

**COMUNE: ZOGNO**  
**PROVINCIA: BERGAMO**

**COMMITTENTE: Zogno 2016 srl—Orobica srl**

**PROGETTO: Piano Attuativo AT\_02\_16246**

**STEFANIA CABASSI**  
**GEOLOGIA, NIVOLOGIA, PIANIFICAZIONE TERRITORIALE**  
**Via Ing. S. Calvi, 37-24014 PIAZZA BREMBANA (BG)**  
**Tel e Fax: 0345/81058 email: scabassi@libero.it**

**Relazione di compatibilità e fattibilità geologica  
ai sensi della dgr. IX/2616 del 30/11/2011**

DATA: AGOSTO 2019

REDATTO DA:  
DR. GEOL. STEFANIA CABASSI  
N° ISCR. ORDINE DEI GEOLOGI  
DELLA LOMBARDIA 1123



**INDICE**

<b>PREMESSA, DESCRIZIONE DEL PROGETTO E FINALITA'</b> .....	<b>2</b>
<b>1.0 INQUADRAMENTO GENERALE: GEOLOGICO, MORFOLOGICO, IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO</b> .....	<b>3</b>
1.1 Geologia.....	3
1.2 Morfologia.....	4
1.3 Idrografia.....	5
1.4 Reti di drenaggio interrato.....	5
1.5 Idrogeologia .....	6
.....	7
<b>2.0 COMPATIBILITA' NORMATIVA</b> .....	<b>9</b>
<b>3.0 FATTIBILITA' GEOLOGICA E INDICAZIONI</b> .....	<b>13</b>
3.1 FIUME BREMBO : FENOMENI DI ESONDAZIONE.....	13
3.2 RETICOLO IDRICO MINORE.....	19
3.3 ROGGIA TRAINI .....	20
<b>4.0 INVARIANZA IDRAULICA E IDROGEOLOGICA</b> .....	<b>24</b>
4.1 Allargamento stradale (sedime della Roggia Traini) .....	25
4.1.1 Verifica del tempo di svuotamento della vasca di laminazione .....	26
4.1.2 Soluzione con Vasca per Infiltrazione.....	27
4.1.3 Soluzione con recettore Roggia Traini .....	28
4.2 Parcheggio Lotto 4.....	28
4.2.1 Dimensionamento delle opere di infiltrazione .....	29
4.3 Edificazione Lotto 3 (ex impianto di depurazione) .....	30
4.3.1 Dimensionamento delle opere di infiltrazione: Metodo delle sole piogge .....	31
<b>5.0 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA PRELIMINARE</b> .....	<b>33</b>
5.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	33
5.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA .....	34
5.3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	36
<b>6.0 CONCLUSIONI E SINTESI DELLE INDICAZIONI PER LE SUCCESSIVE FASI PROGETTUALI</b> .....	<b>37</b>

## PREMESSA, DESCRIZIONE DEL PROGETTO E FINALITA'

Il presente documento è stato redatto su incarico di Zogno 2016 srl e Orobica srl, a supporto della realizzazione del Piano Attuativo denominato "AT02 16246" in Comune di Zogno (BG) ed esamina gli aspetti connessi alla compatibilità e fattibilità geologica e geologico tecnica dell'intervento in accordo con quanto richiesto dalla normativa vigente in materia (dgr. IX 2616 del 30/11/2011 e s.m.i.).

L'area in esame, complessivamente pari a 40.944,59 mq, è localizzata nel settore centro occidentale del territorio comunale, in un'area compresa tra il Fiume Brembo e la Via Cesare Battisti (SP ex SS 470) ed è accessibile dalla stessa per mezzo di un ponte carrabile di attraversamento della Roggia Traini.

L'ambito comprende attualmente un complesso produttivo dismesso e una zona con attrezzature sportive.

Il progetto (si rimanda agli elaborati prodotti dallo Studio Tecnico Giampietro Geom. Persico con sede in Zogno) prevede la riqualificazione dell'area mediante i seguenti interventi previsti nella scheda delle operazioni di piano (individuata dalla sigla AT02) allegata al PGT vigente:

- ristrutturazione urbanistica del complesso produttivo dismesso con funzioni di tipo artigianale e per servizi alla popolazione (lotto 1, 2 e 3);
- riqualificazioni dei servizi sportivi/ricreativi esistenti e dei relativi parcheggi (lotto 4);
- realizzazione di adeguati spazi di relazione con il Fiume;
- realizzazione copertura della Roggia Traini ai fini igienico sanitari e utilizzo del soprassuolo per formazione di allargamento stradale (lotto 5).

Le finalità sono connesse al recupero e alla riqualificazione dell'area in esame attualmente in stato di abbandono.



Figura 1: AT02 stralcio tavola di progetto

## 1.0 INQUADRAMENTO GENERALE: GEOLOGICO, MORFOLOGICO, IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

### 1.1 GEOLOGIA

L'area in esame ricade in ambito alluvionale costituito dall'Unità Postglaciale alluvionale (Pleistocene sup. Olocene), come individuato nella cartografia geologica allegata allo studio geologico comunale (tavola 1).

I depositi (cfr. figura seguente) sono costituiti da diamicton a ciottoli, blocchi e ghiaie connessi alle attività deposizionali del Fiume Brembo e pertanto comprensive di terreni anche limosi e sabbioso-limosi distribuiti sia nello scheletro solido più grossolano (a modi matrice) sia come lenti e livelli.

L'assetto stratigrafico del sottosuolo è stato ricostruito con l'esame delle stratigrafie di pozzi industriali e/o antincendio realizzati in passato nell'ambito di intervento, con riferimento ai pozzi di Via Locatelli, della Manifattura Valbrembana e del Campo Sportivo e pertanto posti nello stesso contesto stratigrafico di riferimento.

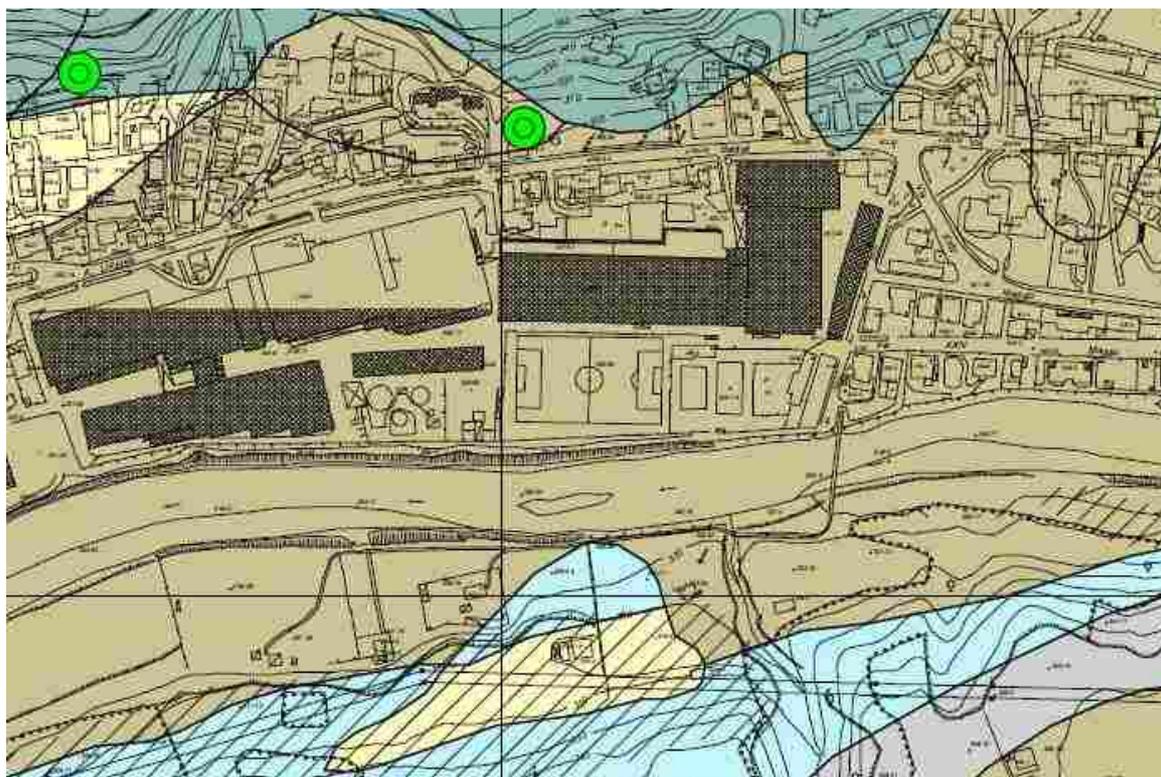
E' stata inoltre esaminata la documentazione geologica redatta a corredo degli interventi di manutenzione straordinaria di alcuni edifici industriali siti in via Paolo Polli (documento redatto da dr. geol. Gianluca Boffelli, marzo 2017 e fornito alla scrivente dal progettista delle opere).

Le informazioni ricavate consentono di definire la verticale stratigrafica costituente il modello geologico e sismico preliminare di cui al paragrafo 2.0, nonché idrogeologico con sufficiente definizione in relazione allo stato di avanzamento del progetto.

In particolare è rilevabile come l'area presenti elevato grado di antropizzazione da cui la considerazione che l'ambito di intervento è interessato da depositi antropici e/o depositi rimaneggiati, la cui composizione non può essere valutata in assenza di esame diretto.

Non si è ritenuto in questa fase di procedere all'esecuzione di indagini geognostiche da realizzarsi a supporto della progettazione strutturale delle opere edificatorie.

Non sono individuabili lineamenti tettonici significativi che possano alterare le condizioni del sottosuolo nonché interferire con le eventuali edificazioni.



#### COPERTURA SUPERFICIALE

- Conglomerati a supporto clastico con matrice sabbiosa; grado di cementazione da scarso a medio.
- Ghiaia e sabbia contenente ciottoli a supporto granulare; consistenza medio-buona.
- Diamicton a ciottoli e blocchi a supporto granulare o con matrice limosa o sabbioso-limosa; consistenza medio-buona
- Sabbie e ghiaie con ciottoli fortemente alterati con matrice limosa o sabbioso-limosa; consistenza media.
- Depositi eluviali e eluvio-colluviali: limi, limi argillosi, sabbie fini inglobanti ciottoli
- Materiale di riporto: materiali dalla granulometria e composizione piuttosto varia, generalmente limoso-argillosa-sabbiosa, con scadenti caratteristiche geotecniche, non idoneo quale terreno di fondazione.

#### SUBSTRATO ROCCIOSO

- Calcarei e dolomie della Dolomia Principale e delle Dolomie Zonate con fratturazione e spazatura metrica, mediamente fratturati. RQD = 40-80 %
- Calcari e calcari marnosi con stratificazione da metrica a decimetrica del Calcare di Zorzino e del Calcare di Zu; calcari e calcari selciferi da massivi a strificati ascrivibili alle formazioni della Dolomia Conchodon e del Calcare di Sedrina, fratturazione moderata. RQD = 40-70 %
- Calcari marnosi con liste e noduli di selce, a stratificazione piano parallela da decimetrica a centimetrica ascrivibili al Calcare di Moltrasio, Calcare di Domaro e Maiolica; grado di fratturazione moderato. RQD = 10-50 %
- Calcari marnosi con intercalati orizzonti argillosi, a stratificazione fitta, appartenenti all'Argillite di Riva di Sotto; fratturazione da media a intensa. RQD = 0-40 %
- Marne e selci con interstrati argillosi appartenenti alle Radiolariti e al Rosso Ammonitico; fratturazione da media a intensa. RQD = 0-30 %
- Indagini in sito (prove penetrometriche, sondaggi a carotaggio continuo, rilievo geomeccanico, trincee esplorative, etc)

Figura 2: stralcio della carta litotecnica (datata aprile 2011) allegata allo studio geologico comunale vigente e inquadramento area di intervento (non in scala)

## 1.2 MORFOLOGIA

L'aspetto morfologico del territorio è tipicamente pianeggiante, costituito da una bassa pendenza in direzione sud.

La dinamica morfologica del Fiume Brembo ha determinato la distribuzione e la tipologia del suolo e del sottosuolo dell'area in esame e ad oggi determina le condizioni di potenziale coinvolgimento delle stessa nei fenomeni di esondazione con tempi di ritorno dell'ordine dei 100 anni (come emerso dallo studio di dettaglio sui fenomeni condotto a supporto della variante al PGT) e che ha portato

all'inserimento dell'area in classe di fattibilità 3 sottoclasse "ci" per problematiche di carattere idraulico.

In relazione ai fenomeni di esondazione l'area in esame è ubicata ad una quota superiore ai livelli di piena stimati (sezioni di riferimento dalla 14 alla 19 nello studio idraulico redatto nel dicembre 2013) non direttamente interessati da allagamento.

L'area è modellata dai processi antropici edificatori di cui fa parte la rete di drenaggio interrata sotto l'edificato trattata nel paragrafo 1.4.

### **1.3 IDROGRAFIA**

Il reticolo idrografico è caratterizzato da impluvi localizzati lungo il versante a nord dell'area in esame che non interessano direttamente la zona di intervento, dalla Roggia Traini, che scorre a cielo aperto nell'ambito in esame in fregio alla strada provinciale ed interrata nel tratto a est.

La valle del Monte lambisce il confine est dell'area in esame, il Fiume Brembo la delimita a sud, la roggia Traini a nord e la valle intubata individuata nella zona dell'attuale campo da calcio (da cui la fascia di rispetto del corso d'acqua (Reticolo Idrico Minore) che costituisce vincolo di Polizia Idraulica. Dei corsi d'acqua individuati solo in relazione al Fiume Brembo sono individuate condizioni di pericolosità per fenomeni di esondazione che possono coinvolgere l'ambito in esame in ragione della mancanza di un adeguato franco di sicurezza.

### **1.4 RETI DI DRENAGGIO INTERRATE**

L'antropizzazione del territorio ha portato alla tombinatura di diversi scorrimenti idrici presenti nel territorio comunale: per la zona in esame la rete di drenaggio interrata è costituita esclusivamente dal corso d'acqua individuato dal documento di Polizia Idraulica nella zona del campo sportivo.

Stando all'assenza di alvei a monte, anche intubati si ritiene che tale corso d'acqua sia in realtà uno sfioratore della roggia in direzione del Fiume Brembo, di cui è stato mantenuto il vincolo anche nella variante 2 del Comune di Zogno (che ha stralciato dalla vincolistica la Roggia Traini con la motivazione di non assoggettamento in quanto canale antropico recettore esclusivamente delle acque meteoriche controllate).

All'altezza della cabina del metano localizzata lungo lo spigolo sud est del lotto 3, è stata rinvenuta una tubazione di scarico con scorrimento di acque probabilmente connessa alla rete fognaria (sebbene non individuato nella cartografia dell'ente gestore Uniacque o allo stesso sfioratore individuato dalla perimetrazione del reticolo idrico).

L'esatto tracciamento del canale intubato e la sua eventuale correlazione con la zona del campo sportivo o con i condotti fognari potrà essere eseguita nello stadio progettuale più avanzato.

## 1.5 IDROGEOLOGIA

Dall'esame della cartografia tematica di supporto al PGT si evince che l'acquifero del fondovalle in esame risulta localizzato nei sedimenti alluvionali caratterizzati da buona permeabilità e stando, alle derivazioni presenti nella zona (pozzi industriali e/o con funzione antincendio) il livello freatico della falda si attesta a circa 5 metri di profondità dal piano campagna (come indicato nelle schede tecniche dei pozzi con concessione in essere reperibili sul portale provinciale SITER), suscettibile di oscillazioni stagionali sia in relazione all'alimentazione della falda di versante che in relazione alle oscillazioni del livello del Fiume Brembo che può esercitare in condizioni di innalzamento, stando all'assetto geologico e alla quote di fondovalle e del materasso alluvionale, anche un'azione alimentante nei confronti della falda.

Perlopiù il fiume esercita un'azione drenante nei confronti dell'acquifero e non sono individuabili paleoalvei o sub alvei che alimentano la falda da est.

La direzione di flusso della falda è verso sud in quanto alimentata dagli scorrimenti idrici di versante nella zona di interdigitazione tra depositi detritico - alluvionali di versante e depositi alluvionali di fondovalle.

Quanto all'interferenza con opere di captazione dal portale della provincia sopra citato e dallo studio geologico comunale è individuato nell'ambito di intervento un pozzo ad uso industriale posto lungo lo singolo nord-ovest del campo da calcio (rif.to BG0116361972, n° captazione 2, località Campo Sportivo). Attualmente il pozzo non è più in emungimento ma la concessione è ancora attiva.

Non sono presenti fasce di rispetto delle opere di captazione a scopo acquedottistico.

Stando alla permeabilità dei terreni la vulnerabilità della falda, comunque non captata a scopi acquedottistici, è elevata (> 0,1 cm/sec) anche in considerazione del basso livello di soggiacenza.

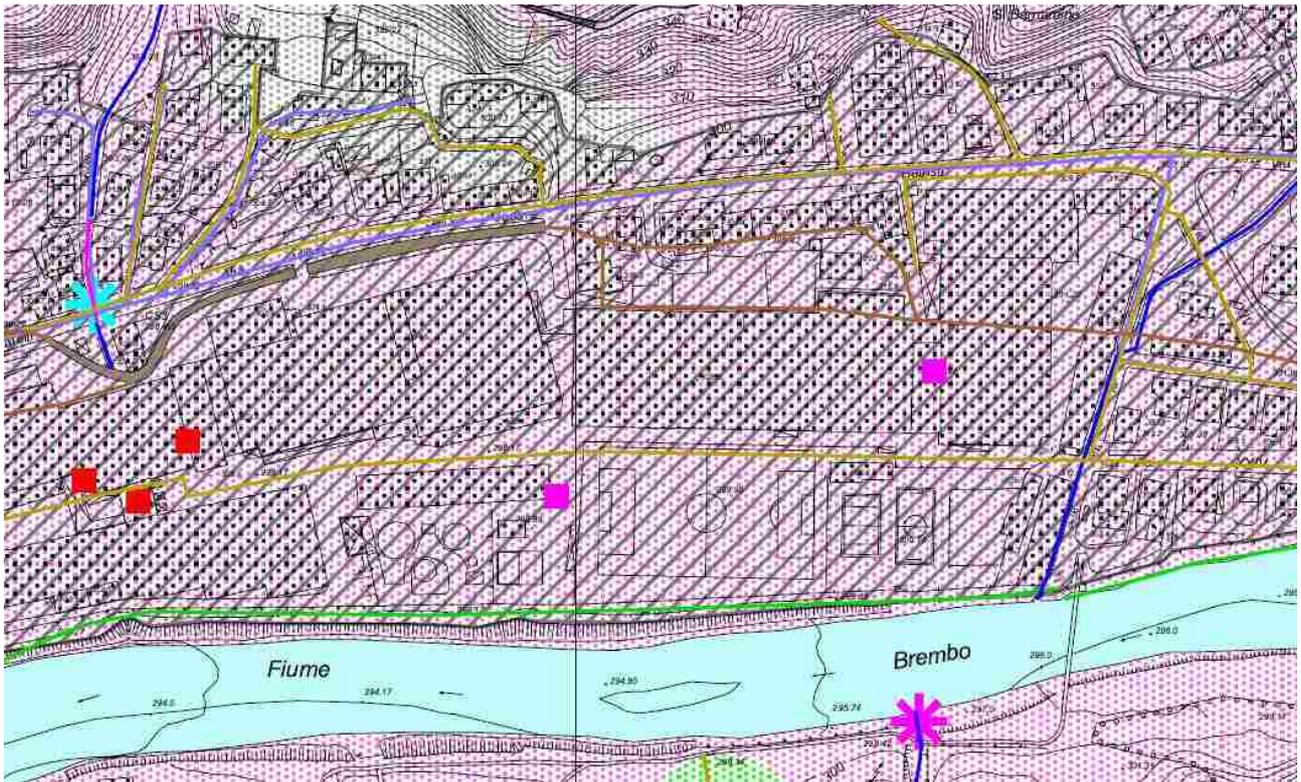


Figura 3: stralci della carta idrogeologica (datata aprile 2011) allegata allo studio geologico comunale vigente e inquadramento area di intervento (non in scala)

#### ACQUE SUPERFICIALI

##### RETICOLO IDRICO PRINCIPALE

	Alveo a cielo aperto		Alveo a cielo aperto
---	----------------------	---	----------------------

##### RETICOLO IDRICO MINORE

	Alveo a cielo aperto		Alveo canalizzato
	Alveo a cielo aperto		Alveo da sdemanializzare
	Alveo coperto		
	Alveo intubato		

##### Canale ENEL

	Alveo a cielo aperto		Roggia Traini Tratto a cielo aperto
	Alveo in sotterraneo		Tratto in sotterraneo

#### ELEMENTI, FORME E PROCESSI

	Principali bacini idrografici
	Paleoalveo
	Possibile ostruzione dell'alveo per inefficienza e/o inadeguatezza degli elementi strutturali presenti
	Punto di confluenza con possibilità di esondazione in occasione di fenomeni di piena

**ELEMENTI ANTROPICI**

	Derivazioni di acque superficiali		Soglia
	Passerella pedonale		Ponte
<b>Rete fognaria</b>			
	Principale condotta acque miste		
	Principale condotta acque nere		Industriale
	Collettore		Antincendio
	Scaricatore di piena		Potabile
	Punto di scarico	<b>Sorgenti</b>	
	Depuratore		Irrigua
	Vasca volano		Dismessa
<b>Rete acquedottistica</b>			
	Rete di distribuzione		Privata
	Canale a cielo aperto		Captazione idrominerale
	Canale intubato		
	Bacino acquedotto		

**ACQUE SOTTERRANEE****PERMEABILITA' (estratto da PGT comunale)**

	Classe 1 - Rocce e terreni con permeabilità da elevata a buona ( $k > 0.1$ cm/s): rocce calcareo dolomitiche con fratturazione pervasiva, talora carsificate e depositi alluvionali grossolani.
	Classe 2 - Rocce e terreni con permeabilità da buona a media ( $0.001 < k < 0.1$ cm/s): 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 ( $0.00001 < k < 0.001$ cm/s): 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 ( $k < 0.00001$ cm/s): argilliti, depositi fini.
	Classe 5 - Aree impermeabilizzate: urbanizzato.

**ELEMENTI, FORME E PROCESSI**

-  Sorgente non captata
-  Sorgente ad uso potabile - fonti di approvvigionamento idrico pubblico

## 2.0 COMPATIBILITA' NORMATIVA

Gli aspetti geologici e geologico - tecnici esaminati connessi alla compatibilità normativa sono i seguenti:

- classe di fattibilità geologica del PGT vigente (fenomeni di esondazione, Reticolo Idrico Minore) ai sensi della L.R. 12/2005 e s.m.i. e della d.g.r. VII/7868 del 2002 e s.m.i.;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni ai sensi della d.g.r. X/6738 del 2017 e s.m.i.;
- Scenari di Pericolosità Sismica locale ai sensi della d.g.r. IX/2616 del 2011 e s.m.i. e della d.g.r. n.2129 del 2014;
- Invarianza Idraulica e Idrogeologica ai sensi del r.r. 7/2017;

Non vengono analizzati nel presente documento gli aspetti connessi alla caratterizzazione delle matrici ambientali (per l'ambito di intervento la pianificazione comunale vigente non presenta norma) di cui al D.lgs 152/2006 e s.m.i.

L'eventuale analisi di tali aspetti può essere eseguita in uno stadio progettuale più avanzato.

L'area in esame in classe di fattibilità geologica 3 (con consistenti limitazioni), sottoclasse "ci" in relazione alle problematiche di esondazione del Fiume Brembo.



Figura 4: stralcio carta di fattibilità geologica per le azioni di piano da PGT vigente come da studio idraulico del 2013 (non in scala)

**AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO - "I"**

	Classe 3a I - Fattibilità con consistenti limitazioni
	Classe 3b I - Fattibilità con consistenti limitazioni
	Classe 3c I - Fattibilità con consistenti limitazioni
	Classe 2 I - Fattibilità con modeste limitazioni

Gli interventi in progetto sono compatibili con la normativa geologica di settore e fattibili in base alle indicazioni prescrittive contenute nello studio geologico comunale vigente (redatto da dr. geol. Corrado Reguzzi e dr. geol. Carletto Bertuletti nel aprile 2011 ai sensi della L.R. 12/2005, aggiornato nel 2014, disponibile sul portale comunale) e nello studio "Valutazione e zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione nelle aree di fascia "b di progetto" del PAI in sponda destra del fiume Brembo, all'interno del centro edificato" redatto da dr. geol. Corrado Reguzzi e da dott. ing. Mariagrazia Oprandi, nel dicembre 2013.

Di tali indicazioni al paragrafo 3.1 sono espresse le modalità di recepimento ai fini di rendere fattibile quanto in progetto.

Sono state esaminate le carte di pericolosità e rischio allegate al PGRA ad oggi vigente che, come indicato in paragrafo 3.1 concordano sostanzialmente con i risultati dello studio sopra citato.

Anche alla luce di quanto previsto dal PGRA gli interventi risultano compatibili normativamente.

Parte del campo da calcio risulta vincolato come area di rispetto del Reticolo Idrico Minore, così come risulta da cartografia allegata alle Tavole di Piano e scheda di intervento NE n° 30, di cui alla Variante al PGT vigente dal 14/01/2015.

Di tale vincolo occorrerà tenere conto in relazione alle attività previste che devono essere definite nel rispetto delle Norme di Polizia Idraulica vigenti di cui al paragrafo 7 del regolamento comunale approvato.

La realizzazione dell'allargamento stradale, compatibile normativamente, non genera interferenza significativa con il reticolo interrato, purché si garantisca l'accessibilità al canale interrato per eventuali ispezioni e/o manutenzioni, evitando preferibilmente per l'ambito in esame l'asfaltatura (nel rispetto dell'art. 96 del r.d. 523/1904).

Qualora per esigenze tecniche e ambientali cio' non risulti possibile, il tecnico dovrà motivare la scelta progettuale che sarà poi valutata dall'Amministrazione Comunale ente gestore del reticolo.

In relazione al canale interrato, una volta verificato il tracciato e l'efficacia funzionale, lo sbocco in alveo, potrà anche essere valutato un suo utilizzo quale collettore delle acque meteoriche raccolte dal piazzale che sarà adibito a parcheggio.

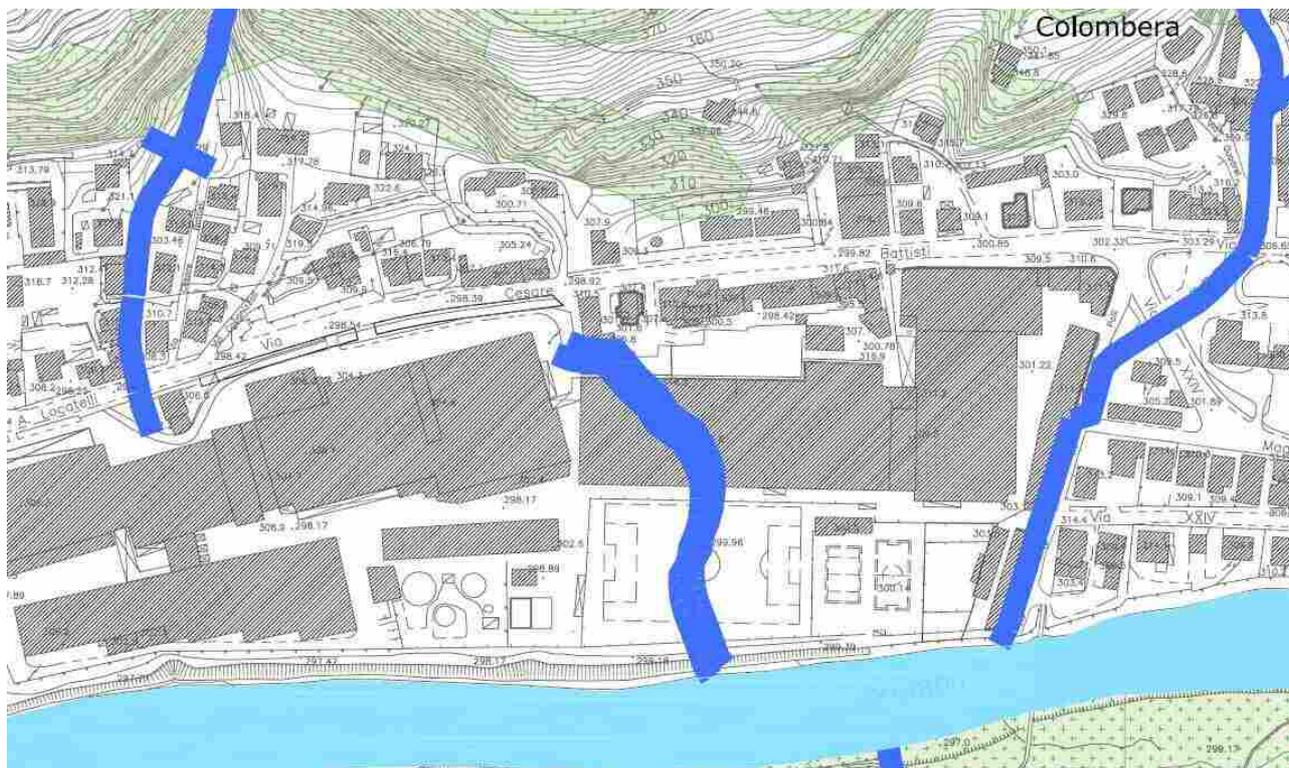


Figura 5: stralcio della Tavola 02 del Piano delle Regole (Individuazione delle aree di Elevata Naturalità e del Reticolo Idrico Minore - aprile 2011 - non in scala) allegata alla Variante di Piano ad oggi vigente. La perimetrazione della fascia di rispetto della Roggia Traini è stata stralciata in quanto la stessa è da considerarsi "canale artificiale".

Nella d.g.r. n.2 129 del 11/07/2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art.3, c.108, lett. d), il Comune di Zogno è classificato in zona sismica 3 (cui corrisponde un'accelerazione massima orizzontale attesa per il sito  $A_g \max 0,102063$  - o.p.c.m. 3519/06 e decreto min. infrastrutture 14/01/08).

Nella Carta della Pericolosità Sismica Locale l'area è compresa nello scenario Z4A (zona di fondovalle con depositi alluvionali/fluvioglaciali) condizione che comporta possibili amplificazioni litologiche in caso di sisma e che richiede, ai sensi della normativa vigente, approfondimenti di secondo livello supportati da studi di risposta sismica locale che possono essere eseguiti a supporto di uno stadio più avanzato di progettazione.



#### AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE E GEOMETRICHE

- Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi
- Z4b - Zona pedemontana di conoide alluvionale

Figura 6: stralcio carta con individuazione degli Scenari di Pericolosità Sismica Locale (datata aprile 2011) e inquadramento area in esame (non in scala)

Verificata la compatibilità normativa vengono di seguito analizzati gli aspetti connessi alla fattibilità geologica e geologico tecnica degli interventi in progetto (trattati in dettaglio nei paragrafi successivi) così articolati:

- Fenomeni di esondazione del Fiume Brembo;
- Reticolo Idrico Minore;
- Roggia Traini;
- Invarianza idraulica e idrogeologica;
- Aspetti geotecnici, idrogeologici, sismici.

### **3.0 FATTIBILITA' GEOLOGICA E INDICAZIONI**

#### **3.1 FIUME BREMBO : FENOMENI DI ESONDAZIONE**

Le seguenti analisi si basano sullo studio allegato alla variante 1 del PGT comunale, che può ritenersi completo ed esauriente in relazione alla tipologia degli interventi che si andranno a realizzare e al grado di pericolosità dei fenomeni attesi.

In base alle risultanze dello studio, l'area in esame non è coinvolta direttamente da fenomeni di esondazione: le quote delle arginature presenti sono superiori a quelle di massima piena calcolate per tempi di ritorno dei 200 anni (sezioni di riferimento 15-18 - cfr. figura 5).

Il grado di pericolosità moderato, definito per tale ambito, è da riferirsi al non rispetto del franco di sicurezza di 1 metro rispetto alla quota di esondazione stimata (come precisato nelle norme geologiche di piano vigenti in relazione alla classe di fattibilità geologica 3ci).

Nel PGRA la stessa area risulta classificata a pericolosità bassa in relazione alla classificazione dell'evento come scenario raro (cfr. figura 6).

Il rischio dell'area in esame, in funzione degli elementi esposti è classificato come grado medio (grado R2) in entrambi i documenti di riferimento (cfr. figg. 7 e 8).

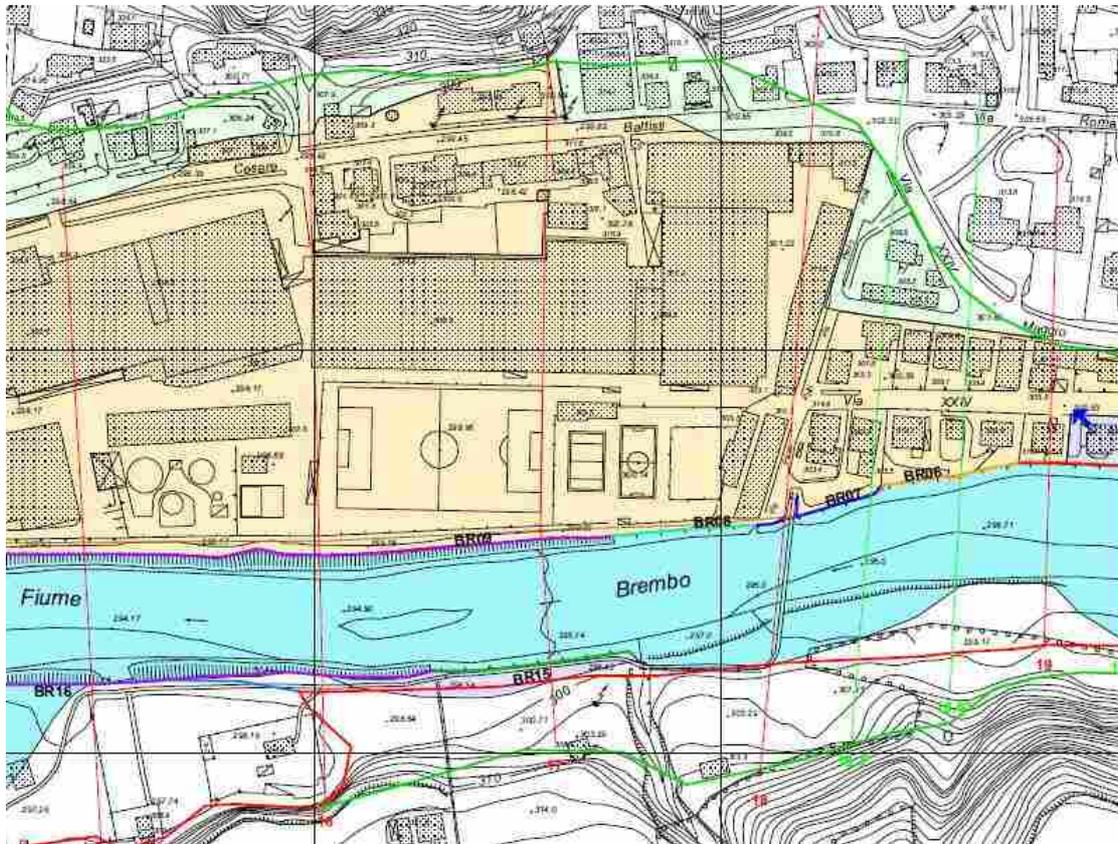


Figura 7: stralcio della cartografia allegata allo studio idraulico del dicembre 2013 con individuazione della pericolosità per l'ambito in esame (non in scala)

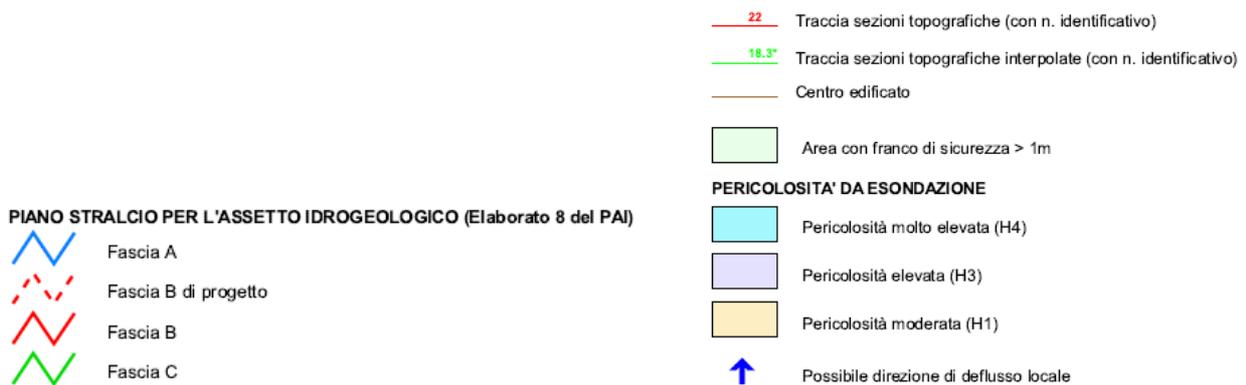




Figura 8: stralcio della cartografia del PGRA con individuazione della pericolosità per l'ambito in esame (non in scala)

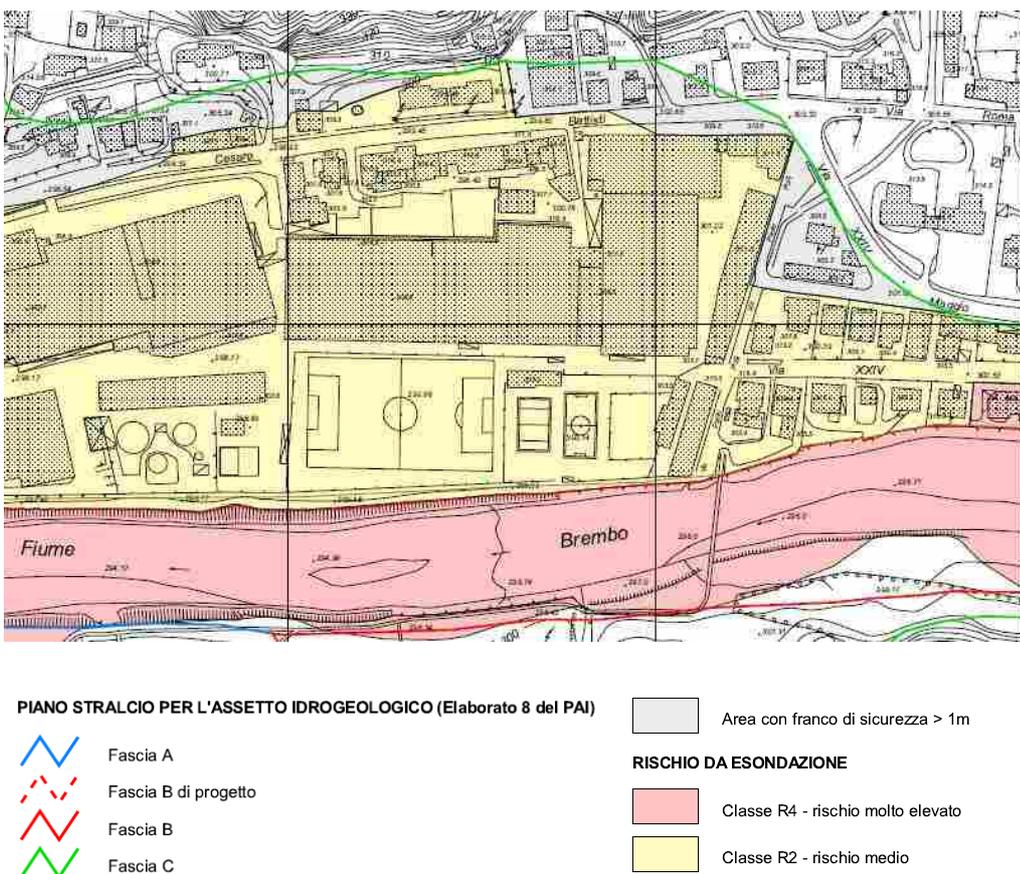


Figura 9: stralcio della cartografia allegata allo studio idraulico del dicembre 2013 con individuazione del rischio per l'ambito in esame (non in scala)

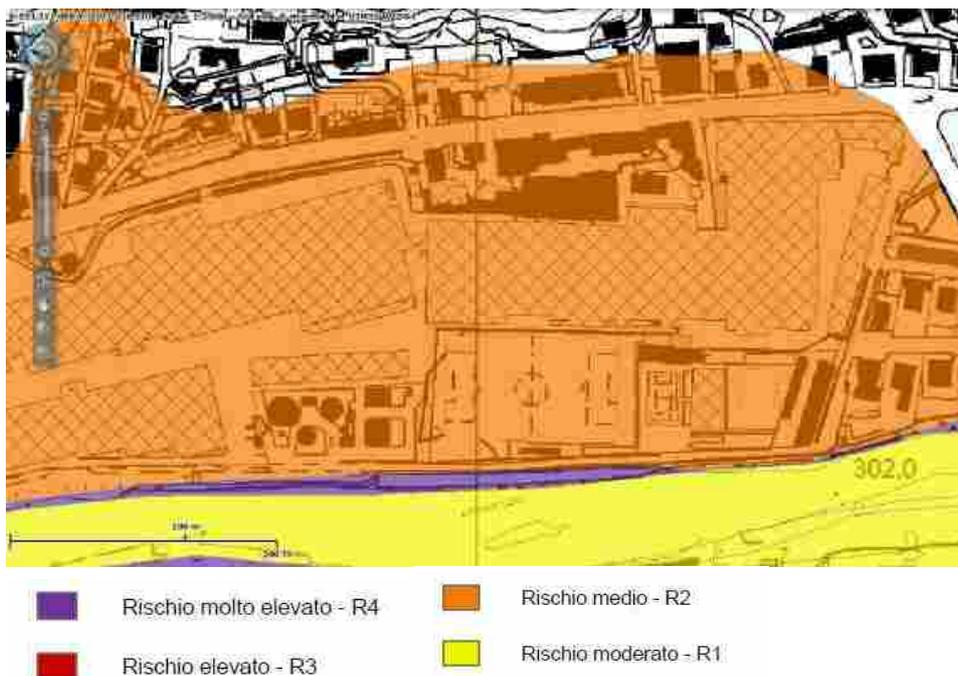


Figura 10: stralcio della cartografia del PGRA con individuazione del rischio per l'ambito in esame (non in scala)

Dai rilievi eseguiti in sito si delinea inoltre quanto segue:

- in relazione a possibili fenomeni di esondazione correlabili alla sezione 18 (cfr. figura 9) localizzata all'altezza della passerella pedonale, anche potenzialmente connessi all'ostruzione della sezione, sebbene la passerella non riduca la stessa (le fondazioni non insistono sul sedime dell'alveo) stando alla topografia e morfologia dell'area, caratterizzata, dalla presenza della Valle del Monte e da opere murarie, le correnti in tracimazione verrebbero deviate in direzione dell'alveo dai manufatti presenti o al più percorrerebbero la sede viaria con sviluppo parallelo all'alveo stesso.

Tale potenziale scenario è determinato dalla presenza dell'opera muraria di recinzione dell'area a est di quella in esame e che si sviluppa parallelamente alla sede viaria delimitandola ad oggi sino ad oltre il campo sportivo.

La strada comunale è delimitata da un cordolino di altezza di 15 cm rispetto al piano stradale, continuo sino a coprire il tratto stradale sotteso all'area 4.

In relazione alle quote del rilievo topografico eseguito a supporto della progettazione si rileva come siano maggiori rispetto a quelle indicate dal rilievo aereofotogrammetrico comunale (anche dell'ordine di 1 metro, esclusa la presenza del cordolo stradale);

- in caso di tracimazione dalla sezione 17, la stessa opera longitudinale risponde in modo analogo a quanto sopra. Tuttavia tale opera sarà demolita per la necessità di allargare la sede stradale. Si ritiene per tale ambito che l'eventuale espansione delle acque in deflusso nella zona del parcheggio possa essere caratterizzata dalla presenza di ostacoli morfologici a pochi decimetri di acqua con velocità basse, con rischio basso in relazione alla destinazione d'uso dell'area. Ai fini progettuali per tale ambito è preferibile in accordo con la normativa di settore, favorire il drenaggio delle acque mantenendo il più possibile le condizioni di permeabilità dell'area (riducendo cioè al minimo indispensabile l'impermeabilizzazione del suolo);
- per la sezione 16, attualmente è da rilevarsi lo sviluppo del muro con un'apertura posta tra la zona del campo da calcio e l'area individuata come Area 3, in dettaglio in corrispondenza della cabina metano. Si sottolinea che tale punto è quotato 299,25 m s.l.m. quindi superiore alla quota di piena individuata. L'eventuale tracimazione comporterebbe battenti idraulici per la zona in esame di pochi decimetri, con correnti in deflusso presumibilmente di debole velocità, ma è in tale ambito che possono individuarsi condizioni di maggior criticità rispetto ai casi precedentemente esaminati. Per tale ambito, il livello di rischio per gli interventi edificatori, in accordo con la normativa di piano, possono essere realizzati interventi che garantiscano il franco di sicurezza. La strategia di progettazione, in ottica di mitigazione del rischio, può prevedere la realizzazione di interventi ad una quota compatibile con il franco di sicurezza richiesto (per il lotto 3 di intervento, localizzato tra la sezione 16 e 15, superiore di circa 50 cm rispetto al piano campagna attuale).

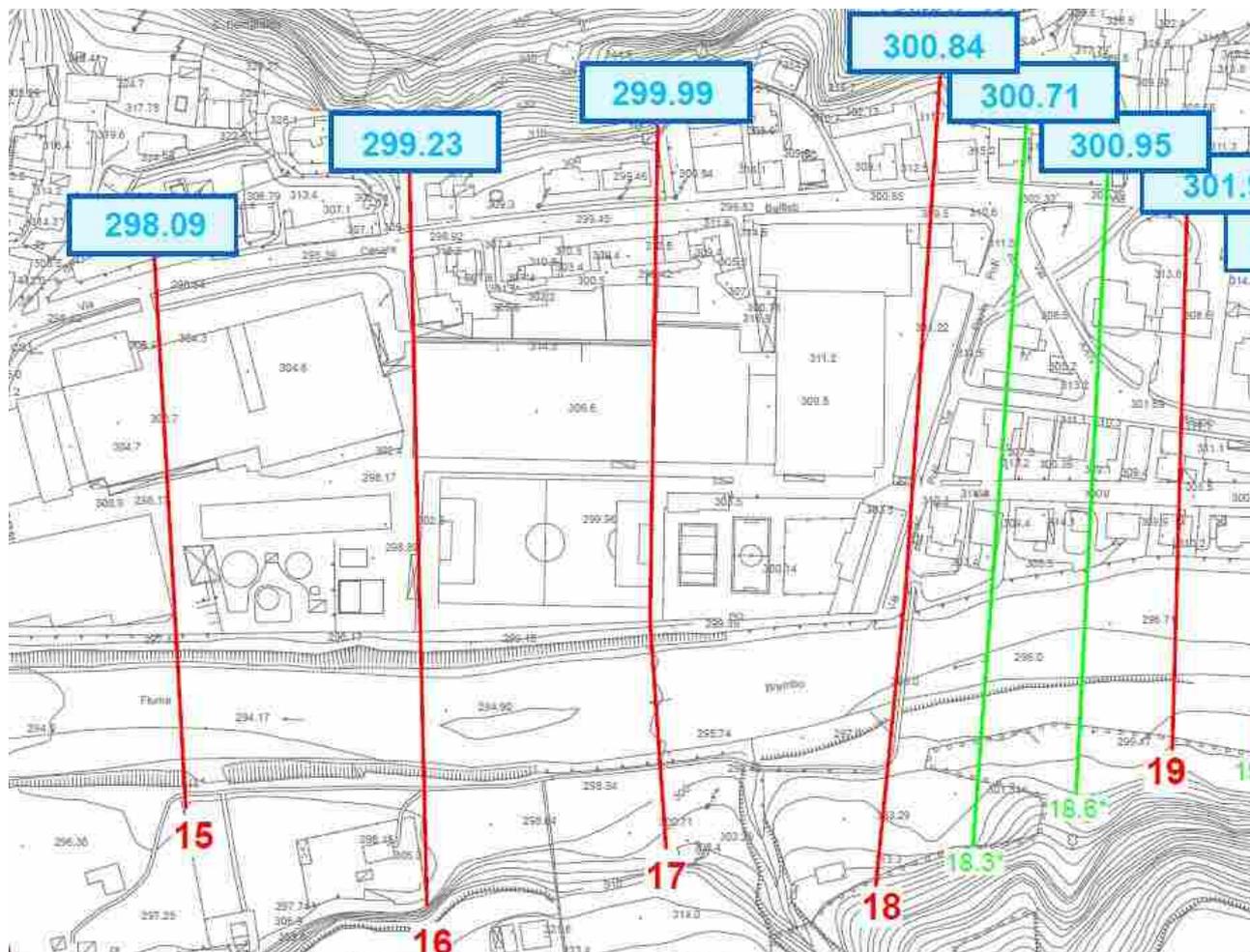
In conclusione si ritiene, anche nel rispetto di quanto indicato nelle norme geologiche di piano, che il franco di sicurezza debba essere garantito per l'area 3 del lotto 3 .

Le norme (art. 82 Norme Tecniche del Piano delle Regole) forniscono due possibilità: intervenire sugli argini spondali del corso d'acqua, incrementandone l'altezza, o realizzare interventi edilizi che garantiscano la quota quindi opere di protezione dell'area (al fine di rispettare le quote di franco).

Tale seconda ipotesi, già delineata con l'ipotesi di innalzare di il piano campagna, è preferibilmente percorribile in ragione della portata degli eventi attesi.

Alternativamente, in accordo con le previsioni progettuali di allargamento del tracciato stradale e di connessione della stessa con l'area in esame, si potrà ricorrere alla realizzazione di un cordolo di protezione di altezza di 50 cm, dotata di idonea opera di fondazione posta ad almeno 50 cm da p.c. Questa delimiterà in modo continuo, senza la realizzazione di varchi e/o aperture, il settore sud dell'area 3.

Tenuto conto della portata dei fenomeni attesi per cui si esclude l'esonazione diretta, non sono da rilevarsi condizioni peggiorative per le aree poste a valle della zona di intervento che richiedano specifiche valutazioni sul possibile incremento del grado di pericolosità e del conseguente rischio.



21 Traccia sezioni topografiche (con n. identificativo)

18.3\* Traccia sezioni interpolate (con n. identificativo)

295.43 Quota di piena con tempi di ritorno di 200 anni

Quota di riferimento = quota di piena + 1 m

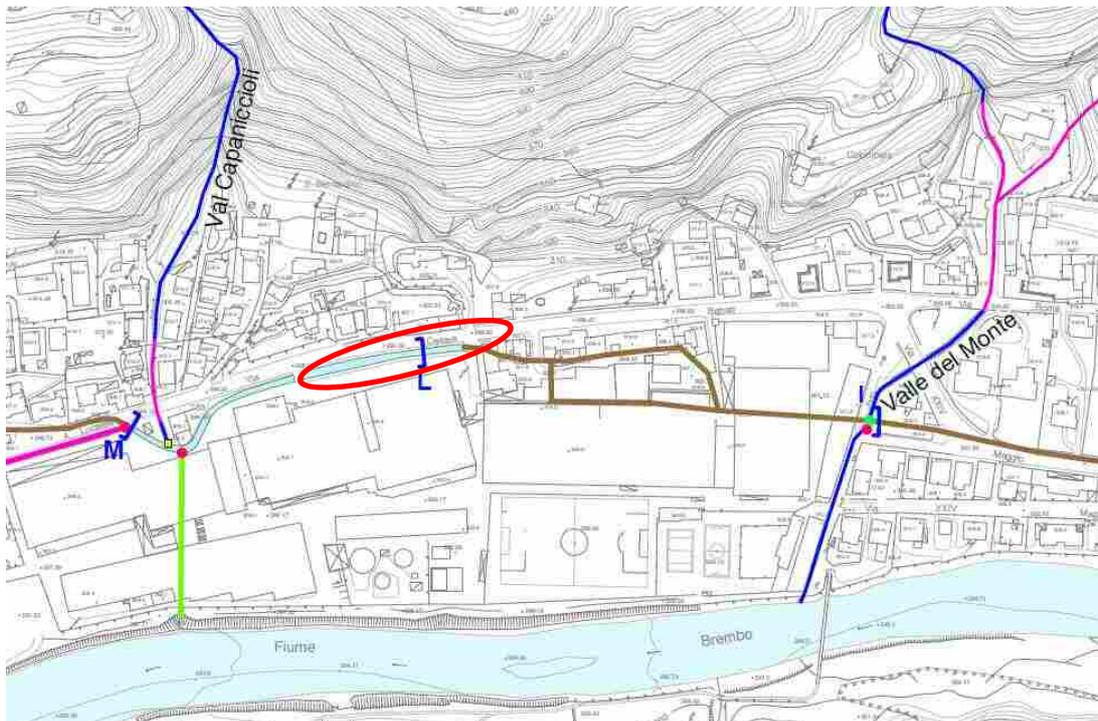
Figura 11: straccio della cartografia allegata allo studio idraulico del dicembre 2013 con individuazione delle sezioni di verifica idraulica (di cui alla figura seguente) e dei livelli di piena stimati (non in scala)



### 3.3 ROGGIA TRAINI

E' prevista la copertura della Roggia Traini per tutto il tratto con scorrimento a cielo aperto lungo la Strada Provinciale (Via Cesare Battisti) e la realizzazione sul sedime della stessa di allargamento stradale.

La copertura prevede l'installazione di una tubazione di dimensioni adeguate al deflusso delle acque, con successivo reinterro del canale, secondo le caratteristiche che si evincono dagli elaborati di progetto, atte a garantire la stabilità del manufatto e l'efficacia idraulica.



#### ROGGIA TRAINI

	Tracciato coperto - canale		Opera di presa
	Tracciato a cielo aperto - canale		Punto di immissione della Roggia Traini in corso d'acqua
	Tracciato coperto - tubo diametro 110 cm		Paratoia per scarico di fondo e di troppo pieno
	Tracciati errati (riportati nella cartografia di pianificazione comunale)		Sfioratore laterale
	Canale o tubo di scarico coperto		Attraversamento in subalveo
	Canale o tubo di scarico a cielo aperto		Punto di immissione corso d'acqua nella Roggia Traini
	Traversa di derivazione		

Figura 13: stralcio della cartografia allegata allo studio eseguito a supporto dell'Istanza di concessione di derivazione di acque superficiali per uso igienico dal Fiume Brembo redatto da dr. geol. Corrado Reguzzi nel dicembre 2016 (disponibile sul portale Regionale SILVIA) con individuazione del tracciato sotterraneo della Roggia Traini e dell'area interessata dalla formazione del parcheggio (non in scala)

Di competenza della scrivente la valutazione della fattibilità dell'intervento in ordine alle caratteristiche, alla tipologia e alla portata dei deflussi che caratterizzano la roggia.

La Roggia Traini trae origine da una derivazione sul Fiume Brembo in località Barnebot e come indicato nel documento di Polizia Idraulica dal piazzale del mercato a valle recepisce solo "in modo controllato" le acque meteoriche in occasione di precipitazioni di forte intensità, assumendo un ruolo essenziale sotto l'aspetto idrogeologico e di bonifica del territorio.

La roggia non riceve dunque apporti da altri corsi d'acqua sino alla confluenza con la Valle Capannicoli, Valdel e Valle Grande, che si immettono lungo la Via Locatelli.

Dalla derivazione alla Via Cesare Battisti sono presenti alcuni scolmatori che hanno la funzione di deviare i deflussi in Brembo.

Lo schema idraulico della roggia è riassunto nella figura seguente tratta dallo studio eseguito a supporto dell'Istanza di concessione di derivazione di acque superficiali per uso igienico dal Fiume Brembo redatto da dr. geol. Corrado Reguzzi nel dicembre 2016 (disponibile sul portale Regionale SILVIA).

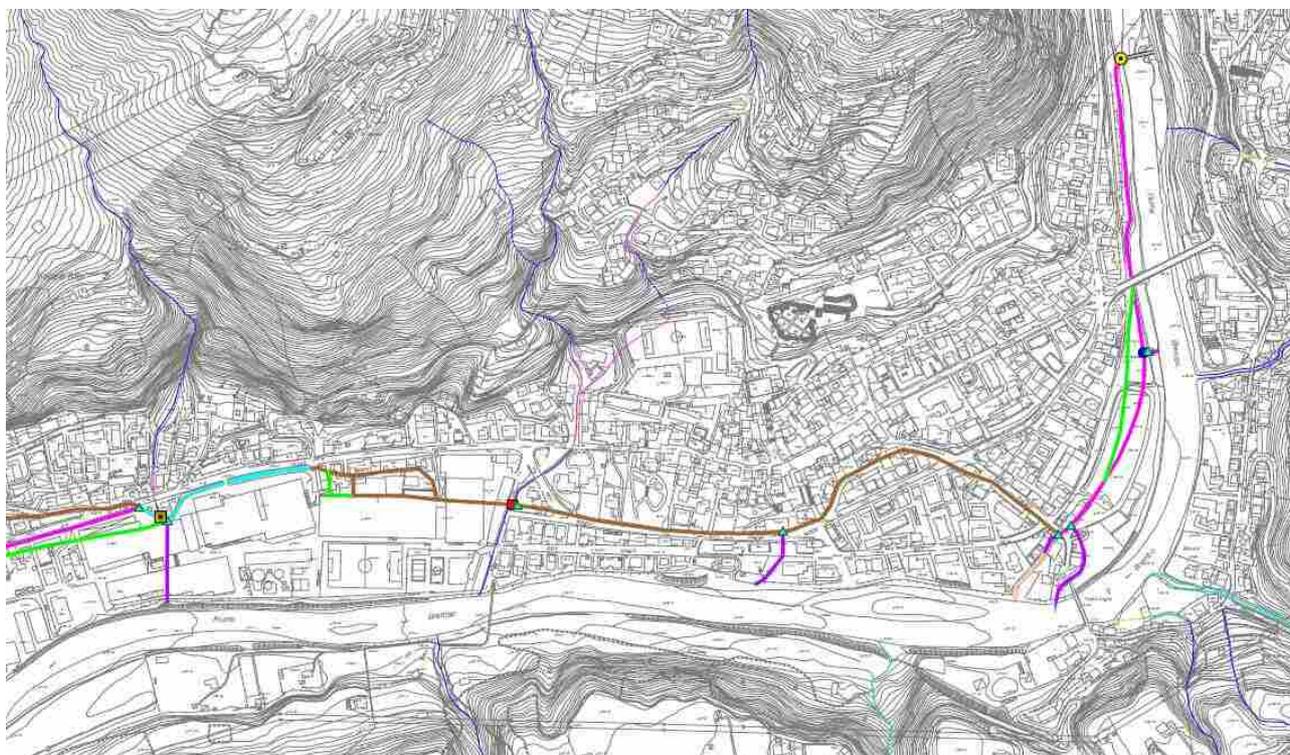


Figura 14: stralcio della tavola di individuazione delle caratteristiche della Roggia Traini allegata allo studio di supporto all'istanza di concessione di derivazione di acque superficiali per uso igienico dal Fiume Brembo redatto da dr. geol. Corrado Reguzzi nel dicembre 2016, per conto dell'Amministrazione Comunale (non in scala).

## RETE IDROGRAFICA

## Reticolo idrico principale

	Alveo Fiume Brembo
	Alveo

## Reticolo idrico minore

	Alveo a cielo aperto
	Alveo a cielo aperto
	Alveo coperto
	Alveo intubato
	Alveo da sdemanializzare
	Alveo canalizzato

## ROGGIA TRAINI

	Tracciato coperto - canale
	Tracciato a cielo aperto - canale
	Tracciato coperto - tubo diametro 110 cm
	Tracciati errati (riportati nella cartografia di pianificazione comunale)
	Canale o tubo di scarico coperto
	Canale o tubo di scarico a cielo aperto
	Traversa di derivazione
	Opera di presa
	Punto di immissione della Roggia Traini in corso d'acqua
	Paratoia per scarico di fondo e di troppo pieno
	Sfioratore laterale
	Atraversamento in subalveo
	Punto di immissione corso d'acqua nella Roggia Traini

Ai fini di determinare la portata della Roggia e dimensionare la tubazione di progetto, non essendo disponibili dati di portata in quanto anche le acque meteoriche che confluiscono nella roggia vengono controllate, si è fatto riferimento allo studio sopracitato, da cui si evince che:

- nello studio si fa riferimento a una portata massima prevista di immissione di acque derivate dal Fiume Brembo nella roggia, pari a 1,8 mc/sec con finalità igienico-sanitarie;
- in almeno un tratto della roggia (intubata dal Piazzale del Mercato a Via Pietro Ruggeri in una tubazione di diametro circolare pari a 110 mm) è presente una sezione di deflusso critica che consente il passaggio di una portata inferiore a quella determinata di progetto;
- in aggiunta la scrivente ha potuto verificare come durante gli eventi idrologici intensi degli ultimi anni, il livello della roggia in Via Cesare Battisti si attesti a circa 50 cm dal fondo alveo.

Tali informazioni sono state utilizzate quale supporto per la determinazione della portata di progetto (note le caratteristiche geometrico costruttive del tratto della roggia in esame, come indicate nelle tavole progettuali cui si rimanda).

Stando alla pendenza minima del canale rilevata pari a 0,5 % e alle portate massime previste di immissione 1,8 mc/sec una tubazione di diametro 120 cm risulterebbe verificata.

Alla portata di 2,2 mc/sec allo stato attuale del canale (larghezza 3,0 metri, ridotta dal tubo presente nel canale e dal piede delle arginature) corrisponde un'altezza di acqua di 35 cm nel canale.

Nelle condizioni osservate dalla scrivente di altezza della lama d'acqua pari a 50 cm il valore di portata corrispondente per la sezione in esame è di 3,4 mc/sec

In considerazione di quanto sopra e del fatto che la sezione di deflusso con una tubazione di 120 cm di diametro è circa la metà dell'attuale, si ritiene che sia preferibile utilizzare una tubazione di diametro pari ad almeno 140 cm o scatolare di sezione pari o superiore, intendendosi netti al deflusso.

Le verifiche per tale diametro, i cui risultati sono di seguito riportati, sono state condotte in considerazione di un coefficiente di scabrezza di kutter pari a 0,2 per pendenza 0,5% e riempimento del tubo per 1 metro.

Tale diametro garantisce le portate di deflusso stimate con sufficiente margine di sicurezza nei confronti di eventuali rigurgiti e dell'immissione nella tubazione delle acque meteoriche raccolte dal parcheggio come indicato in paragrafo 4.1.4 (nell'ipotesi sempre di controllo e mantenimento dell'efficacia funzionale delle opere che dovrà essere definito nel piano di manutenzione).

**Risultati:**

- Angolo al centro  $\alpha$   $\longrightarrow$  230.8 [°]
- Contorno bagnato  $Pb = 2\pi(\frac{\alpha}{360^\circ}r)$   $\Longrightarrow$  2.819 [m]
- Area di deflusso  $A = 1/2r^2(\frac{\pi\alpha}{180^\circ} - \text{sen } \alpha)$   $\Longrightarrow$  1.1765 [m<sup>2</sup>]
- Raggio idraulico  $Ri = \frac{A}{Ph}$   $\longrightarrow$  0.417 [m]

- Portata  $Q = AV$  dove A = Area di deflusso  
V = Velocità di deflusso
- Velocità di deflusso  $V = c\sqrt{Ri p}$  dove c = coefficiente di attrito  
Ri = raggio idraulico  
p = pendenza
- Coefficiente di attrito  $c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$  dove m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

h [m]	Q[m <sup>3</sup> /sec]
0.07	0.022
0.14	0.101
0.21	0.237
0.28	0.428
0.35	0.669
0.42	0.954
0.49	1.277
0.56	1.631
0.63	2.010
0.70	2.406
0.77	2.812
0.84	3.219
0.91	3.618
0.98	3.999
1.05	4.352
1.12	4.663
1.19	4.916
1.26	5.089
1.33	5.141
1.40	4.813

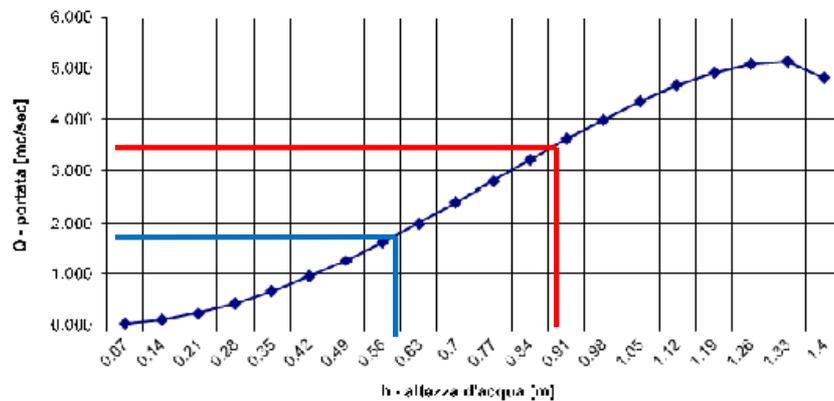


Figura 15: tabella e grafico portata / altezza deflusso nella tubazione in relazione alla portata di progetto (pari a 1,8 mc/sec in blu e alla portata di massima piena riscontrata nel canale pari a circa 3,4 mc/sec in rosso).

Si ritiene tale dimensionamento adeguato in considerazione del possibile non funzionamento degli sfioratori a monte in quanto, come già detto nel tratto precedente quello oggetto di intervento la roggia è caratterizzata da sezioni di deflusso inferiori a quanto in progetto (ad esempio il già citato tratto intubato in Via Pietro Ruggeri) e che pertanto porterebbero all'insorgere di condizioni di criticità con esondazione già a monte.

Diametri minori (120 cm) possono essere utilizzati qualora si garantiscano valori di portata immessi nel canale (ad esempio con controlli sugli sfioratori) dell'ordine massimo di 2,5 mc/sec.

Le modalità di innesto della roggia nel tubo e l'attraversamento carrale attuale, oggetto di rifacimento in relazione all'installazione della tubazione e all'adeguamento dell'ingresso carrale dalla provinciale, si evincono dalle tavole progettuali.

Nella progettazione degli interventi occorre inoltre tenere in considerazione la presenza di scarichi stradali lungo la sponda destra e, seppur presumibilmente non più attivi, lungo l'argine sinistro idrografico della roggia connessi allo smaltimento delle acque meteoriche dei piazzali dell'ex area manifatturiera.

E' presente anche un'immissione presumibilmente fognaria al di sotto del passaggio pedonale che delimita il tratto scoperto della roggia in direzione est.

La roggia può anche essere utilizzata per lo scarico totale o parziale delle acque raccolte dall'allargamento stradale di nuova formazione secondo le modalità illustrate nel paragrafo seguente.

La prevenzione del rischio di tracimazione delle acque in deflusso (mediante attivazione degli sfioratori) e di danneggiamento delle strutture interrato (che passano anche sotto aree edificate) sono da relazionarsi alle condizioni di efficacia funzionale, idraulica e strutturale dell'infrastruttura, nonché al controllo e alla manutenzione delle opere che saranno realizzate.

#### **4.0 INVARIANZA IDRAULICA E IDROGEOLOGICA**

La progettazione del piano attuativo in esame prevede l'analisi dell'invarianza idraulica ai sensi del R.R. 7/2017 che viene eseguita in questa fase in relazione allo stato di avanzamento progettuale e che dovrà pertanto essere verificata ed eventualmente aggiornata a supporto della progettazione definitiva-esecutiva dei singoli interventi.

Le seguenti analisi riguardano i lotti 2, 3 e 4.

E' prevista la realizzazione di un allargamento stradale sul sedime della Roggia Traini e di parcheggi individuati nell'area attualmente destinata ad attività sportive.

Il lotto 3 prevede la realizzazione di edifici le cui coperture sono state ipotizzate ai fini delle presenti analisi in 4000,00 mq.

Stando all'ubicazione delle aree di intervento e ai fini della progettazione delle opere di scarico, i tre lotti vengono analizzati separatamente.

Ai fini della procedura da seguire per la progettazione dell'invarianza idraulica, il comune di Zogno ricade (ai sensi del R.R. 7/2017 allegato c) in area C.

#### **4.1 ALLARGAMENTO STRADALE LOTTO 5 (SEDIME DELLA ROGGIA TRAINI)**

L'area prevista per il parcheggio in fregio alla strada provinciale ha una superficie di 500 mq.

E' stato considerato il sedime dell'allargamento completamente impermeabilizzato (asfaltatura).

Ai fini di definire la tipologia di intervento da adottare nel rispetto della normativa vigente, sono stati considerati i seguenti aspetti:

- attualmente le acque piovane raggiungono la roggia incrementandone progressivamente i deflussi, per un tratto di 120 ml quale quello previsto per la realizzazione dell'allargamento;
- le portate raccolte dall'area sono sottratte alla stessa roggia che costituisce rete pubblica di raccolta delle acque meteoriche;
- l'ambito di progetto risulta di fatto già urbanizzato;
- per il recapito delle acque meteoriche raccolte dal sedime asfaltato sono state valutate tre soluzioni progettuali: scarico nella stessa roggia, mediante tubazione di raccordo alla vasca e/o al sistema di dispersione (a valle del tratto che sarà intubato), scarico su suolo con realizzazione di opere di dispersione (tale soluzione è preferibile in ragione della tipologia di intervento), caditoie sul sedime dell'area asfaltata con recapito diretto nel canale (configurazione analoga all'attuale da verificarsi in sede di progettazione più avanzata).

In base a quanto sopra il caso in esame, rientrando in ambito territoriale C (di cui ai requisiti minimi che prevedono la realizzazione di una vasca di laminazione pari a 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile), ai fini dei limiti allo scarico ricade nella casistica di cui all'art. 8 comma 5 del r.r. 7/2017 che prevede "*l'adozione di interventi atti a contenere l'entità degli scarichi entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore e comunque entro il valore massimo ammissibile di 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile*".

La classificazione dell'intervento e le modalità di calcolo sono le seguenti:

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,01 \text{ ha } (\leq 100 \text{ mq})$	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		$da > 0,1 \text{ a } \leq 1 \text{ ha } (da > 1.000 \text{ a } \leq 10.000 \text{ mq})$	qualsiasi		
		$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	
		$> 10 \text{ ha } (> 100.000 \text{ mq})$	qualsiasi		

Tabella 1: classificazione dell'intervento di cui al lotto 1 ai sensi dell'art. 9 del R.R. 7/2017.

Puo' essere pertanto applicato il metodo previsto dall'art. 12 del R.R. 7/2017 (requisiti minimi) che prevede la realizzazione di uno o più invasi di laminazione dimensionati adottando un volume minimo dell'invaso o del complesso di invasi pari a 400 mc per ettaro di superficie scolante dell'intervento.

Poiché i 500 mq sono da considerarsi impermeabilizzati, il volume di invaso risulta pari a:

$$W_0 = 20,00 \text{ mc}$$

#### 4.1.1 VERIFICA DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE

Nell'ipotesi di scarico in ricettore (Roggia Triani) assumendo come portata massima ammissibile scaricabile:

$$u_{im}=40 \text{ l/s per ettaro di superficie}$$

la portata specifica massima ammissibile allo scarico per l'area di 500 mq è pari a:

$$u_s = 2 \text{ l/s}$$

Il tempo di svuotamento è dato dal rapporto tra il volume di invaso ( $W_0$ ) e la portata specifica massima ammissibile allo scarico ( $u_s$ ) e risulta verificato (in quanto  $< 48$  ore):

$$t_{svuot} = 11,68 \text{ ore}$$

Il tubo in uscita deve essere dimensionato dal progettista in funzione delle portate massime di scarico al ricettore (ai sensi dell'art 11, comma 6, punto g del R.R. 7/2017).

Devono essere previste tutte le componenti accessorie, compreso il pozzetto di ispezione previsto da normativa, atte a garantire l'efficacia funzionale del sistema e predisposto il piano di manutenzione delle opere (di cui all'art. 13 del r.r. 7/2017).

#### **4.1.2 SOLUZIONE CON VASCA PER INFILTRAZIONE**

Per la tipologia dell'intervento in esame è percorribile anche la progettazione di un sistema di dispersione su suolo dei volumi di invaso che preveda ad esempio la realizzazione di un'area ribassata drenante in cui confluiranno le acque raccolte dal sedime impermeabilizzato e che abbia una capacità di ritenuta pari al volume di laminazione sopra calcolato.

L'area di dispersione può essere progettata prevedendo l'utilizzo di cunette drenanti poste in fregio all'area di intervento per una lunghezza complessiva di 100 metri lineari e larghezza minima alla base di 0,8 m.

Le caratteristiche geometriche e costruttive possono variare assicurando comunque un'equivalente volumetria di accumulo e superficie di dispersione quale quella introdotta nei calcoli di verifica.

Il raccordo tra le aree drenanti e l'allargamento può avvenire tramite realizzazione di caditoie sviluppate in fregio all'allargamento stesso.

Può essere valutata anche una soluzione che preveda in aggiunta l'utilizzo di caditoie anch'esse drenanti.

La permeabilità dei terreni recettori è adeguata e la falda localizzata ad una quota inferiore, come da par. 5.2.

Operativamente si tratta di realizzare un'area ribassata che possa contenere anche un invaso idrico di volume pari a quello richiesto come requisito minimo (20,00 mc) con fondo drenante al fine di potenziare l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo.

Il dimensionamento dell'opera tiene conto della capacità di infiltrazione del sottosuolo funzione della permeabilità del terreno recettore, calcolato con il modello di Horton (procedura di calcolo di cui all'allegato F del R.R. 7/2017).

Per il dimensionamento si è fatto riferimento cautelativamente al valore minimo asintotico della capacità di infiltrazione del suolo in esame, indicato con  $f_c$ , che rappresenta il valore residuo della capacità di infiltrazione già raggiunta la saturazione del suolo (in considerazione del fatto che l'evento meteorico intenso può avvenire dopo piogge che hanno già contribuito a saturare il suolo).

Il parametro  $f_c$  risulta determinato dalla classe di suolo, per il caso in esame di tipo B (classificazione Natural Resources Conservation Service) per terreni con permeabilità moderata e pari a:

$$f_c = 12,7 \text{ mm/ora}$$

corrispondente a una capacità di infiltrazione di 35,28 l/(s ha).

Ipotizzando di realizzare un'area ribassata drenante complessivamente con larghezza alla base pari a 0,8 m per uno sviluppo complessivo di 100 metri lineari e tirante idrico pari a 25 cm) si ottiene un volume di accumulo di 20,00 mc per una portata infiltrata pari a 0,28 l/s.

I tempi di svuotamento del sistema di infiltrazione sono verificati, tenuto conto che, posizionandosi in ambito di viabilità provinciale, tale tempo deve essere preferibilmente compreso tra le 12 e le 24 ore (dunque minore delle 48 ore previste dal R.R. 7/2017 all'art. 11, comma 6, lettera f):

$$\text{tempo svuotamento} = (20,00 \times 1000) / 0,28 = 19,69 \text{ ore}$$

#### 4.1.3 SOLUZIONE CON RECETTORE ROGGIA TRAINI

L'ultima soluzione proposta prevede la realizzazione di caditoie sul sedime dell'allargamento stradale che convogliano le acque direttamente nel condotto della Roggia Traini, come da stato attuale, condizione per la quale non si ritiene di eseguire ulteriori verifiche in questa sede.

Tale ipotesi deve essere valutata dal progettista in relazione allo sviluppo e alle caratteristiche geometrico costruttive previste per la tubazione interrata.

In tale caso, in relazione a quanto già indicato in paragrafo 3.3, andrà necessariamente adottata una tubazione di diametro interno pari a 140 cm o scatolare di portata pari o superiore.

#### 4.2 PARCHEGGIO LOTTO 4

L'area di realizzazione del parcheggio annesso agli impianti sportivi ha una superficie complessiva di 7000 mq.

La classificazione dell'intervento e le modalità di calcolo sono le seguenti:

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,01 \text{ ha } (\leq 100 \text{ mq})$	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		$da > 0,1 \text{ a } \leq 1 \text{ ha } (da > 1.000 \text{ a } \leq 10.000 \text{ mq})$	qualsiasi		
		$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	
		$> 10 \text{ ha } (> 100.000 \text{ mq})$	qualsiasi		

Tabella 2: classificazione dell'intervento lotto 4 ai sensi dell'art. 9 del R.R. 7/2017

Si puo' applicare per il caso in esame quanto stabilito dall'art. 12 del R.R. 7/2017 (requisiti minimi) che prevede la realizzazione di uno o più invasi di laminazione dimensionati adottando un volume minimo dell'invaso o del complesso di invasi pari a 400 mc per ettaro di superficie scolante dell'intervento.

Stando all'estensione dell'area e alla tipologia dell'intervento è comunque preferibile adottare un sistema di drenaggio delle acque raccolte per infiltrazione.

Questa scelta progettuale è percorribile stando alla permeabilità del suolo e alle condizioni di soggiacenza della falda localizzata a -5 m p.c. (come indicato in paragrafo 5.2).

Il sedime previsto per le aree parcheggio, complessivamente pari a 7000,00 mq, ai fini della definizione del coefficiente di deflusso medio ponderale è stato così suddiviso (le ipotesi devono essere confermate e/o riverificate in sede di progettazione definitivo/esecutiva):

- 4000,00 mq destinati ai parcheggi con pavimentazione di tipo permeabile e rinverdito, mediante installazione di elementi prefabbricati a tipicamente a geometria alveolare, autobloccanti in calcestruzzo che garantiscono una permeabilità della superficie complessiva pari al 70% dell'area coperta. Per tali ambiti come previsto dall'art. 11, comma 6, lettera d si attribuisce un coefficiente di deflusso pari a 0,7;
- 2000,00 mq destinati alla viabilità di accesso e collegamento, previsti in asfalto, con coefficiente di deflusso pari a 1,0;
- 1000,00 mq aree a verde che possono essere utilizzate per l'infiltrazione nel sottosuolo delle acque meteoriche, con coefficiente di deflusso pari a 0,3.

Viene quindi calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area di trasformazione di 7000,00 mq che risulta pari a:

$$\Phi_{mp} = 0,73.$$

In relazione ai volumi minimi dell'invaso di laminazione per il caso in esame, pari a 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile si ottiene il seguente volume di invasore:

$$W_0 = 204,00 \text{ mc}$$

#### **4.2.1 DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI INFILTRAZIONE**

Si è ipotizzato di ottenere tali volumi utilizzando un sistema di dispersione su suolo mediante formazione di aree ribassate drenanti che possono essere localizzate o al disotto delle stesse aree adibite a parcheggio o lungo i vialetti di delimitazione strade di accesso/parcheggi.

Il raccordo con le aree ribassate puo' avvenire tramite realizzazione di caditoie anch'esse drenanti.

Operativamente si tratta di realizzare delle "cunette" drenanti che possano contenere l' invaso idrico di volume complessivo pari a quello calcolato con fondo drenante, al fine di potenziare l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo.

Il dimensionamento delle opere è stato verificato tenendo conto della capacità di infiltrazione del sottosuolo funzione della permeabilità del terreno recettore, calcolato con il modello di Horton e utilizzando cautelativamente il valore minimo asintotico della capacità di infiltrazione del suolo in esame, indicato con  $f_c$ .

Tale valore rappresenta la capacità di infiltrazione residua già raggiunta la saturazione del suolo, in considerazione del fatto che l'evento meteorico intenso può avvenire dopo piogge che hanno già contribuito a saturare il suolo.

Il parametro  $f_c$  risulta determinato dalla classe di suolo, per il caso in esame di tipo B (classificazione Natural Resources Conservation Service) per terreni con permeabilità moderata e pari a:

$$f_c = 12,7 \text{ mm/ora}$$

corrispondente a una capacità di infiltrazione di 35,28 l/(s ha).

Ipotizzando una geometria delle aree ribassate con larghezza alla base pari a 1,2 m per uno sviluppo complessivo di 680 metri lineari, tirante idrico pari a 25 cm) si ottiene un volume di invaso pari a 204,00 mc (che soddisfa i requisiti minimi) e portata infiltrata di 2,88 l/s.

La verifica dei tempi di svuotamento del sistema di infiltrazione è così verificata nel tempo compreso tra le 12 e le 24 ore raccomandato per la tipologia di sistema adottato:

$$\text{tempo svuotamento} = (204,00 \times 1000) / (2,88 \times 3600) = 19,69 \text{ ore}$$

#### **4.3 EDIFICAZIONE LOTTO 3 (EX IMPIANTO DI DEPURAZIONE)**

L'area di realizzazione del fabbricato artigianale è prevista in luogo del ex impianto di depurazione.

Ai fini dei calcoli si ipotizza che la superficie risultante sia completamente impermeabilizzata per complessivi 4000 mq.

La classificazione dell'intervento e le modalità di calcolo sono le seguenti:

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,01$ ha ( $\leq 100$ mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$da > 0,01$ a $\leq 0,1$ ha ( $\leq 1.000$ mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$da > 0,01$ a $\leq 0,1$ ha ( $\leq 1.000$ mq)	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		$da > 0,1$ a $\leq 1$ ha ( $da > 1.000$ a $\leq 10.000$ mq)	qualsiasi		
		$da > 1$ a $\leq 10$ ha ( $da > 10.000$ a $\leq 100.000$ mq)	$\leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$da > 1$ a $\leq 10$ ha ( $da > 10.000$ a $\leq 100.000$ mq)	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	
		$> 10$ ha ( $> 100.000$ mq)	qualsiasi		

Tabella 3: classificazione dell'intervento Lotto 3 ai sensi dell'art. 9 del R.R. 7/2017

Si puo' applicare per il caso in esame quanto stabilito dall'art. 12 del R.R. 7/2017 (requisiti minimi) che prevede la realizzazione di uno o più invasi di laminazione dimensionati adottando un volume minimo dell'invaso o del complesso di invasi pari a 400 mc per ettaro di superficie scolante dell'intervento.

In considerazione del coefficiente di deflusso delle aree edificate in esame, pari a 1, e dell'estensione delle stesse si ottiene il seguente volume di laminazione:

$$W_0 = 160,00 \text{ mc}$$

#### 4.3.1 DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI INFILTRAZIONE: METODO DELLE SOLE PIOGGE

Stando all'estensione dell'area e alla tipologia dell'intervento è preferibile adottare un sistema di drenaggio per infiltrazione, costituito da pozzi perdenti, che viene calcolato con il metodo delle sole piogge.

Nel caso di utilizzo di questa metodologia di calcolo, essendo classificato l'intervento nella casistica di impermeabilizzazione potenziale moderata e in ambito territoriale di bassa criticità seguendo questa procedura non si è tenuti ad adottare i volumi minimi previsti di cui all'art. 12 comma 2.

Ai fini della scelta progettuale si ritiene la permeabilità del suolo adeguata e la falda localizzata a -5 m p.c. (come indicato in paragrafo 5.2).

Per il dimensionamento dei pozzi perdenti sono stati assunti i seguenti parametri:

- $t_c = 278,9$  s (stimato con formula di Boyd)
- permeabilità =  $1 \cdot 10^{-2}$  m/s
- portata afflusso stimata = 0,073 mc/sec

Dalle elaborazioni eseguite risulta che il sistema di infiltrazione puo' essere costituito da 8 pozzi con diametro di 2,0 metri, di altezza pari a 2,33 metri con un volume idrico complessivo accumulato pari a 58,51 mc (volume specifico 146,3 mc/ha).

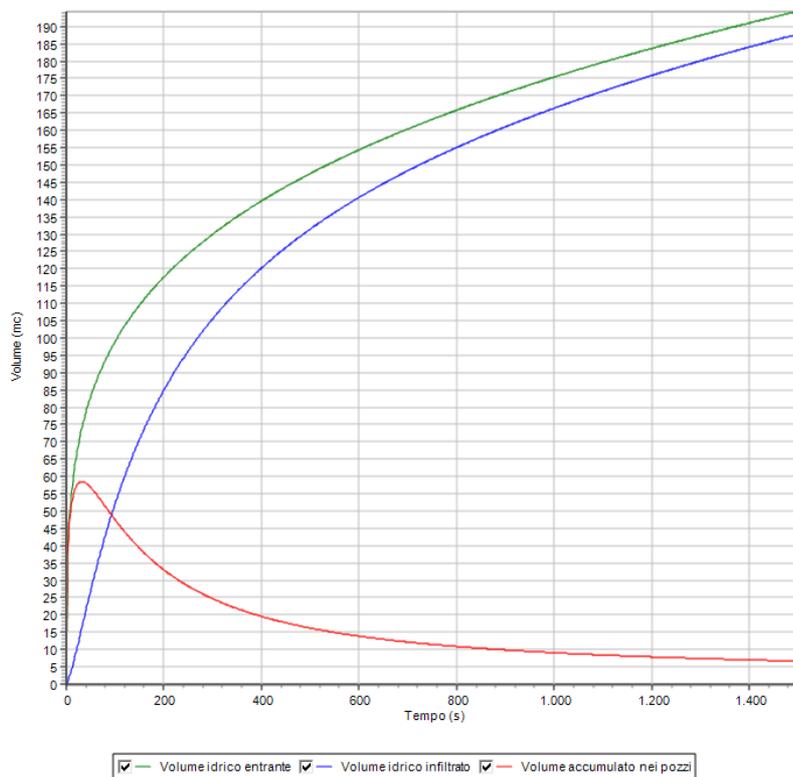


Figura 16: grafico di calcolo per il dimensionamento dei pozzi perdenti con il metodo delle sole piogge e portata affluente variabile

Il dimensionamento sortito dal calcolo è stato verificato tenendo conto della capacità di infiltrazione del sottosuolo funzione della permeabilità del terreno recettore, calcolato con il modello di Horton e utilizzando cautelativamente il valore minimo asintotico della capacità di infiltrazione del suolo in esame, indicato con  $f_c$ .

Tale valore rappresenta la capacità di infiltrazione residua già raggiunta la saturazione del suolo, in considerazione del fatto che l'evento meteorico intenso puo' avvenire dopo piogge che hanno già contribuito a saturare il suolo.

Il parametro  $f_c$  risulta determinato dalla classe di suolo, per il caso in esame di tipo A (classificazione Natural Resources Conservation Service) per terreni con permeabilità medio elevata e pari a:

$$f_c = 25,4 \text{ mm/ora}$$

corrispondente a una capacità di infiltrazione di 70,56 l/(s ha).

Ipotizzando l'utilizzo di 8 pozzi di diametro pari a 2,0 metri e altezza del battente idraulico pari a 2,0 metri è stata calcolata la superficie disperdente di tutto il sistema, considerato un volume di invaso complessivo pari a 58,51 mc e portata infiltrata di 0,52 l/s (pertanto cautelativamente più bassa di quella risultante dalle elaborazioni di cui sopra in relazione all'adozione del parametro della curva di Horton che tiene conto della capacità di infiltrazione residua ed asintotica del suolo recettore).

La verifica dei tempi di svuotamento del sistema di infiltrazione è così verificata nel tempo raccomandato dalle norme tecniche:

$$\text{tempo svuotamento} = (58,51 \times 1000) / (0,52 \times 3600) = 31,03 \text{ ore} < 48 \text{ ore}$$

## **5.0 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA PRELIMINARE**

### **5.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

Questa fase progettuale non è stata supportata da indagini geognostiche, per la ricostruzione del modello geotecnico e sismico di progetto.

La parametrizzazione geotecnica ed idrogeologica può essere ricavata in questa fase dal documento datato marzo 2017, redatto a firma di Dr. Geol. Gianluca Boffelli a supporto del progetto di ristrutturazione di alcuni edifici localizzati nei pressi dell'ambito di intervento.

A supporto degli interventi sono stati realizzati sondaggi e prove geotecniche SPT in foro e prove penetrometriche dinamiche.

In sintesi il modello del sottosuolo risulta costituito da un orizzonte superficiale costituito perlopiù da riporti stabilizzati (ghiaie, ciottoli eterometrici e sabbie) con spessore variabile anche presumibile dell'ordine di due metri per la zona del lotto 3.

Tali terreni devono essere caratterizzati puntualmente mediante esecuzioni di indagini geognostiche nel caso costituiscano terreni di imposta delle strutture fondali dei nuovi fabbricati.

I terreni naturali, di genesi alluvionale, sono costituiti da depositi granulari ghiaiosi eterometrici con subordinate frazioni sabbiose medie e grossolane, da pulite a debolmente limose.

Possono essere presenti ciottoli organizzati in lenti e orizzonti. Tali depositi hanno stato di addensamento da ben addensato a molto addensato e sono dunque caratterizzati da buone proprietà geotecniche. Lo spessore è compreso tra i 5 e i 9 metri.

Al tetto con il substrato roccioso è presente un livello di sabbie medie e grossolane debolmente limose con ghiaia prevalentemente media e grossolane abbondanti ciottoli.

## 5.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

La falda, di tipo freatico, è localizzata a 6 metri di profondità (posta a 5 metri nel calcolo del sistema drenante dei pozzi), non interferente direttamente con eventuali strutture di fondazione (non sono previsti piani interrati per gli edifici di nuova realizzazione).

Il substrato roccioso, stando agli affioramenti in alveo, è localizzato a profondità superiori ai 7 metri (affiora in alveo) e costituito dalla formazione della Dolomia Zonata (dotato comunque di discreta permeabilità in relazione allo stato fessurativo).

Dalle prove geofisiche eseguite in vicinanza dell'ambito di intervento, lo stesso risulta localizzato a 10/12 metri di profondità.

La permeabilità dei depositi che caratterizzano l'ambito di intervento è buona da cui l'alta vulnerabilità dell'acquifero come già detto alimentato dalla falda di versante e dal Fiume Brembo.

Da tale indicazione ne consegue la raccomandazione di includere nelle matrici ambientali da campionare anche l'acqua di falda eventualmente da prelevarsi nel pozzo industriale compreso nell'ambito oggetto di indagine.

Il livello di soggiacenza della falda e le sue possibili escursioni consentono di adottare un sistema di dispersioni con pozzi perdenti che non dovranno spingersi oltre le profondità calcolate (per questa ragione devono essere utilizzati più pozzi con maggior diametro ma minor profondità).

Pur in mancanza di piezometrie locali si può affermare che la direzione prevalente di deflusso della falda è est-ovest con una componente legata all'alimentazione di versante diretta nord-sud.

Quanto alla permeabilità dei terreni è stata dedotta dall'esame delle stratigrafie dei sondaggi eseguiti e dalle caratteristiche granulometriche dei depositi così come da schema seguente.

Il parametro risultante è:

$$k = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

Nei calcoli è stato adottato un valore più basso corrispondente a:

$$k_{\text{progetto}} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

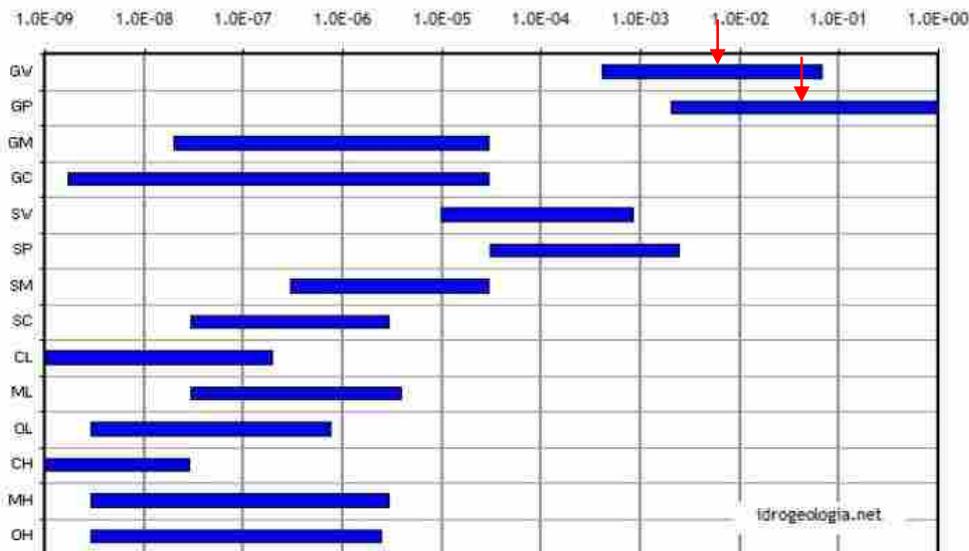


Figura 17: stima del coefficiente di permeabilità del terreno da classificazione terreno USCS (Unified Soil Classification System)

La valutazione dei parametri delle curve di Horton introdotti nei calcoli di verifica dei sistemi di infiltrazione proposti, è la seguente:

- terreni superficiali di dispersione per le cunette drenanti - classe B
- terreni di dispersione per i pozzi perdenti - classe A

- Classe A** Scarsa potenzialità di deflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
- Classe B** Potenzialità di deflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
- Classe C** Potenzialità di deflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
- Classe D** Potenzialità di deflusso molto alta: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Parametri delle curve di Horton proposti dal SCS [1956]

Classe suolo	$f_o$ [mm/ora]	$f_c$ [mm/ora]	$k$ [ore <sup>-1</sup> ]
A	250	25.4	2
B	200	12.7	2
C	125	6.3	2
D	76	2.5	2

Figura 18: parametri delle curve di Horton per la stima di  $f_c$  adottata nei calcoli di cui al paragrafo 4.0

### 5.3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Dal documento datato marzo 2017, redatto a firma di Dr. Geol. Gianluca Boffelli a supporto del progetto di ristrutturazione di alcuni edifici localizzati nei pressi dell'ambito di intervento, si evince sulla base dei sondaggi eseguiti che il bedrock sismico è localizzato a profondità dell'ordine dei 10/12 metri da p.c..

Le velocità rilevate dalle prove sismiche eseguite (MASW e HVSR) individuano valori delle  $V_s$  30 dell'ordine dei 600 m/s.

Puo' essere definita in via preliminare una categoria di suolo di tipo B (secondo la classificazione contenuta nella tabella 3.2.II del D.M. 14/01/2018).

L'area in esame nello studio geologico comunale a supporto del PGT vigente, è inserita nello scenario di pericolosità sismica individuato come "Z4A - Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi con possibili effetti di amplificazione litologiche e geometriche".

Lo scenario indica il possibile manifestarsi di effetti di amplificazione sismica legati alla presenza di morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e a particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche che possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

A supporto della progettazione dei singoli interventi edificatori devono essere eseguite indagini di risposta sismica locale per la valutazione della velocità delle onde sismiche ( $V_s$  30), di supporto alle analisi di secondo livello richieste dalla normativa vigente (cfr. par. 2).

Per le condizioni topografiche si utilizza la tabella 3.2.IV del NTC 2018 in relazione alla quale il caso in esame ricade nella categoria T1: pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .

Data la tipologia di terreni individuata, lo stato di addensamento degli stessi è da escludersi la possibilità di liquefazione.

## 6.0 CONCLUSIONI E SINTESI DELLE INDICAZIONI PER LE SUCCESSIVE FASI PROGETTUALI

Il presente documento è stato redatto su incarico di Zogno 2016 srl e Orobica srl a supporto della realizzazione del Piano Attuativo denominato "AT02 16246" in Comune di Zogno (BG) ed esamina gli aspetti connessi alla compatibilità e fattibilità geologica e geologico tecnica dell'intervento in accordo con quanto richiesto dalla normativa vigente in materia (dgr. IX 2616 del 30/11/2011 e s.m.i.).

Il progetto (si rimanda agli elaborati prodotti dallo Studio Tecnico Giampietro Geom. Persico con sede in Zogno) prevede la riqualificazione dell'area mediante i seguenti interventi previsti nella scheda delle operazioni di piano (individuata dalla sigla AT02) allegata al PGT vigente:

- ristrutturazione urbanistica del complesso produttivo dismesso con funzioni di tipo artigianale e per servizi alla popolazione (lotto 3);
- riqualificazioni dei servizi sportivi/ricreativi esistenti e dei relativi parcheggi (lotto 4);
- realizzazione di adeguati spazi di relazione con il Fiume;
- realizzazione copertura della Roggia Traini ai fini igienico sanitari e utilizzo del soprassuolo per formazione di allargamento stradale (lotto 5).

Gli aspetti geologici e geologico - tecnici esaminati connessi alla **compatibilità normativa** sono i seguenti:

- fattibilità geologica del PGT vigente (fenomeni di esondazione, classe di fattibilità geologica 3, sottoclasse "ci" in relazione alle problematiche di esondazione del Fiume Brembo e 4 per la presenza dei Reticolo Idrico Minore) ai sensi della L.R. 12/2005 e s.m.i. e della d.g.r. VII/7868 del 2002 e s.m.i.;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni ai sensi della d.g.r. X/6738 del 2017 e s.m.i.;
- Scenari di Pericolosità Sismica locale ai sensi della d.g.r. IX/2616 del 2011 e s.m.i. e della d.g.r. n.2129 del 2014;
- Invarianza Idraulica e Idrogeologica ai sensi del r.r. 7/2017;

Non vengono analizzati nel presente documento gli aspetti connessi alla caratterizzazione delle matrici ambientali (per l'ambito di intervento la pianificazione comunale vigente non presenta norma) di cui al D.lgs 152/2006 e s.m.i. .

L' analisi di tali aspetti, con particolare riferimento al lotto 3 di intervento, puo' essere rimandata ad uno stadio progettuale piu' avanzato.

Gli interventi in progetto sono **compatibili con la normativa geologica di settore e fattibili in base alle indicazioni prescrittive** indicate nel presente documento che richiamano quanto indicato nello studio geologico comunale vigente.

In relazione alle problematiche di **potenziale esondazione del Fiume Brembo**, al par. 3.1 sono esposte le modalità di recepimento ai fini di rendere fattibile quanto in progetto di seguito sintetizzate.

Le norme (art. 82 Norme Tecniche del Piano delle Regole) forniscono due possibilità: intervenire sugli argini spondali del corso d'acqua, incrementandone l'altezza, o realizzare interventi edilizi che garantiscano la quota quindi opere di protezione dell'area (al fine di rispettare le quote di franco).

Tale seconda ipotesi, già delineata con l'ipotesi di innalzare di il piano campagna, è preferibilmente percorribile in ragione della portata degli eventi attesi.

Alternativamente, in accordo con le previsioni progettuali di allargamento del tracciato stradale e di connessione della stessa con l'area in esame, si potrà ricorrere alla realizzazione di un cordolo di protezione di altezza di 50 cm, dotata di idonea opera di fondazione posta ad almeno 50 cm da p.c. Questa delimiterà in modo continuo, senza la realizzazione di varchi e/o aperture, il settore sud dell'area 3.

Tenuto conto della portata dei fenomeni attesi, per cui si esclude l'esondazione diretta, non sono da rilevarsi condizioni peggiorative per le aree poste a valle della zona di intervento che richiedano specifiche valutazioni sul possibile incremento del grado di pericolosità e del conseguente rischio.

In relazione **all'area di rispetto del Reticolo Idrico Minore** individuata nel lotto 4 di intervento, la realizzazione del parcheggio, compatibile normativamente, non genera interferenza significativa con il reticolo interrato, purché si garantisca l'accessibilità al canale interrato per eventuali ispezioni e/o manutenzioni, evitando preferibilmente per l'ambito in esame l'asfaltatura (nel rispetto dell'art. 96 del r.d. 523/1904).

Per la prevista copertura della **Roggia Traini** è prevista l'installazione di una tubazione circolare o scatolare di dimensioni adeguate al deflusso delle acque, con successivo reinterro del canale e formazione dell'allargamento stradale, secondo le caratteristiche che si evincono dagli elaborati di progetto, atte a garantire la stabilità del manufatto e l'efficacia idraulica.

Sulla base delle portate di progetto definite in par. 3.3 risulta verificato un diametro della tubazione di 120 cm di diametro.

Tale dimensionamento è valido qualora si garantiscano valori di portata immessi nel canale (ad esempio con controlli sugli sfioratori) dell'ordine massimo di 2,5 mc/sec.

Diversamente dovrà essere utilizzato un diametro pari ad almeno 140 cm o scatolare di portata pari o superiore, intendendosi netti al deflusso.

Tale diametro garantisce le portate di deflusso stimate con sufficiente margine di sicurezza nei confronti di eventuali rigurgiti e dell'immissione eventuale nella tubazione delle acque meteoriche raccolte dal parcheggio come indicato in paragrafo 4.1.3.

Nella valutazione della scelta del diametro e della progettazione degli interventi occorre inoltre tenere in considerazione la presenza di scarichi stradali lungo la sponda sinistra e, seppur presumibilmente non più attivi, lungo l'argine sinistro idrografico della roggia connessi allo smaltimento delle acque meteoriche dei piazzali dell'ex area manifatturiera.

E' presente anche un'immissione al di sotto del passaggio pedonale che delimita il tratto scoperto della roggia in direzione est.

La prevenzione del rischio di tracimazione delle acque in deflusso (mediante attivazione degli sfioratori) e di danneggiamento delle strutture interrato (che passano anche sotto aree edificate) sono da relazionarsi alle condizioni di efficacia funzionale, idraulica e strutturale dell'infrastruttura, nonché al controllo e alla manutenzione delle opere che saranno realizzate.

La progettazione del piano attuativo in esame prevede **l'analisi dell'invarianza idraulica ai sensi del R.R. 7/2017** eseguita in questa fase in relazione allo stato di avanzamento progettuale e che dovrà pertanto essere verificata ed eventualmente aggiornata a supporto della progettazione definitiva-esecutiva dei singoli interventi.

Le analisi eseguite riguardano i lotti 3, 4 e 5.

E' prevista la realizzazione di due parcheggi, in fregio alla strada provinciale (lotto 5), sul sedime della Roggia Traini e in sede dell'attuale campo di calcio (lotto 4).

Il lotto 3 prevede la realizzazione di edifici le cui coperture sono state ipotizzate per il dimensionamento delle opere in 4000,00 mq.

Stando all'ubicazione delle area di intervento e per la progettazione delle opere di scarico, i tre lotti sono stati analizzati separatamente.

Ai fini della procedura da seguire per la progettazione dell'invarianza idraulica, il comune di Zogno ricade (ai sensi del R.R. 7/2017 allegato c) in area C.

Per il **l'allargamento di cui al lotto 5**, in fregio alla strada provinciale con superficie di 500 mq e' stato considerato il sedime completamente impermeabilizzato.

La normativa vigente inserisce il caso in esame in classe di intervento a impermeabilizzazione media con modalità di calcolo dei requisiti minimi ai sensi dell'art. 12 comma 2 del R.R. 7/2017.

Sono state valutate e verificate (cfr. par. 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3) più soluzioni di intervento:

- immissione delle acque raccolte nella Roggia Traini a valle del tratto intubato, previa realizzazione di vasca di accumulo di volume pari a 20,00 mc;

- realizzazione di un sistema di infiltrazione su suolo che garantisca l'accumulo degli stessi volumi calcolati e la disperdenza degli stessi negli strati superficiali del terreno mediante formazione di un'area ribassata drenante (ad esempio prevedendo l'utilizzo di cunette drenanti poste in fregio all'allargamento per una lunghezza complessiva di 100 metri lineari e larghezza minima alla base di 0,8 m).

Le caratteristiche geometriche e costruttive possono variare assicurando comunque un'equivalente volumetria di accumulo e superficie di dispersione quale quella introdotta nei calcoli di verifica.

- realizzazione di caditoie sul sedime del parcheggio che convogliano le acque direttamente nel condotto della Roggia Traini.

Per le caratteristiche costruttive, realizzative e manutentive delle opere di rimanda all'allegato L del R.R. 7/2017.

L'area di realizzazione del **parking annesso agli impianti sportivi di cui al lotto 4** ha una superficie complessiva di 7000,00 mq, di cui circa 4000,00 mq destinati ai parcheggi con pavimentazione di tipo permeabile e rinverdito, circa 2000,00 mq destinati alla viabilità di accesso e collegamento, previsti in asfalto e circa 1000,00 mq aree a verde che possono essere utilizzate per la formazione di opere di infiltrazione nel sottosuolo delle acque meteoriche.

Tali ipotesi di ripartizione delle aree devono essere confermate e/o riverificate in sede di progettazione definitivo/esecutiva.

La normativa vigente inserisce il caso in esame in classe di intervento a impermeabilizzazione media con modalità di calcolo dei requisiti minimi ai sensi dell'art. 12 comma 2 del R.R. 7/2017.

Stando all'estensione dell'area e alla tipologia dell'intervento è preferibile adottare un sistema di drenaggio delle acque raccolte per infiltrazione, compatibile con la permeabilità del suolo e le condizioni di soggiacenza della falda (come indicato in paragrafo 5.2).

In relazione ai volumi minimi dell'invaso di laminazione per il caso in esame, pari a 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile si ottiene un volume di invaso pari a :  $W_0 = 204,00$  mc.

Si è ipotizzato di ottenere tali volumi utilizzando un sistema di dispersione su suolo che preveda la formazione di aree ribassate drenanti (cunette) che possono essere localizzate o al disotto delle stesse aree adibite a parcheggio o lungo i vialetti di delimitazione strade di accesso/parcheggi.

Il dimensionamento delle opere è stato verificato anche in relazione ai tempi di svuotamento, considerato uno sviluppo delle cunette di dispersione pari a complessivi 680,00 metri lineari, per una larghezza della cunetta di 1,2 metri e considerato un tirante idrico di 25 cm.

Le caratteristiche geometriche e costruttive delle superfici drenanti possono variare assicurando comunque un'equivalente volumetria di accumulo e superficie di dispersione quale quella introdotta nei calcoli di verifica.

Per le caratteristiche costruttive, realizzative e manutentive delle opere di rimanda all'allegato L del R.R. 7/2017.

Per il **lotto 3** sono previsti interventi edificatori che possono portare ad una superficie di copertura impermeabilizzata dell'ordine dei 4000 mq.

La normativa vigente inserisce il caso in esame in classe di intervento a impermeabilizzazione media con modalità di calcolo dei requisiti minimi ai sensi dell'art. 12 comma 2 del R.R. 7/2017.

Stando all'estensione dell'area e alla tipologia dell'intervento è parso preferibile valutare direttamente un sistema di drenaggio per infiltrazione, costituito da pozzi perdenti, dimensionato con il metodo delle sole piogge.

Nel caso di utilizzo di questa metodologia di calcolo, essendo classificato l'intervento nella casistica di impermeabilizzazione potenziale moderata e in ambito territoriale di bassa criticità seguendo questa procedura non si è tenuti ad adottare i volumi minimi previsti di cui all'art. 12 comma 2 che risulterebbero pari a  $W_0=160,00$  mc (cfr. par. 4.3).

Ai fini della scelta progettuale si ritengono idonee le caratteristiche idrogeologiche dell'area (cfr. par. 5.2).

Il dimensionamento delle opere dovrà prevedere la realizzazione di 8 pozzi con diametro di 2,0 metri, di altezza pari a 2,33 metri con un volume idrico complessivo accumulato pari a 58,51 mc (volume specifico 146,3 mc/ha).

Con tale configurazione risultano verificate le condizioni di svuotamento del sistema di infiltrazione.

Possono comunque essere valutate e verificate con maggior dettaglio altre soluzioni sulla base della tipologia realizzativa del pozzo disperdente.

Per le caratteristiche costruttive e le raccomandazioni progettuali, manutentive e realizzative in ordine al posizionamento delle opere rispetto ai fabbricati e alle opere di fondazione di rimanda all'allegato L del R.R. 7/2017.

In relazione alla **caratterizzazione geotecnica** dei siti di intervento, con particolare riferimento al lotto 3, questa fase progettuale non è stata supportata da indagini geognostiche, per la ricostruzione del modello geotecnico e sismico di progetto.

Indicazioni sulla parametrizzazione geotecnica ed idrogeologica dei terreni possono essere ricavate dal documento datato marzo 2017, redatto a firma di Dr. Geol. Gianluca Boffelli a supporto del progetto di ristrutturazione di alcuni edifici localizzati nei pressi dell'ambito di intervento e fornito alla scrivente dal progettista delle opere.

I terreni di genesi alluvionale costituiti in prevalenza da ghiaie e ciottoli e in subordine da sabbie pulite o debolmente limose, sono caratterizzati da buone proprietà geotecniche (cfr. par. 5.1).

E' da rilevare che l'area di cui al lotto 3 è caratterizzata da terreni di riporto, con spessore presumibile anche dell'ordine dei due metri, che andranno caratterizzati puntualmente dal punto di vista parametrico e compositivo mediante esecuzione di indagini geognostiche in sede di progettazione definitiva delle opere.

Nella Carta della **Pericolosità Sismica Locale** l'area è compresa nello scenario Z4A (zona di fondovalle con depositi alluvionali/fluvioglaciali) condizione che comporta possibili amplificazioni litologiche in caso di sisma e che richiede, ai sensi della normativa vigente, approfondimenti di secondo livello che devono essere supportati da studi di risposta sismica in particolare per il lotto 3 (cfr. paragrafo 5.3).

Gli interventi in progetto sono **compatibili con la normativa geologica di settore e fattibili in base alle indicazioni prescrittive** indicate nel presente documento che richiamano quanto indicato nelle norme di attuazione dello studio geologico comunale vigente.

Piazza Brembana, Agosto 2019

dott. geol. Stefania Cabassi