DI VALUTAZIONE	42
11	VINCOLI	42
11.1	Elaborato 2 del PAI	42
11.2	Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)	42
11.3	Vincoli di polizia idraulica	42
11.4	Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile	43
11.5	Vincoli derivanti dal PTR	43
11.6	Vincoli derivanti dal Programma di Tutela e Uso delle Acque – PTUA 2016	43
11.7	Piano Cave provinciale	44
12	SINTESI	44
12.1	Criteri	44
12.2	Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti - "V"	45
12.3	Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche - "G"	45
12.4	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico - "I"	46
	FASE DI PROPOSTA	47

13 FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO	47
13.1 Criteri di attribuzione delle classi di fattibilità	47
14 ELABORATI CARTOGRAFICI	49

1 PREMESSA

Il Piano di Governo del Territorio (PGT) del Comune di Barzana è dotato dello studio della componente geologica, idrogeologica e sismica, redatto seguendo quanto disposto dalla Regione Lombardia con propria deliberazione di Giunta n. 8/1566 del 22.12.2005; tale strumento urbanistico è stato approvato con Deliberazione di Consiglio Comunale n. 29 del 05.10.2015 – Pubblicato sul BURL Serie Avvisi e Concorsi n. 51 del 16.12.2015.

L'Amministrazione comunale ha ritenuto opportuno procedere all'aggiornamento e all'adeguamento dello studio della componente geologica a supporto del PGT, incaricando lo scrivente di:

- aggiornare la cartografia di inquadramento con i dati contenuti nel Geoportale regionale e a fronte di nuove informazioni territoriali;
- recepire i vincoli della pianificazione sovraordinata (PTR, PTUA, PAI, PGRA);
- aggiornare la mappatura del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) e l'Elaborato 2 del PAI, sulla base delle aree di esondazione individuate lungo i torrenti Lesina, Borgogna e Monte della Rode, in applicazione della d.g.r. 26.04.2022 n. XI/6314;
- valutare gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e strutturali del territorio comunale legati agli sprofondamenti (sinkhole), così come previsto dalla d.g.r. 15.12.2022 n. XI/7564 "Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio relativa al tema degli sprofondamenti (sinkhole) (Art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12)";
- aggiornare la carta dei vincoli, di sintesi e di fattibilità geologica per le azioni di piano alla luce delle risultanze degli approfondimenti effettuati (con particolare riferimento agli aspetti idraulici);
- aggiornare le norme geologiche di piano.

Per quanto riguarda la componente sismica, non sono state effettuate nuove indagini geofisiche e analisi di 2° livello in quanto l'approfondimento eseguito ai sensi dell'Allegato 5 della d.g.r. 30.11.2011 n. IX/26161 nel precedente studio

geologico, risulta adeguato; sulla base dei fattori di amplificazione desunti dall'analisi di 2° livello (FAC), è stata redatta la carta dei fattori di amplificazione per l'intervallo $0,1 \div 0,5$ s e di $0,5 \div 1,5$ s per l'intero territorio comunale (urbanizzato ed aree di futura espansione urbanistica). Per completezza e per favorire la consultazione della documentazione allegata alla componente geologica del PGT, l'analisi sismica prodotta viene riportata totalmente nel presente documento (1° e 2° livello).

2 METODOLOGIA DI INDAGINE

L'aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica prevede le seguenti fasi:

- analisi: comporta la raccolta dati integrata con osservazioni di campagna e la predisposizione di apposita cartografia di base e tematica di dettaglio alla scala della base utilizzata per la redazione del PGT (aerofotogrammetrico comunale);
- valutazione: stesura della carta dei vincoli di pertinenza geologica presenti nel comune d'indagine e di una carta di sintesi, che ha lo scopo di fornire, mediante un unico elaborato, un quadro sintetico dello stato del territorio derivante dalle risultanze della precedente fase di analisi;
- proposta: la fase di proposta deriva dalla valutazione incrociata degli elementi contenuti nella carta di sintesi con i fattori ambientali ed antropici propri del territorio in esame. Nell'ambito di tale fase avviene la revisione della carta della fattibilità geologica per le azioni di piano e vengono definite le norme geologiche che dovranno essere riportate integralmente nel Piano delle Regole oltre che nel Documento di Piano del PGT.

Si sottolinea che quanto indicato nella presente relazione illustrativa e negli elaborati cartografici che la accompagnano, non devono in alcun modo essere considerati sostitutivi delle indagini geognostiche e geologico-tecniche di maggior dettaglio previste dal D.M. 17.01.2018 per la pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva di interventi edilizi.

FASE DI ANALISI

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 Caratteristiche litologiche

L'aggiornamento della cartografia geologica comunale (vedi Tav. 1) è stato fatto sulla base del Foglio 097 Vimercate del progetto CARG, realizzato attraverso una convenzione stipulata tra il Servizio Geologico d'Italia e la Regione Lombardia; nel rilevamento delle coperture quaternarie sono state apportate alcune modifiche nei limiti stratigrafici delle varie formazioni cartografate nel precedente studio geologico e sono state introdotte nuove unità definite sulla base dei criteri allostratigrafici.

In particolare, i depositi continentali neogenici-quaternari presenti nel territorio di Barzana sono costituiti per lo più da unità fluvioglaciali, fluviali e colluviali, come di seguito brevemente descritte (dalla più recente alla più antica):

- Supersintema di Palazzago (Gelasiano-Pleistocene superiore): è costituito, principalmente, da depositi colluviali e loessico-colluviali rappresentati da sedimenti fini (da limi argillosi a sabbie) pedogenizzati, massivi o grossolanamente clinostratificati, a contenuto clastico variabile. La sovrapposizione di numerosi episodi colluviali ha generato spesse coltri di copertura sui versanti e alla loro base; i limiti dei differenti episodi sono indicati da orizzonti clastici discreti o da variazioni pedologiche. Sia la tessitura sia la composizione petrografica dei clasti è fortemente condizionata dalla litologia del substrato roccioso locale, costituito nella maggior parte dei casi dalle formazioni terrigene cretache e dalla successione calcareo selcifera giurassica; in misura assai minore si rinvencono elementi clastici extrabacinali, rimaneggiati dai depositi fluvioglaciali e fluviali più antichi. Le unità distinte nel supersintema sono: Unità del Torrente Lesina; Unità di Cascine Zanchi. L'Unità del Torrente Lesina forma un breve e ristretto (in media 500 m) tratto della piana in riva destra del Brembo, tra Tresolzio (Brembate Sopra) e Presezzo dove incide

il supersintema di Besnate. È costituita da depositi fluviali: ghiaie a supporto clastico, con matrice da limoso argillosa a sabbiosa argillosa; ciottoli centimetrici e decimetrici, da subspigolosi a subarrotondati; prevalgono calcari poco o non alterati e selce; in subordine terrigene a cemento siliceo (Verrucano) e rocce cristalline; le litologie “esotiche”, provenienti dall’alta Val Brembana, sono rimaneggiate da depositi fluvioglaciali più antichi. Superiormente le ghiaie passano a limi argillosi massivi, a contenuto clastico scarso o assente. L’Unità di Cascine Zanchi affiora allo sbocco della valle del Torrente Tornago (Almenno) dove forma una superficie a pendenza maggiore rispetto alla piana antistante, alla quale si raccorda. È costituita da depositi di conoide: alternanze di ghiaie e sabbie. Ghiaie a supporto clastico, con matrice sabbioso limosa; clasti spigolosi, centimetrici, di origine locale (selce) Intercalazioni pluridecimetriche di sabbie rubefatte, a stratificazione suborizzontale.

- Sintema di Binago (Pleistocene medio): depositi glaciali: diamicton massivo a supporto clastico Matrice limoso argillosa. Dimensione massima dei clasti in genere fino a 15 cm, fino a 50 cm in prossimità delle cerchie moreniche. Carbonati argillificati, esotici cristallini da arenizzati ad argillificati, ultramafiti con cortex, flysch argillificati, quarziti; depositi fluvioglaciali: ghiaia a supporto di matrice, a supporto clastico o al limite del supporto clastico. Matrice limosa sabbiosa sino a limi debolmente argillosi; il colore varia a seconda dei settori. Ciottoli arrotondati, in prevalenza centimetrici (dimensioni massime di 20 cm). Le ghiaie sono poligeniche ad eccezione dei depositi della piana che costituisce il terrazzo di Vimercate dove prevalgono nettamente le litologie locali. A occidente le litologie maggiormente rappresentate sono le arenarie delle formazioni cretatiche, mentre sono presenti in misura minore le litologie cristalline e metamorfiche. Lungo l’Adda e a oriente dominano le rocce cristalline (metamorfite e intrusive), seguite da rocce terrigene a cemento carbonatico (localmente assenti), quarzo e selce e da quantità accessorie di terrigeno siliceo, vulcaniti e rocce carbonatiche. Lo spessore dell’unità è estremamente

ridotto (da circa 50 cm a 2 m) e le ghiaie sono pedogenizzate per l'intero spessore.

- Formazione di Ca' Marchi (Messiniano-Pleistocene inferiore): l'unità comprende depositi fluviali: ghiaie fortemente pedogenizzate, a prevalente supporto di matrice argilloso sabbiosa, con ciottoli arrotondati, centimetrici (prevalenti) e decimetrici. La petrografia comprende rocce terrigene a cemento siliceo, vulcaniti, metamorfiti e rocce carbonatiche, che indicano un'alimentazione brembana. L'alterazione è molto intensa e interessa tutte le litologie, con l'eccezione delle rocce terrigene silicee (Verrucano), che sono fragili ma non mostrano cortex, a differenza di quanto osservato nella formazione di Almenno Basso. Presenti abbondanti patine argillose, patine e impregnazioni di Fe-Mn e vene di materiale decolorato, che avvolgono i ciottoli o formano un reticolo nella matrice. Alla sommità le ghiaie sono suturate da più coperture loessico/colluviali. La sequenza sommitale più completa di tutta l'area è conservata all'estremità sud-occidentale del terrazzo di Barzana: è costituita da una (almeno) triplice copertura loessica con figure pedogenetiche estremamente evolute, in appoggio basale a un livello nettamente differenziato, per la completa assenza di clasti e la forte rubefazione. L'unità coincide, dal punto di vista morfologico, con un sistema di terrazzi di aggradazione, disposti in direzione NE-SW alla base del versante sudorientale della dorsale di Longa. Si identificano 2 distinti livelli: il più elevato è costituito da lembi relitti distribuiti tra le quote di 320 e 310 m s.l.m. (a N di Ca' Marchi) e a quota 300 m circa (presso la chiesa di Barzana); il sistema inferiore forma terrazzi più ampi e articolati dell'area, che si estendono per circa 2,5 km tra Almenno San Bartolomeo e Barzana (quota 284 m).

Per quanto riguarda il substrato roccioso, si individuano le seguenti formazioni torbiditiche del Cretacico:

- Flysch di Pontida: trattasi di alternanze marnose-arenacee a stratificazione da sottile a spessa, cui si alternano strati e banchi calcareo-marnosi spessi fino ad alcuni metri, talora gradati e con base conglomeratica. Esso

presenta una associazione di facies relativamente monotona costituita per la maggior parte da strati arenacei di origine torbiditica e a geometria piano-parallela. Prevalgono: coppie pelite/arenaria molto fine-silt in strati da sottili a spessi, con l'intervallo pelitico molto più spesso di quello arenitico; coppie siltiti e peliti giallastre in strati di vario spessore; coppie calcareniti/calculutiti gradate in strati da sottili a molto spessi. Il rapporto arenaria/pelite cresce nella parte alta della formazione, in prossimità del passaggio all'arenaria di Sarnico. La distribuzione dei corpi calcareo-marnosi è irregolare e non mostra alcuna ciclicità; la loro frequenza e spessore decrescono verso l'alto della formazione. Nell'area tipo lo spessore dell'unità raggiunge i 600 m.

- Arenaria di Sarnico: è costituita da un'alternanza di arenarie grigie in strati da sottili a spessi e peliti, si presenta essenzialmente con tre associazioni di facies, di seguito descritte in ordine di importanza: A) alternanza tra peliti grigie e arenarie (in rapporto=1) fini e medie, massive, senza evidenti strutture interne, in strati piano paralleli da medi a spessi, a base netta e contatto superiore con la pelite pure netto; B) alternanze di peliti e arenarie fini in strati da sottili a medi, massivi o con laminazioni da parallele a oblique; C) arenarie medie e fini in strati con gradazione assente o poco sviluppata, amalgamati in banchi spessi fino a 7-8 metri; con gradazione assente o poco sviluppata; le superfici di stratificazione sono nette, parallele o leggermente convergenti alla scala dell'affioramento. Lo spessore di tale unità si attesta intorno ai 400 m.

Nell'ambito del territorio comunale di Barzana, il substrato roccioso affiora estesamente in corrispondenza dei rilievi collinari ad est dell'abitato, con piani di strato immergenti verso SE a media-elevata inclinazione (giacitura media rilevata pari a 140°/50°).

3.2 Elementi di pedologia

La carta pedologica fornisce informazioni utili al fine di valutare l'idoneità di un territorio ad essere utilizzato per le diverse attività umane (agricole, insediative, ricreative, industriali): per tale motivo essa si presenta come strumento fondamentale per la gestione e la pianificazione del territorio.

Gli indicatori di qualità dei suoli sono parametri che descrivono le proprietà chimiche, fisiche e idrologiche dei suoli di maggiore interesse per la rappresentazione cartografica e l'interpretazione a fini applicativi.

Le tipologie di suolo individuate all'interno del territorio comunale di Barzana (vedi Tav. 1), secondo la cartografia pedologica alla scala 1:50.000 redatta a scala regionale (fonte base informativa dei suoli riportata nel Geoportale della Regione Lombardia), sono:

Suolo BON1: presentano topsoil costituito da orizzonti con uno spessore medio di 30 cm e colore bruno giallastro scuro, scheletro da scarso a comune e tessitura franco limosa, reazione subacida o neutra, non calcareo. Gli orizzonti profondi sono in genere spessi 35 cm e colori bruni, scheletro da scarso a frequente, tessitura franco sabbiosa (franco argillosa), non calcarei, in genere neutri; substrato a partire da 120 cm, caratterizzato da scheletro abbondante molto piccolo e medio, tessitura sabbiosa; nel substrato inizia la presenza di calcare (benché siano privi di un orizzonte calcico vero e proprio); la saturazione in basi va da bassa ad alta con la profondità. Caratterizzano i terreni nella parte SW del territorio comunale, in località Ca' Fittavoli.

Suolo CFC1: suoli moderatamente profondi limitati da orizzonti fortemente scheletrici, a tessitura da moderatamente grossolana a media, scheletro abbondante, neutri o subalcalini, a drenaggio buono e permeabilità moderata. Caratterizzano i terreni nella parte SW del territorio comunale, in località Ca' Fittavoli.

Suolo LPO1: sono moderatamente profondi limitati da fragipan, e hanno tessitura moderatamente grossolana in superficie, media o moderatamente fine in profondità, reazione neutra, talvolta subalcalina in superficie, drenaggio mediocre e permeabilità moderatamente bassa. Sono presenti lungo la fascia di raccordo tra la piana e la fascia collinare a E dell'abitato.

Suolo RCH1: sono profondi per scheletro molto abbondante, con scheletro comune in superficie e molto abbondante in profondità, con tessitura media, reazione da subacida a neutra, saturazione alta; sono non calcarei e presentano drenaggio buono e permeabilità moderata. Affiorano in corrispondenza dei rilievi collinari a E dell'abitato.

Suolo GVN1: sono profondi, con scheletro assente o scarso, tessitura da media a moderatamente grossolana, reazione acida, saturazione alta, con drenaggio buono e permeabilità moderatamente bassa. Affiorano in corrispondenza dei rilievi collinari a E dell'abitato.

Suolo SPT1: presentano topsoil con spessore medio di 40 cm, colore tra bruno scuro e bruno; scheletro scarso, tessitura franco-limosa, non calcareo, a reazione subalcalina. Il subsoil è costituito da una serie di orizzonti profondi, argillitici spessi mediamente 30-50cm, a tessitura franco-limosa; scheletro da assente a scarso che diventa abbondante in profondità, colore tra bruno e bruno scuro, non calcareo, a reazione prevalentemente alcalina. Substrato a partire da circa 200cm, non calcareo. Caratterizza l'ampia superficie pianeggiante a W del torrente Lesina, compresa tra il corso d'acqua e il centro abitato, fino ad Arzenate.

4 CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI E GEOTECNICI

4.1 Criteri di indagine

La valutazione delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei depositi neogenici-quadernari presenti sul territorio comunale, 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. Tutte le indagini sono riportate nella Tav. 2.

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 intervallo di valori (in genere a favore di sicurezza), per i parametri definiti, tiene conto delle possibili variazioni granulometriche, di consistenza o di fratturazione all'interno della medesima unità.

4.2 Indagini pregresse

I dati raccolti si riferiscono a:

- n. 65 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo;
- n. 3 stendimenti sismici con metodologia ReMi;
- n. 7 stendimenti sismici con metodologia MASW;
- n. 6 prove di sismica passiva con metodologia HVSR;

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH	
n. prove	Località
5	Via Monte Grappa
12	Scuola elementare via Papa Giovanni XXIII
6	Via Dante Alighieri
9	Via Sorte
6	Via Sorte
6	Via San Pietro
6	Via Arzenate
15	Via Ca' Fittavoli

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO	
n. sondaggi	Località
1	Scuola elementare via Papa Giovanni XXIII

ReMi	
n. stendimenti	Località
1	Via Verdi
1	Via Ca' Fittavoli
1	Scuola elementare via Papa Giovanni XXIII

MASW	
n. stendimenti	Località
1	Località Albarida
1	Località Cascina Fornacetta
1	Scuola elementare via Papa Giovanni XXIII
1	Zona cimitero
1	Località Ca' Fittavoli
1	Località San Pietro
1	Via Arzenate

HVSr	
n. prove	Località
1	Località Albarida
1	Località Cascina Fornacetta
1	Scuola elementare via Papa Giovanni XXIII
1	Zona cimitero
1	Località San Pietro
1	Via Arzenate

4.3 Zonizzazione litostratigrafica e geotecnica del territorio

Il territorio comunale è stato suddiviso in aree costituite da terreni granulometricamente omogenei, ai quali sono stati associati valori (range) dei principali parametri geotecnici (peso di volume secco, l'angolo d'attrito e il modulo elastico). Si tratta di parametri indicativi, utili per un inquadramento preliminare delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti sul territorio comunale.

Sono state distinte le seguenti unità litotecniche:

- ghiaie in abbondante matrice limoso-argillosa sature da suoli francamente limoso-argillosi compressibili entro i primi 4÷5 m circa dal piano campagna
 Peso di volume secco $\gamma_d = 16 \div 17,5 \text{ kN/m}^3$
 Angolo di attrito drenato $\phi' = 25^\circ \div 31^\circ$
 Modulo elastico $E_s = 5.630 \div 10.210 \text{ kPa}$
- ghiaie in matrice limoso-sabbiosa sature in discontinuità da suoli limoso-argillosi con uno spessore mediamente compreso tra 1÷2 m circa
 Peso di volume secco $\gamma_d = 17 \div 18 \text{ kN/m}^3$
 Angolo di attrito drenato $\phi' = 28^\circ \div 32^\circ$
 Modulo elastico $E_s = 9.000 \div 31.200 \text{ kPa}$
- alternanza di marne e arenarie a stratificazione da sottile a spessa con intercalazioni di argilla; copertura sciolta generalmente di ridotto spessore
 RQD = 0÷40 %

4.4 Aree con difficoltà di smaltimento o di possibile ristagno delle acque meteoriche

La piana compresa tra i torrenti Borgogna e Lesina, fino al confine orientale del Comune di Barzana, la zona sud di Arzenate e la piana a ovest di Ca Fittavoli, sono soggette a problemi legati alla difficoltà di smaltimento delle acque meteoriche.

In concomitanza di eventi meteorici intensi e prolungati, le acque meteoriche ruscellano sulla superficie del terreno, incanalandosi lungo linee preferenziali di scorrimento quali strade, avvallamenti naturali e/o legati alle pratiche agricole), andando a determinare fenomeni di accumulo nelle aree urbanizzate, con conseguente rischio di allagamento dei piani terra e degli interrati.

5 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

5.1 Criteri di indagine

La carta geomorfologica di tutto il territorio comunale è stata effettuata alla scala 1:5.000 (vedi Tav. 3).

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,) e di una significativa azione antropica che talora ha obliterato i segni originari del territorio.

5.2 Ambiti geomorfologici

5.2.1 Rilievi collinari

Il sistema collinare di Barzana è costituito da rilievi (Monte delle Rode) caratterizzati da morfologie prevalentemente arrotondate, con pendenze fra il 20 e il 50 %, e con un dislivello complessivo massimo di circa 90 m.

La morfologia dei versanti bene si spiega con le caratteristiche del substrato roccioso: la presenza di litotipi flyschoidi, facilmente alterabili, consente la formazione di morfologie arrotondate e, contemporaneamente articolate, con impluvi minori, impostati lungo la massima pendenza. Il deposito superficiale, che sutura la roccia costituente l'ossatura dei versanti, è scarsamente sviluppato; esso è

rappresentato da coltri eluvio-colluviali, di spessore variabile in funzione della morfologia, che si originano per disaggregazione fisico-chimica in posto, operata dagli agenti atmosferici, del substrato roccioso (eluvio) e talora accumulatisi nelle zone morfologicamente meno acclivi dei versanti (colluvio).

Il substrato roccioso è visibile sporadicamente, soprattutto in corrispondenza delle incisioni torrentizie o lungo i tratti di versante a maggiore acclività.

5.2.2 Fascia di raccordo rilievi-pianura

Trattasi di un pendio a debole acclività vergente verso est-sudest, compreso tra le quote altimetriche di circa 270 e 290 m s.l.m., intensamente urbanizzato, tanto che non si evidenziano particolari elementi di risalto morfologico e/o di dissesto.

5.2.3 Pianura

La porzione pianeggiante del territorio comunale presenta uno sviluppo areale allungato da nord a sud, incisa dai torrenti Borgogna e Lesina. Le quote indicano che la topografia digrada debolmente lungo la medesima direzione.

L'ambito pianeggiante può essere suddiviso in due sottoaree, poste a quote differenti, separate da un orlo di terrazzo avente dislivello compreso tra 2÷8 m circa, chiaramente individuabile nella zona sottostante la strada provinciale n. 175, a ovest della località Arzenate.

La porzione di territorio a nord di tale scarpata appartiene ad un antico terrazzo fluviale, ormai stabilizzato, che si è sviluppato in direzione all'incirca NE-SW; la rimanente area più ribassata appartiene al "Livello fondamentale della pianura", all'interno della quale sono riconoscibili elementi morfologici legati alla dinamica fluviale.

5.3 Forme, processi e depositi

5.3.1 Forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali

Orlo di scarpata di erosione torrentizia

Sono stati cartografati gli orli di scarpata lungo i torrenti Lesina e Borgogna che presentano continuità e sviluppo verticale di alcuni metri.

Orlo di terrazzo

Sono stati individuati gli orli dei terrazzi orientati in direzione NE-SW che caratterizzano la parte centrale del territorio comunale. Le scarpate sono in genere a bassa pendenza, su un dislivello di pochi metri.

Conoide

In corrispondenza dello sbocco di una vallecola nella porzione settentrionale del territorio (zona di via Manzoni), è riconoscibile un conoide di deiezione non attivo, con forma triangolare e scarsa o nulla convessità trasversale: si tratta di una forma dovuta al deposito di materiale trasportato dall'acqua.

5.3.2 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.

Principali terrazzi agricoli

Sono stati cartografati gli orli dei principali terrazzamenti legati all'attività agricola.

Aree estrattive

L'area estrattiva denominata ATEa8, al confine con il Comune di Palazzago, non risulta più attiva; il Piano Cave provinciale vigente non individua alcuna perimetrazione sul Comune di Barzana.

5.3.3 Forme, processi e depositi di origine poligenica

Principali linee di crinale

Sono stati cartografate le linee di crinale dei rilievi collinari a est dell'abitato.

6 IDROGRAFIA

6.1 Torrente Lesina

Il torrente Lesina si origina lungo i versanti a nord dei comuni di Barzana e di Almenno S. Bartolomeo e scorre lungo il confine orientale del comune di Barzana.

Il corso d'acqua appartiene al Reticolo Idrico Principale (codice BG010) nel tratto compreso tra il confine comunale con Brembate di Sopra, in corrispondenza di via Sorte, e l'attraversamento della S.P. 175; a monte della S.P., il tracciato fa parte del Reticolo Idrico Minore.

Partendo dal confine settentrionale del comune, l'alveo presenta un primo tratto orientato in direzione NW-SE per poi piegare verso S a valle dell'attraversamento della S.P. La lunghezza del torrente nel comune è di circa 2 km con una pendenza del talweg del 1,25%.

Morfologicamente ha un aspetto meandriforme con curvature molto nette e cambi di direzione ravvicinati. Il talweg ha una larghezza variabile fra 8 e 10 m con un dislivello del fondo di circa 2 m.

L'alveo è caratterizzato dalla presenza di scarso materiale a granulometria piuttosto fine: il trasporto solido, in condizioni di piena ordinaria è modesto.

6.1.1 Aree esondabili

Studio idraulico 2010

Il torrente Lesina è stato oggetto di uno studio idraulico redatto nel settembre 2010 dallo studio Taccolini Ingegneri Associati di Bergamo, per incarico di Regione Lombardia, Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca e Comuni afferenti al bacino idrografico dei torrenti Lesina e Borgogna; tale studio individua le criticità idrauliche presenti lungo l'asta e censisce le opere di attraversamento, quelle di difesa spondale e gli scarichi presenti in alveo.

L'elaborazione idrologica e idraulica effettuata, con modellizzazione idraulica effettuata con il codice di calcolo Hec-Ras elaborato dalla U.S. Army Corps of Engineers, ha individuato le aree esondabili per tempi di ritorno pari a 50 e 200 anni.

Dalle risultanze delle elaborazioni effettuate, emerge la presenza di un'area di esondazione per un tempo di ritorno di 200 anni poco più a valle del ponte di attraversamento di via Dante Alighieri, al confine con Almenno San Bartolomeo; qui, il torrente Lesina esonda in sponda sinistra, interessando una limitata area prativa ribassata rispetto al piano campagna circostante, situata in Comune di Almenno San Bartolomeo; solo una minima parte della corrente esondante invade una piccola porzione del territorio di Barzana, in corrispondenza di un'ansa in destra idrografica.

Più a valle viene individuata un'ampia area di esondazione (tempo di ritorno 200 anni) in sinistra idrografica del corso d'acqua, sul Comune di Almenno San Bartolomeo, a monte della ditta Personeni, legata alla presenza di un ponte di ridotte dimensioni e di una tombinatura non verificata idraulicamente. La portata di piena T200, non potendo defluire regolarmente verso valle, crea un rigurgito a monte causando un'esondazione di notevole entità. La presenza di muri perimetrali della ditta fa sì che il tirante delle acque esondanti sia di diverse decine di centimetri dal piano campagna.

Censimento delle opere interferenti

Le opere interferenti con il torrente Lesina, nell'ambito del comune di Barzana, sono state censite e verificate idraulicamente nello studio idraulico 2010, considerando portate di piena con tempi di ritorno pari a 200 anni, così come previsto dal PAI nella "Direttiva Infrastrutture del PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Po" (vedi Tav. 4).

Il quadro dello stato di fatto dei manufatti presenti lungo il corso d'acqua in esame è riportato nella seguente tabella.

n .	Opera	Comune	Localizzazione	Competenza	Quota piena T200 monte/vallée (m s.l.m.)	Francobordo (m)	Compatibilità idraulica T200
1	Ponte	Barzana - Almennò S.B.	Via Dante Alighieri	Comune	288,26 288,23	0,69	Adeguito ma non compatibile
2	Ponte	Barzana - Almennò S.B.	S.P. 175	Provincia	279,88 279,78	1,70	Adeguito
3	Ponte	Barzana - Almennò S.B.	Ditta Personeni	Privato	277,41 276,53	-0,33	Non adeguato e non compatibile
4	Tombinatura	Barzana	Ditta Personeni	Privato	276,54 275,87	-0,58	Non adeguato e non compatibile
5	Ponte	Barzana - Brembate Sopra	Via Ruggeri	Comune	275,80 275,42	0,36	Adeguito ma non compatibile

Per quanto riguarda le opere di difesa spondale, nel tratto compreso tra via Dante Alighieri e la S.P. 175, sono presenti alcuni manufatti di difesa spondale (muri) localizzati in corrispondenza delle scarpate a valle di aree edificate o delle anse dell'alveo; nei tratti maggiormente sinuosi, si rilevano spiccati fenomeni di erosione al piede di entrambe le sponde.

Aree potenzialmente esondabili definite su base morfologica

Trattasi di un'area potenzialmente esondabile situata a monte della ditta Personeni, in destra idrografica del torrente Lesina, definita a fronte delle valutazioni riportate nello studio idraulico 2010 e dell'assetto morfologico del territorio esistente; l'area può essere interessata da fenomeni di esondazione per rigurgito della tombinatura esistente. L'andamento morfologico del piano campagna in destra, unitamente alla conformazione del tessuto urbano attuale, non esclude che l'acqua esondante possa riversarsi verso via Sorte, al confine con il Comune di Brembate di Sopra.

6.2 Torrente Borgogna

Il torrente Borgogna (o Bregogna) sul territorio di Barzana appartiene al Reticolo Idrico Principale (BG011).

Si origina dal versante meridionale del monte Linzone, in comune di Palazzago. Il torrente scorre verso sud-est, ricevendo numerosi affluenti fino a Palazzago; oltre incide la piana di Barzana come un'unica asta, fino ad immettersi nel torrente Lesina in Comune di Brembate di Sopra.

Nel territorio comunale di Barzana il fiume è lungo circa 2,2 km, con una pendenza media del talweg non superiore allo 1,6%.

Partendo dal confine settentrionale del comune il torrente può essere suddiviso in vari tratti a differente morfologia. Per il primo km circa, fino al ponte di Via San Rocco (a sud del campo da calcio), il torrente mostra un andamento articolato in frequenti curvature con larghezza media di 10 m e un alveo incassato di circa 3 m rispetto al piano campagna circostante (il tratto fra i due ponti risulta pressoché regimato su entrambe le sponde). Il tratto successivo tende ad avere una morfologia più lineare con curve meno accentuate ed una larghezza costante tra 8÷10 m, in taluni tratti il letto del torrente risulta poco incassato e sono più visibili fenomeni di erosione spondale.

In generale l'alveo è caratterizzato dalla presenza di scarso materiale a granulometria piuttosto fine: il trasporto solido, in condizioni di piena ordinaria è modesto.

6.2.1 Aree esondabili

Studio idraulico 2010

Le aree esondabili individuate dallo studio idraulico 2010 lungo il torrente Borgogna nell'ambito del territorio comunale di Barzana, sono localizzate a partire dall'attraversamento della S.P. 175. A causa della modesta luce del manufatto esistente (1,7 m tra fondo alveo e impalcato), il ponte non risulta adeguato idraulicamente e provoca degli innalzamenti del livello della piena duecentennale, tali da determinare l'allagamento dell'area prativa in sponda destra, immediatamente a monte del ponte stesso, con possibilità che parte della corrente defluisca lungo la strada provinciale.

A valle del ponte sono state individuate altre sezioni dell'alveo insufficienti a contenere la portata di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni. Considerando la notevole estensione areale e il fatto che le simulazioni idrauliche sono monodimensionali, la perimetrazione delle aree esondabili in tale porzione del territorio è di difficile definizione; lo studio 2010 conferma la validità delle aree di esondazione definite su base morfologica nel precedente studio geologico comunale, ritenendo tali perimetrazioni sufficientemente cautelative per i fenomeni di esondazione calcolati. Dallo studio 2010, è emerso che le portate in uscita dall'alveo del torrente Borgogna per eventi di piena con tempi di ritorno pari a 200 anni, sono stimabili tra i 2 e i 4 m³/s, tali da determinare un tirante d'acqua in genere dell'ordine di pochi centimetri, considerando la distribuzione della lama d'acqua su un'area così estesa e morfologicamente regolare. In tali condizioni, la pericolosità decresce allontanandosi dall'alveo.

Censimento delle opere interferenti

Le opere censite e valutate idraulicamente lungo il torrente Borgogna (vedi Tav. 4), sono:

n.	Opera	Comune	Localizzazione	Competenza	Quota piena T200 monte/valle (m s.l.m.)	Franco (m)	Compatibilità idraulica T200
1	Ponte	Barzana	Via Garibaldi	Comune	295,41 295,14	1,07	Adeguate
2	Ponte	Barzana	Via San Rocco	Comune	289,63 288,83	0,07	Adeguate ma non compatibili
3	Ponte	Barzana	S.P. 175	Provincia	282,24 281,70	-	Non adeguate e non compatibili
4	Ponte	Barzana	Via San Pietro	Comune	277,52 277,34	0,50	Adeguate ma non compatibili

In particolare, per i manufatti ritenuti idraulicamente adeguati ma non compatibili, si precisa che:

- in corrispondenza del ponte di via S. Rocco, il livello di piena duecentennale a monte del manufatto è di pochi centimetri al di sotto dalla quota dell'intradosso dell'impalcato (altezza d'acqua per T200 = 289,63 m s.l.m.;

quota intradosso = 289,70 m s.l.m.), quindi con una funzionalità idraulica limitatissima;

- la piena con tempo di ritorno pari a 200 anni transita in corrispondenza del ponte di via S. Pietro con una quota pari a 277,52 m s.l.m. (lato monte dell'attraversamento) con un franco rispetto alla volta centrale dell'opera di 0,5 m.

Per quanto riguarda le opere di difesa spondale, si segnala la presenza di manufatti (muri, scogliere e gabbionate) soprattutto nel tratto che attraversa il centro abitato (vedi Tav. 4); i manufatti presenti tra via Garibaldi e via Papa Giovanni XXIII presentano evidenti fenomeni di erosione al piede, soprattutto in corrispondenza delle curve interne delle anse dell'alveo. A valle della S.P. 175, la sponda sinistra del torrente, nel tratto che costeggia l'area industriale-artigianale di via San Pietro, è protetta da scogliere in pietrame, localmente interessate da fenomeni di scalzamento al piede.

Aree potenzialmente esondabili definite su base morfologica

Alla luce delle criticità idrauliche segnalate dallo studio idraulico 2010 in corrispondenza dei ponti di via San Rocco e di quello in località Montebello, in Comune di Palazzago, sono state verificate le possibili aree di esondazione considerando i livelli di piena con T200 indicate nello studio 2010 rapportati alle quote topografiche del piano campagna intorno agli attraversamenti. Dalle analisi effettuate e dagli accertamenti condotti in sito, emergono le seguenti aree potenzialmente esondabili definite su base morfologica:

- area edificata in sponda sinistra del torrente Borgogna nel tratto che costeggia via Manzoni, lungo il confine NW del territorio comunale;
- area edificata a monte e a valle del ponte all'incrocio tra via S. Rocco, via Verdi e via Donizetti; sono state ricomprese entro tale area i parcheggi interrati.

6.3 Rio Monte della Rode

Il torrente Rio Monte della Rode appartiene al Reticolo Idrico Minore comunale.

Il torrente nasce dal versante meridionale dell'omonimo rilievo collinare, e scorre con andamento pressoché N-S fino all'attraversamento in corrispondenza di via Guglielmo Marconi, dove scorre intubato in direzione SE per una lunghezza di 50 m circa; allo sbocco del tratto coperto, il Rio Monte delle Rode prosegue a cielo aperto, fino all'attraversamento della S.P. 175. A valle della strada provinciale, il rio Monte della Rode scorre in direzione sud fino al confine comunale con Mapello, dove si immette nel torrente Rino.

6.3.1 Aree potenzialmente esondabili definite su base morfologica

Lungo il torrente Rio Monte della Rode sono state individuate le seguenti aree:

- a monte dell'attraversamento di via Guglielmo Marconi è stata individuata una piccola area sviluppo, localizzata in sponda sinistra del corso d'acqua, in corrispondenza di una zona prativa leggermente ribassata rispetto alla strada comunale. La possibilità che si verifichino fenomeni di esondazione in tale area è strettamente legata all'ostruzione parziale o totale del tubo all'imbocco del tratto coperto, dovuta all'accumulo di materiale vegetale (legname e/o fogliame) e detrito trasportato dalla corrente;
- è stata individuata un'area di potenziale esondazione allo sbocco del tratto intubato che attraversa la S.P. 175, dove il corso d'acqua ritorna a cielo aperto per un breve tratto per poi immettersi nella tombinatura realizzata lungo il lato nord della piana di Ca' Fittavoli. La presenza di una vasca di sedimentazione a monte della nuova tombinatura, in quota con il piano campagna circostante, potrebbe favorire fenomeni di esondazione verso sud, andando ad interessare la porzione orientale della piana, verso la fascia boscata esistente;
- è stata individuata un'area stretta e allungata lungo via Ca' Fittavoli, alla confluenza nel torrente Rino.

6.4 Forme, processi ed elementi legati alle acque superficiali

6.4.1 Elementi antropici

Scarico in corpo idrico superficiale

Sono stati riportati gli sfioratori e gli scarichi delle acque bianche presenti all'interno del territorio comunale, come indicati nella carta degli scarichi del Geoportale della Provincia di Bergamo.

Attraversamenti

Sono state individuati i ponti insistenti sulla rete idrografica comunale, classificati secondo lo studio idraulico 2010.

Opere di difesa spondale

Lungo la rete idrografica sono state individuate le principali opere di difesa spondale, secondo il censimento effettuato nello studio idraulico 2010.

7 ASSETTO IDROGEOLOGICO

7.1 Struttura idrogeologica

La struttura idrogeologica nel territorio di Barzana è condizionata dai rilievi prospicienti l'area pianeggiante: i depositi pleistocenici di origine prevalentemente fluvioglaciale e fluviale poggiano su un substrato roccioso di età cretacea, la cui morfologia ne ha condizionato la sedimentazione. Tali depositi sono stati successivamente incisi dai corsi d'acqua che attualmente attraversano in direzione nord-sud il territorio comunale.

Dalla ricostruzione riportata nella sezione idrogeologica è possibile identificare un acquifero vero e proprio all'interno dei depositi appartenenti all'Unità di Carvico (Bacino dell'Adda) e all'Unità di Brembate (Bacino del Brembo).

Si tratta di depositi grossolani ghiaiosi a supporto clastico con matrice sabbiosa di origine fluvioglaciale, ma appartenenti a due bacini di alimentazione differenti. Lo spessore dell'acquicluda nel territorio comunale è fortemente influenzato dalla presenza dei rilievi collinari. L'orizzonte impermeabile basale di

questo acquifero corrisponde al primo livello argilloso pleistocenico presente in continuità nell'alta pianura.

La ricarica dell'acquifero è diretta nelle aree di affioramento dei depositi fluvioglaciali e fluviali, dove la copertura loessica è discontinua o assente, mentre è impedita o difficoltosa dove affiorano i depositi appartenenti al Complesso di Palazzago, trattandosi di depositi a granulometria prevalentemente fine di spessore talora considerevole.

7.2 Piezometria

Nel territorio di Barzana la falda superficiale si muove da NE a SW; il livello piezometrico varia da nord a sud tra le quote di 225 e 215 m s.l.m. (ricostruzione delle curve isopiezometriche per il mese maggio 2014 desunte dal Geoportale della Regione Lombardia).

7.3 Permeabilità

La permeabilità dei depositi costituenti il primo sottosuolo del territorio di Barzana è stata valutata sulla base delle caratteristiche litologiche e granulometriche dei terreni presenti, anche sulla base di dati disponibili da indagini in sito realizzate sul territorio comunale (vedi Tav. 4). sono state distinte le aree sulla base delle caratteristiche di permeabilità.

Le classi di permeabilità attribuite ai depositi sciolti superficiali, sono:

- aree caratterizzate dalla presenza del substrato roccioso marnoso-arenaceo con copertura sciolta eluvio-colluviale avente uno spessore di pochi metri; in tali ambiti la permeabilità è condizionata principalmente dalla fratturazione e dalla giacitura degli strati della roccia. Indicativamente, le rocce flyschoidi sono poco permeabili, con valori di permeabilità mediamente pari a 10^{-7} m/s;
- aree costituite da depositi ghiaiosi in matrice limoso-sabbiosa a media permeabilità, suturati in discontinuità da suoli argillosi di limitato spessore; la permeabilità si attesta attorno ai $10^{-4} \div 10^{-5}$ m/s;

- aree costituite in prevalenza da depositi ghiaiosi in abbondante matrice limo-argillosa. La copertura di tipo argilloso è presente in continuità con spessori anche di alcuni metri. I valori di permeabilità si aggirano intorno a 10^{-6} ÷ 10^{-7} m/s quindi definiscono dei terreni a bassa permeabilità.

Si sottolinea che i valori di permeabilità sopra riportati sono del tutto indicativi, per una caratterizzazione generale del sottosuolo. Trattasi di valori estrapolati indirettamente, in base alla granulometria dei depositi sciolti presenti nel territorio comunale; la definizione del grado di permeabilità del substrato roccioso si riferisce invece a dati estrapolati da pubblicazioni presenti in bibliografia.

7.4 Vulnerabilità della falda

La vulnerabilità intrinseca dell'acquifero esprime la caratteristica con cui un inquinante generico riesce a raggiungere la falda trasportato dall'acqua che la contamina.

Il grado di vulnerabilità dipende essenzialmente da vari fattori:

- *permeabilità della zona non satura*: la protezione della falda è condizionata dallo spessore e dalla permeabilità del terreno sopra la falda e dalla presenza di suoli argillosi. Nel territorio comunale la zona non satura è costituita da depositi di varia origine (principalmente fluvioglaciali) a granulometria grossolana in matrice fine, talora abbondante, (permeabilità medio-bassa), con una copertura abbastanza continua limoso-argillosa, che offre sufficienti garanzie di protezione (vulnerabilità medio-bassa);
- *soggiacenza della falda*: i valori di soggiacenza sono elevati, superiori ai 50 m circa;
- *caratteristiche idrogeologiche dell'acquiclude*: l'acquifero freatico possiede elevata permeabilità ma sono presenti orizzonti fini continui che limitano la diffusione di inquinanti;
- *presenza di corpi idrici superficiali*: sono presenti corpi idrici superficiali ma non interferenti con la falda, infatti non fungono né da superficie drenante né alimentante.

7.5 Forme, processi ed elementi legati alla presenza delle acque sotterranee

7.5.1 Elementi antropici

Pozzi

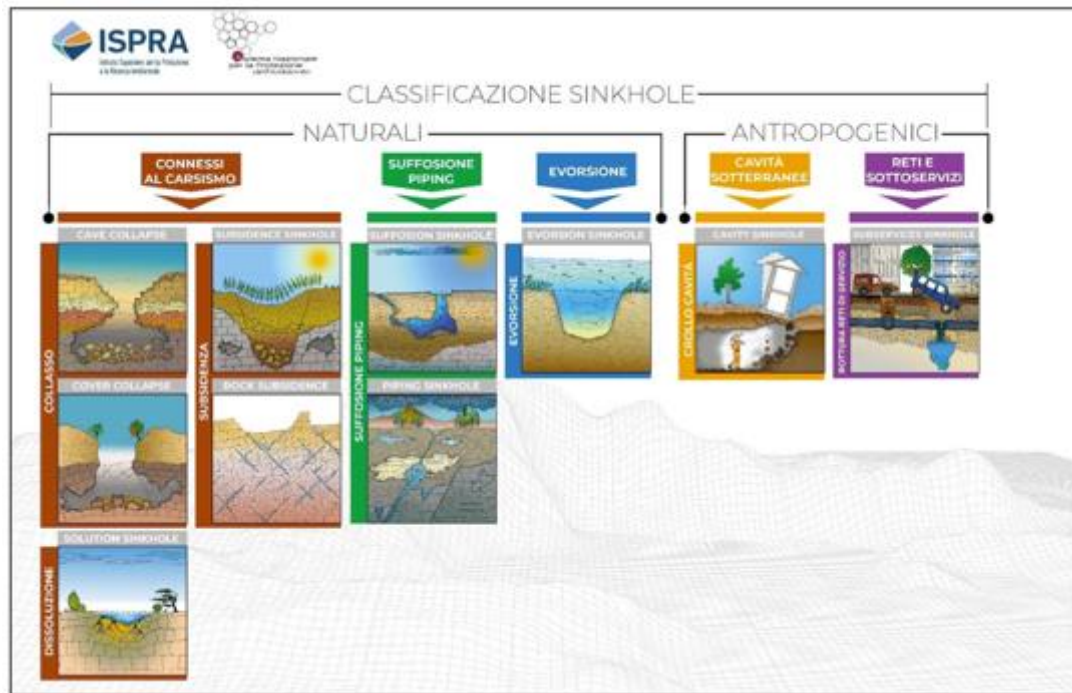
Sono stati cartografati i pozzi presenti all'interno del territorio comunale, distinguendoli in base all'uso (potabile pubblico, industriale, antincendio, aree verdi, pompa di calore, in disuso) così come riportato nella carta delle piccole derivazioni della Provincia di Bergamo. Al di fuori del confine comunale, sul territorio di Almenno San Bartolomeo, sono presenti n. 2 captazioni idropotabili asservite all'acquedotto.

8 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE A POTENZIALE PRESENZA / EVOLUZIONE DI CAVITÀ 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 Barzana, 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 Barzana, 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 Barzana sono state analizzate le evidenze morfologiche ed idrogeologiche legate alla potenziale presenza di forme carsiche (superficiali e/o 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).

9 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

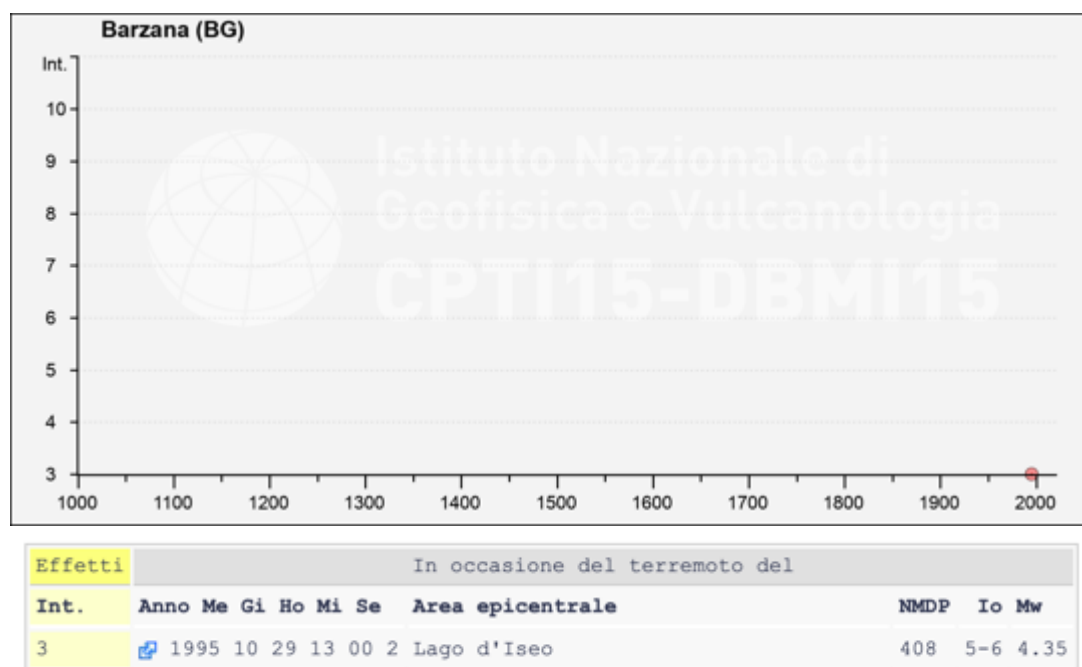
9.1 Zona sismica di appartenenza

Il Comune di Barzana ricade in zona sismica 3, con un valore di a_{gmax} uguale a 0,091116.

9.2 Sismicità storica

I dati riferiti alla sismicità storica per il territorio comunale di Brembate di Sopra sono stati estratti dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A. (2021). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0.) redatto dall'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Si riportano di seguito gli eventi sismici a partire dal 1000 al 2020 estratti dal catalogo sopra richiamato.



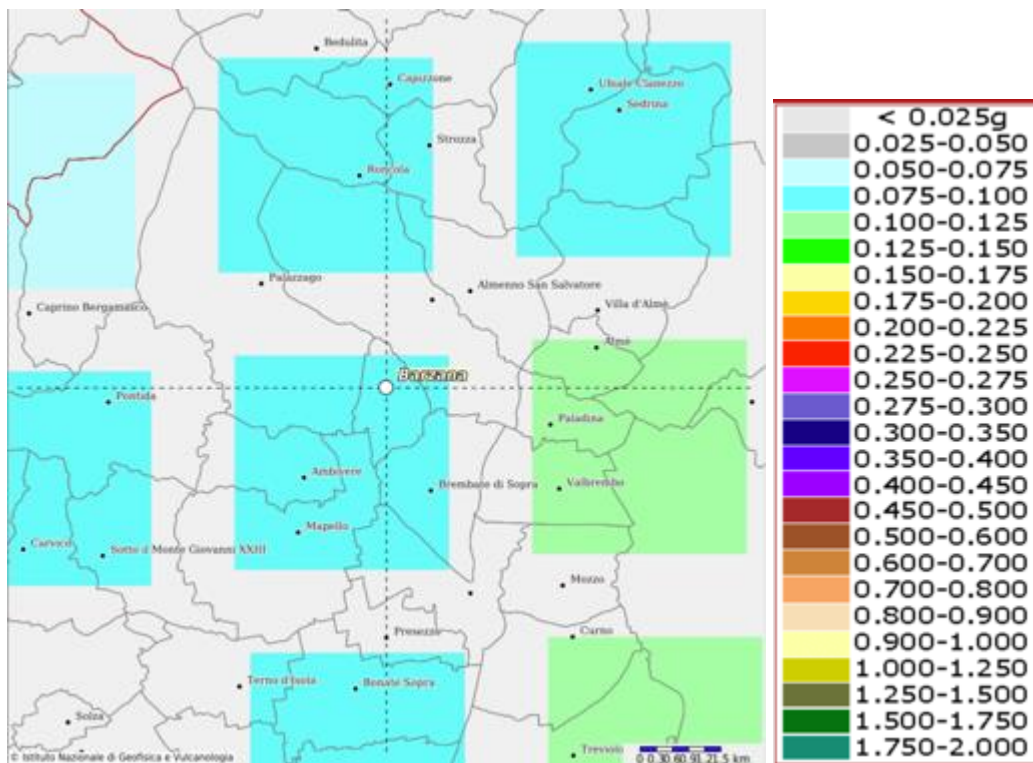
EQs numero di eventi riportati
NMDP è il numero di Microseismic Data Point
Io è l'intensità epicentrale
Mw è la magnitudo momento

Dall'analisi dei dati sopra riportati, emerge che l'ambito territoriale in esame è stato interessato nel 1995 da un terremoto con una magnitudo momento di 4,35.

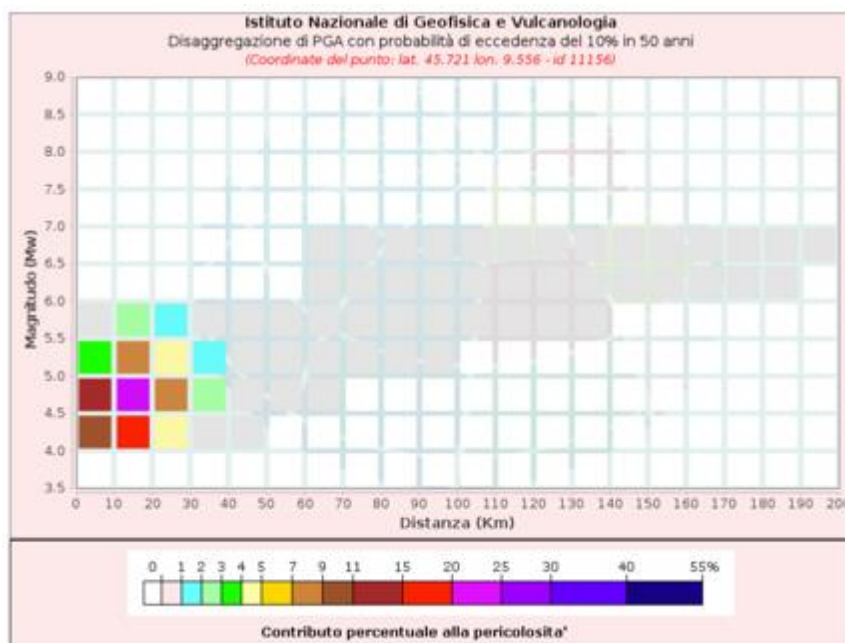
Per ottenere ulteriori elementi di riferimento in merito al sisma di riferimento per l'ambito in esame, è stata considerata anche la mappa di pericolosità sismica redatta dall'INGV per l'intero territorio nazionale; tale mappa tramite la disaggregazione della pericolosità sismica, consente di valutare 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 a_g/g , con un contributo percentuale alla pericolosità sismica del 20-25 % per terremoti di magnitudo M tra 4,5-5,0 a distanza epicentrale R di 10-20 km, per $T_r = 475$ anni (il valore medio è di $M = 4,78$ e $R = 17,5$ km).



Stralcio della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004) per il territorio di Barzana



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 45.721 lon. 9.556 - id 11156)											
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	9.6800	11.3000	3.1300	0.6370	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	15.4000	22.1000	8.2900	2.1200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	4.1700	7.7300	4.0700	1.3600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.9540	2.3800	1.6900	0.6980	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.1220	0.7280	0.7420	0.3710	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.1570	0.3560	0.2290	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0140	0.1910	0.2560	0.1420	0.0245	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0650	0.1830	0.1460	0.0269	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0133	0.1040	0.1090	0.0216	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0491	0.0723	0.0153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0174	0.0450	0.0103	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0055	0.0274	0.0069	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0167	0.0052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0089	0.0035	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.78	17.5	0.8

Grafico e tabella di disaggregazione Tr 475 anni – il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata dal valore di PGA mediana per una probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni

9.3 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 Comune di Barzana ricadendo in zona sismica 3 ha effettuato l'analisi di 1° e 2° livello, in conformità all'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".

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

Nel dettaglio, i livelli di approfondimento consistono nelle seguenti fasi:

- 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

- 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.

Le valutazioni sismiche di 1° livello contenute nel precedente studio geologico redatto dallo scrivente nel 2015, vengono di seguito recepite in toto, ritenendo che gli scenari di pericolosità sismica individuati siano validi per l'ambito territoriale in esame; per quanto riguarda l'approfondimento di 2° livello, i valori del fattore di amplificazione già calcolati forniscono un quadro esaustivo della risposta sismica del terreno. È stata effettuata una revisione del quadro finale di confronto tra i fattori di amplificazione calcolati (FAC) per ciascuno dei siti presi in esame e i valori soglia regionali (FAS).

9.4 Analisi sismica di 1° livello

All'interno del territorio comunale di Barzana sono stati individuati i seguenti scenari di pericolosità sismica riferibili a possibili fenomeni di amplificazione topografica (Z3) e/o litologica e geometrica (Z4), riportati nella carta della pericolosità sismica locale (PSL) in scala 1:5.000 (Tav. 5).

- Scenario Z3b – zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo

Sono state individuate n. 3 creste appuntite in corrispondenza dei rilievi collinari del Monte della Rode.

- Scenario Z4a – zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi

L'intero territorio comunale si caratterizza per la presenza di depositi ghiaiosi in matrice sabbiosa o limoso-argillosa, talora prevalente, con clasti da subarrotondati a subspigolosi, suturati in sommità da limi e argille a clasti residuali, localmente con uno spessore di alcuni metri.

- Scenario Z4b – zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre

Trattasi di un piccolo apparato di conoide posto allo sbocco di una vallecola che incide in direzione nord le colline di Barzana, la cui connotazione morfologica risulta poco accentuata, con forma planimetrica a triangolo, con scarsa o nulla convessità trasversale.

9.5 Analisi sismica di 2° livello

L'analisi sismica di 2° livello si applica a tutti gli scenari suscettibili ad amplificazioni morfologiche (scenario Z3) e ad amplificazioni litologiche (scenario Z4) individuati nella carta di pericolosità sismica locale (PSL), interferenti con urbanizzato o urbanizzabili, ad esclusione delle aree già inedificabili.

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 si riferiscono a specifici periodi in funzione 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 $0,5 \div 1,5$ 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 $0,1 \div 0,5$ s.

Si riportano di seguito i valori soglia (FAS) definiti da Regione Lombardia per il Comune di Barzana, al variare della categoria di suolo, nei periodi di riferimento di $0,1 \div 0,5$ s e $0,5 \div 1,5$ s, da utilizzare nelle valutazioni del fattore di amplificazione sismica per gli scenari Z4.

Valori soglia per il periodo compreso tra $0,1 \div 0,5$ s

	CATEGORIA DI SUOLO			
Comune	tipo B	tipo C	tipo D	tipo E
Barzana	1,4	1,8	2,2	2,0

Valori soglia per il periodo compreso tra 0,5÷1,5 s				
	CATEGORIA DI SUOLO			
Comune	tipo B	tipo C	tipo D	tipo E
Barzana	1,7	2,4	4,2	3,1

9.5.1 Effetti di amplificazione morfologica

Scenario Z3b

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

Le tipologie di creste analizzate, rispondenti ai criteri di riconoscimento previsti dall'abaco regionale per lo scenario Z3b presentano valori di Fa ($FAC_{0,1-0,5 s}$) 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. 17.01.2018)		Esito verifica
		CATEGORIA TOPOGRAFICA	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA $S_T \pm 0,1$	
1	1,1	T2	1,2	OK
2	1,1	T2	1,2	OK
3	1,1	T2	1,2	OK

In base a quanto indicato dall'Allegato 5 della d.g.r. 2616/2011, il valore di FAC per gli scenari Z3b deve essere assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta, mentre lungo i versanti tale valore deve essere scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante.

9.5.2 Effetti di amplificazione litologica

Scenario Z4a

L'analisi sismica di 2° livello è stata effettuata in corrispondenza di n. 9 siti, distribuiti all'interno delle aree urbanizzate e urbanizzabili del territorio comunale ricadenti nello scenario Z4a; i valori di $V_{s_{eq}}$ si basano su specifiche indagini geofisiche (MASW, ReMi).

Si riportano nella seguente tabella i dati utilizzati per il calcolo del fattore di amplificazione sismica (FAC).

Sito	Località	$V_{s_{eq}}$ (m/s)	Cat. Suolo NTC2018	$V_{s_{strato}}$ sup. (m/s)	Periodo T	Scheda di valutazione	Curva abaco	$FAC_{0,1+0,5}$	$FAC_{0,5+1,5}$
1	Loc. Albarida	337	C	245	0,49	LS2	2	2,0	1,5
2	Loc. Cascina Fornacetta	319	C	204	0,43	LS2	2	2,1	1,4
3	Via Papa Giovanni XXIII (auditorium)	381	B	213	0,28	LS2	2	2,1	1,2
4	Via Papa Giovanni XXIII (asilo)	356	C	196	0,28	LS2	2	2,1	1,3
5	Via Verdi	525	B	336	0,19	LS1	3	1,4	1,1
6	Zona Cimitero	353	C	290	0,55	LS2	3	1,7	1,5
7	Ca' Fittavoli	401	B	245	0,33	LS1	2	1,8	1,2
8	Loc. S. Pietro	380	B	207	0,30	LS2	2	2,1	1,3
9	Via Arzenate (zona ex depuratore)	403	B	214	0,29	LS2	2	2,1	1,3

Scenario Z4b

Per il sito caratterizzato dallo scenario Z4b non sono state effettuate analisi sismiche di 2° livello, in quanto l'area è inedificabile per la presenza della classe di fattibilità geologica 4.

9.6 Carta dei fattori di amplificazione nell'intervallo 0,1÷0,5 s

Nella carta dei fattori di amplificazione per l'intervallo 0,1÷0,5 s (Tav. 6a) è stata effettuata una zonizzazione del territorio comunale (urbanizzato ed aree di futura espansione urbanistica) sulla base dei fattori di amplificazione desunti dall'analisi di 2° livello.

Non si esclude che, localmente, le condizioni litostratigrafiche possano essere differenti rispetto a quelle considerate, determinando fattori di amplificazioni diversi da quelli proposti.

I poligoni definiti secondo tale classificazione sono stati sovrapposti alla carta di fattibilità geologica.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

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	Loc. Albarida	C	2,0	1,8	Verifica non soddisfatta
2	Loc. Cascina Fornacetta	C	2,1	1,8	Verifica non soddisfatta
3	Via Papa Giovanni XXIII (auditorium)	B	2,1	1,4	Verifica non soddisfatta
4	Via Papa Giovanni XXIII (asilo)	C	2,1	1,8	Verifica non soddisfatta
5	Via Verdi	B	1,4	1,4	Verifica soddisfatta
6	Zona Cimitero	C	1,7	1,8	Verifica soddisfatta
7	Ca' Fittavoli	B	1,8	1,4	Verifica non soddisfatta
8	Loc. S. Pietro	B	2,1	1,4	Verifica non soddisfatta
9	Via Arzenate (zona ex depuratore)	B	2,1	1,4	Verifica non soddisfatta

In base ai risultati ottenuti, emerge che i fattori di amplificazione litologica calcolati per l'intervallo 0,1÷0,5 (edifici bassi e rigidi) in diversi ambiti del territorio comunale di Barzana, sono superiori al fattore di amplificazione soglia relativo alla categoria di suolo considerata. In tali condizioni 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 in fase progettuale o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore (vedasi normativa di piano di seguito riportata).

Nei casi dove il valore del fattore di amplificazione calcolato (FAC) è inferiore o uguale al valore soglia di riferimento, lo spettro di normativa è sufficientemente cautelativo a tenere in considerazione possibili effetti di amplificazione litologica.

9.7 Carta dei fattori di amplificazione nell'intervallo 0,5÷1,5 s

Nella carta dei fattori di amplificazione per l'intervallo 0,5÷1,5 s (Tav. 6b) è stata effettuata una zonizzazione del territorio comunale (urbanizzato ed aree di futura espansione urbanistica) sulla base dei fattori di amplificazione desunti dall'analisi di 2° livello.

Non si esclude che, localmente, le condizioni litostratigrafiche possano essere differenti rispetto a quelle considerate, determinando fattori di amplificazioni diversi da quelli proposti. I poligoni definiti secondo tale classificazione sono stati sovrapposti alla carta di fattibilità geologica, distinguendo quelli con FAC superiore al valore soglia comunale (FAS) da quelli con FAC minore, così come previsto dalla normativa vigente. Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

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	Loc. Albarida	C	1,5	2,4	Verifica soddisfatta
2	Loc. Cascina Fornacetta	C	1,4	2,4	Verifica soddisfatta
3	Via Papa Giovanni XXIII (auditorium)	B	1,2	1,7	Verifica soddisfatta
4	Via Papa Giovanni XXIII (asilo)	C	1,3	2,4	Verifica soddisfatta
5	Via Verdi	B	1,1	1,7	Verifica soddisfatta
6	Zona Cimitero	C	1,5	2,4	Verifica soddisfatta
7	Ca' Fittavoli	B	1,2	1,7	Verifica soddisfatta
8	Loc. S. Pietro	B	1,3	1,7	Verifica soddisfatta
9	Via Arzenate (zona ex depuratore)	B	1,3	1,7	Verifica soddisfatta

10 CARTA PAI-PGRA

A fronte delle aree potenzialmente allagabili di nuova introduzione individuate per il territorio comunale di Barzana, è stata redatta la carta PAI-PGRA (vedi Tav. 7).

Allo stato attuale, all'interno del territorio di Barzana non sono presenti aree PGRA e/o elementi di dissesto PAI.

10.1 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) ed Elaborato 2 del PAI

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dalla legge 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.

Nel territorio di Barzana sono presenti ambiti territoriali di pertinenza del Reticolo idrografico Secondario Collinare e Montano (RSCM).

La DGR X/6378 attribuisce alle aree esondabili individuate lungo il Reticolo idrografico Secondario Collinare e Montano (RSCM – torrenti Lesina, Borgogna, Rino e Rio Monte della Rode), le norme dell'art. 9 comma 5, 6 e 6 bis delle NdA del PAI, secondo il seguente schema:

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste dall'art. 9 comma 5 delle NdA del PAI;
- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste dall'art. 9 comma 6 delle NdA del PAI;
- nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), si applicano le disposizioni di cui dall'art. 9 comma 6 bis delle NdA del PAI.

10.2 Proposta di inserimento ex novo di aree potenzialmente esondabili in ambito RSCM

Nella carta PAI-PGRA sono stati inseriti gli elementi di dissesto e le aree soggette ad esondazione in caso di eventi di piena, con carattere frequente, a media possibilità di accadimento od eccezionali, secondo il seguente schema:

tipologia di dissesto	pericolosità	Carta PAI-PGRA
Elementi areali		
Dissesto legato ad esondazione torrentizia	H4 H3 H2	Ee – pericolosità molto elevata Eb – pericolosità elevata Em – pericolosità moderata
esondazione ambito RSCM	Tempo di ritorno	carta PAI-PGRA
Aree esondazione da PGRA	20-50	Area P3/H
	100-200	Area P2/M
	500	Area P1/L
esondazione ambito RP	Tempo di ritorno	carta PAI-PGRA
Fasce fluviali – elaborato 8 PAI	20	Fascia A
	200	Fascia B
Aree esondazione da PGRA	20-50	Area P3/H
	100-200	Area P2/M
	500	Area P1/L

Le aree così individuate all'interno del territorio comunale di Barzana, sono le seguenti:

area a pericolosità elevata (Eb PAI) e della corrispondente area PGRA – RSCM P2/M:

- aree localizzate a partire dall'attraversamento della S.P. 175, immediatamente a monte del ponte stesso, e aree a valle a ricomprendere il comparto artigianale-industriale di via San Pietro e le aree prative estese fino al confine comunale con Brembate di Sopra.

aree a pericolosità media o moderata (Em PAI) e delle corrispondenti aree PGRA – RSCM P1/L:

- area in destra idrografica del torrente Lesina, situata a monte della ditta Personeni;
- area edificata in sponda sinistra del torrente Borgogna nel tratto che costeggia via Manzoni, lungo il confine NW del territorio comunale;

- area edificata a monte e a valle del ponte sul torrente Borgogna all'incrocio tra via S. Rocco, via Verdi e via Donizetti; sono state ricompresi i parcheggi interrati;
- area a monte dell'attraversamento di via Guglielmo Marconi, in sponda sinistra del Rio Monte della Rode;
- area allo sbocco del Rio Monte della Rode in corrispondenza del tratto intubato che attraversa la S.P. 175;
- area lungo via Ca' Fittavoli, alla confluenza tra il Rio Monte della Rode e il torrente Rino.

Le modifiche proposte e le relative previsioni urbanistiche connesse, entreranno in vigore il giorno successivo alla pubblicazione del Decreto del Segretario Generale sul sito istituzionale dell'Autorità di bacino distrettuale.

FASE DI VALUTAZIONE

11 VINCOLI

La carta dei vincoli è stata redatta su tutto il territorio comunale in scala 1:5.000 utilizzando l'aerofotogrammetrico comunale e riportando i vincoli di pertinenza geologica, secondo le indicazioni di cui ai criteri attuativi della l.r. 12/05.

11.1 Elaborato 2 del PAI

L'Elaborato 2 del PAI vigente – come riportato nel Geoportale regionale – non riporta elementi di dissesto all'interno del territorio comunale di Barzana (vedi Tav. 8a).

Nella Tav. 8b è riportato il nuovo quadro del dissesto PAI con la proposta di aggiornamento delle aree soggette ad esondazione di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua Lesina, Borgogna e Monte della Rode. Il nuovo quadro del dissesto PAI entrerà in vigore il giorno successivo alla pubblicazione del Decreto del Segretario Generale sul sito istituzionale dell'Autorità di bacino distrettuale, così come previsto dalla d.g.r. 6314 del 26.04.2022.

11.2 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

Nella Tav. 8b sono riportate le aree P2/M e P1/L definite per l'ambito territoriale RSCM.

11.3 Vincoli di polizia idraulica

Sulla carta dei vincoli sono individuate le fasce di rispetto dei corsi d'acqua (10 m) appartenenti al Reticolo Idrico Principale e al Reticolo Idrico Minore comunale vigente (si rimanda al regolamento contenuto nello studio per l'individuazione del Reticolo Idrico Minore per la normativa da attuare per gli interventi sui corsi d'acqua).

11.4 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

All'interno del territorio comunale di Barzana non sono presenti captazioni ad uso idropotabile.

È stata tracciata la zona di rispetto di n. 2 pozzi idropotabili ubicati in Comune di Almenno San Bartolomeo in quanto ricadono parzialmente anche in Comune di Barzana.

11.5 Vincoli derivanti dal PTR

La normativa definisce che debbano essere identificati i perimetri delle infrastrutture strategiche di interesse regionale 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.

In Comune di Barzana non sono previste opere per la difesa del suolo.

11.6 Vincoli derivanti dal Programma di Tutela e Uso delle Acque – PTUA 2016

A seguito della adozione del nuovo Programma di Tutela e Uso delle Acque (effettuata con Deliberazione n. 6862 del 12 luglio 2017) e dell'espressione del parere vincolante di competenza dell'Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po, è stato approvato definitivamente il PTUA di Regione Lombardia, con Delibera n. 6990 del 31 luglio 2017, che sostituisce il PTUA approvato nel 2006.

Le attività di studio effettuate nell'ambito della revisione del PTUA hanno permesso una ridelimitazione e riclassificazione dei corpi idrici negli ambiti di pianura e fondovalle del territorio lombardo. Sono quindi state identificate 3 idrostrutture principali di seguito elencate dall'alto verso il basso:

- ISS (Idrostruttura Sotterranea Superficiale), sede dell'acquifero libero;
- ISI (Idrostruttura Sotterranea Intermedia), sede di acquiferi da semiconfinati a confinati;
- ISP (Idrostruttura Sotterranea Profonda), sede di acquiferi confinati.

Dalla consultazione degli elaborati cartografici del PTUA, emerge che il territorio comunale in esame ricade all'interno dell'area di ricarica dell'ISS e dell'ISI.

Tali aree sono normate secondo l'art. 94 del D.Lgs. 152/2006 e l'art. 6 del Regolamento Regionale n. 6 del 29 marzo 2019 "Disciplina e regimi amministrativi degli scarichi di acque reflue domestiche e di acque reflue urbane, disciplina dei controlli degli scarichi e delle modalità di approvazione dei progetti degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane, in attuazione dell'articolo 52, commi 1, lettere a) e f bis), e 3, nonché dell'articolo 55, comma 20, della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 (Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche".

11.7 Piano Cave provinciale

Sul territorio comunale di Barzana il Piano Cave provinciale non individua ambiti estrattivi.

12 SINTESI

12.1 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. n. 9).

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;
- 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.

12.2 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 ad elevata acclività potenzialmente instabili per la presenza di terreno fine su pendio: trattasi dei versanti a elevata acclività della fascia collinare del Monte della Rode.
- Aree a media acclività potenzialmente instabili per la presenza di terreno fine su pendio: trattasi dei versanti a media acclività della fascia collinare del Monte della Rode.
- Aree a bassa acclività potenzialmente instabili per la presenza di terreno fine su pendio: trattasi dei versanti a elevata acclività della fascia collinare del Monte della Rode.

12.3 Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche - "G"

- Aree con difficoltà di smaltimento o possibile ristagno delle acque meteoriche di dilavamento superficiale: in corrispondenza della piana compresa tra i torrenti Borgogna e Lesina, fino al confine orientale del Comune di Barzana, la zona sud di Arzenate e la piana a ovest di Ca

Fittavoli, sono stati evidenziati problemi di difficoltà di smaltimento delle acque meteoriche e potenziali ristagni.

- Aree pianeggianti con terreni a granulometria fine con limitata capacità portante: si tratta essenzialmente della piana di Barzana, per la presenza di spessori consistenti (4÷5 m circa da p.c.) di materiale argilloso-limoso compressibile, che ne limitano l'uso dal punto di vista geotecnico.

12.4 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:

- Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura: trattasi di un piccolo conoide di deiezione non attivo, posto allo sbocco di una vallecchia che incide il versante settentrionale del Monte della Rode.
- Aree RSCM P2/M del PGRA e aree a pericolosità elevata - fascia Eb del PAI: aree pianeggianti lungo il corso del torrente Borgogna a valle dell'attraversamento della S.P. 175.
- Aree RSCM P1/L del PGRA e aree a pericolosità media - fascia Em del PAI: area in destra idrografica del torrente Lesina, situata a monte della ditta Personeni; area edificata in sponda sinistra del torrente Borgogna nel tratto che costeggia via Manzoni, lungo il confine NW del territorio comunale; area edificata a monte e a valle del ponte sul torrente Borgogna all'incrocio tra via S. Rocco, via Verdi e via Donizetti; area a monte dell'attraversamento di via Guglielmo Marconi, in sponda sinistra del Rio Monte della Rode; area allo sbocco del Rio Monte della Rode in corrispondenza del tratto intubato che attraversa la S.P. 175; area lungo via Ca' Fittavoli, alla confluenza tra il Rio Monte della Rode e il torrente Rino.

FASE DI PROPOSTA

13 FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

La carta di fattibilità è stata redatta su tutto il territorio comunale alla scala 1:5.000 (Tav. 10).

La carta di fattibilità, compilata nel rispetto delle indicazioni 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” e s.m.i., ha attribuito un valore di fattibilità a ciascuna area individuata nella carta di sintesi.

La fattibilità geologica 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 in quattro classi, distinte in base alle condizioni di criticità rilevate.

La carta di sintesi evidenzia la presenza di porzioni territoriali ove 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 con $FAC > FAS$. Tale sovrapposizione non comporta un cambio della classe di fattibilità geologica, ma rimanda alla normativa specifica riportata nelle norme geologiche di piano.

13.1 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 ad elevata acclività potenzialmente instabili per la presenza di terreno fine su pendio	4V
Aree a media acclività potenzialmente instabili per la presenza di terreno fine su pendio	3V
Aree a bassa acclività potenzialmente instabili per la presenza di terreno fine su pendio	2V

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche "G"	Classe
Aree pianeggianti con terreni a granulometria fine con limitata capacità portante	3aG
Aree pianeggianti con terreni a granulometria fine con limitata capacità portante e con difficoltà di smaltimento delle acque meteoriche	3bG
Aree con difficoltà di smaltimento delle acque meteoriche di dilavamento superficiale	2G

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico "I"	Classe
Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	4I
Aree Eb dell'Elaborato 2 del PAI; aree interessate da alluvioni poco frequenti – scenario P2/M (RSCM)	3I
Aree Em dell'Elaborato 2 del PAI; aree interessate da alluvioni rare – scenario P1/L (RSCM)	2I




DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almé (BG), marzo 2025

14 ELABORATI CARTOGRAFICI

- Tav. 1 Carta geologica con elementi di pedologia – scala 1:5.000
- Tav. 2 Carta litotecnica – scala 1:5.000
- Tav. 3 Carta geomorfologica – scala 1:5.000
- Tav. 4 Carta idrografica con elementi di idrogeologia – scala 1:5.000
- Tav. 5 Carta della pericolosità sismica locale – scala 1:5.000
- Tav. 6a Analisi sismica 2° livello – Scenario Z4a – Carta dei fattori di amplificazione sismica nell'intervallo 0,1-0,5 s – scala 1:5.000
- Tav. 6b Analisi sismica 2° livello – Scenario Z4a – Carta dei fattori di amplificazione sismica nell'intervallo 0,5-1,5 s – scala 1:5.000
- Tav. 7 Carta PAI-PGRA – scala 1:5.000
- Tav. 8a Carta dei vincoli – scala 1:5.000
- Tav. 8b Carta dei vincoli – proposta aggiornamento – scala 1:5.000
- Tav. 9 Carta di sintesi – scala 1:5.000
- Tav. 10 Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano – scala 1:5.000