



COMUNE DI ZOGNO
Provincia di Bergamo



**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**

RELAZIONE

DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

DOTT. ING. MARIAGRAZIA OPRANDI

Villa d'Almè, dicembre 2013

INDICE	Pag.
1. PREMESSA	1
2. FINALITÀ METODOLOGIA E CONTENUTI	1
3. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	3
4. LINEAMENTI TERMO-PLUVIOMETRICI	4
4.1 INSOLAZIONE	4
4.2 TEMPERATURA.....	5
4.3 REGIME DEI GIORNI DI GHIACCIO, GELO E DISGELO	6
4.4 PRECIPITAZIONI	7
4.5 MANTO NEVOSO.....	10
4.6 NEBBIA	11
4.7 VENTI	12
5. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE	12
5.1 SUBSTRATO ROCCIOSO	12
5.2 INQUADRAMENTO STRUTTURALE.....	18
5.3 DEPOSITI SUPERFICIALI	20
6. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	25
6.1 AMBITI MORFOLOGICI PRINCIPALI DEL BACINO IDROLOGICO	25
6.2 CARATTERI MORFOLOGICI DELL’AREA DI INTERESSE	27
6.3 FORME, PROCESSI E DEPOSITI	29
7. IDROGEOLOGIA	30
7.1 STRUTTURA IDROGEOLOGICA	30
7.2 PERMEABILITÀ	31
8. IDROGRAFIA	32
8.1 FIUME BREMBO.....	32
8.2 ALTRI CORSI D’ACQUA AFFERENTI AL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE 41	
8.3 RETICOLO IDRICO MINORE	42
9. CARATTERI NATURALSTICI ED USO DEL SUOLO	43
9.1 CONDIZIONI D’USO DEL SUOLO	43
9.2 VEGETAZIONE	44
9.3 FAUNA.....	45
10. ANALISI IDROLOGICA	45
10.1 DATI IDROLOGICI	46
10.2 STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA.....	46
10.3 STIME DEI VOLUMI E DELLE ONDE DI PIENA DI ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO	48
11. RILIEVO TOPOGRAFICO	51
12. ANALISI IDRAULICA	55
12.1 CARATTERISTICHE DEL TRATTO D’ALVEO VERIFICATO	55
12.2 CARATTERISTICHE DELLE SPONDE FLUVIALI.....	58
12.3 MODELLO IDRAULICO UTILIZZATO	62

13. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE (TR=200 ANNI).....	70
13.1 FUNZIONALITÀ IDRAULICA DELL’ALVEO DEL FIUME BREMBO	72
13.2 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE ESONDABILI	73
13.3 INDIVIDUAZIONE NON SOGGETTE AD ESONDAZIONE	77
14. ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ.....	80
14.1 AREE ESONDABILI	81
14.2 AREE NON SOGGETTE AD ESONDAZIONE	82
15. ZONAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO	82
15.1 AREE ESONDABILI	84
15.2 AREE NON SOGGETTA AD ESONDAZIONE	84
16. FUNZIONALITÀ IDRAULICA DEL SISTEMA SPONDALE	85
16.1 TIPOLOGIA D’INTERVENTO CONSIGLIATA	91
17. FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO	91
17.1 CRITERI DI ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ	92
18. ALLEGATI.....	111

1. PREMESSA

Il presente studio è stato predisposto per incarico dell'Amministrazione Comunale di Zogno (Bergamo) ed è volto alla valutazione delle condizioni di rischio idraulico di un'area sita nel centro edificato del Comune, in località via Cesare Battisti, via Antonio Locatelli. La zona, ubicata in destra idrografica del fiume Brembo, che ricade all'interno della fascia B di progetto del PAI. L'indagine si ripropone di individuare le possibili condizioni idrauliche attese nell'area di interesse, valutate a partire dall'assetto attuale del fiume Brembo e considerando tempi di ritorno di 200 anni, per poi arrivare alla definizione del reale grado di rischio idraulico all'interno della classificazione riportata dal PAI per le fasce fluviali "B".

Lo studio è stato opportunamente esteso a ricomprendere il bacino idrogeologico del fiume Brembo: gli elementi conoscitivi di carattere geologico-ambientale ed idrogeologico sono stati definiti sulla base di studi esistenti e di rilievi di dettaglio eseguiti sul tratto d'alveo di interesse; i dati idraulici sono stati desunti dal "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Delimitazione delle fasce fluviali", approvato con Deliberazione n. 18 del 26/4/2001 e dal successivo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica: del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po; del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda; del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda" redatto dalle Società MWH, Binini, CCI, Geodes, RATI su incarico dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

2. FINALITÀ METODOLOGIA E CONTENUTI

Lo scopo dello studio idraulico è quello di individuare le aree potenzialmente interessate da eventi di piena, calcolati con tempi di ritorno di 200 anni, nella zona specifica compresa tra le vie Cesare Battisti ed Antonio Locatelli in Comune di Zogno: il lavoro si propone di valutare il rischio idraulico e la compatibilità della pericolosità attesa con gli usi del suolo attualmente in atto, suggerendo eventuali interventi integrativi o di manutenzione delle opere spondali

esistenti, finalizzati al contenimento delle piene ovvero alla stabilizzazione di tratti di scarpata fluviale. Lo studio evidenzia inoltre gli aspetti naturali della regione fluviale da salvaguardare.

La valutazione delle condizioni di rischio è stata effettuata ai sensi dell'art. 39 comma 5 delle NdA del PAI, sulla base dei criteri attuativi della L.R. 12/05 per la valutazione di compatibilità idraulica delle previsioni urbanistiche e delle proposte di uso del suolo nelle aree a rischio idraulico.

La definizione del rischio idraulico, con conseguente revisione della normativa tecnica che vincola l'area, costituisce un importante supporto alla pianificazione urbanistica in quanto permette di effettuare scelte che tengano conto del valore del territorio e di intraprendere un percorso per la tutela ed il miglioramento delle sue caratteristiche.

Lo studio si compone di due parti: nella prima sono stati individuati e descritti i lineamenti generali della porzione di bacino idrografico a monte dell'area di interesse, definendone i principali aspetti fisiografici, morfologici, geologici e strutturali, idrografici e climatici. Particolare attenzione è stata posta nell'esame delle caratteristiche idrologiche della zona, fondamentali per la successiva fase di elaborazione delle reali grado di rischio in località Ghiaie del Comune di Villa d'Almé.

L'acquisizione dei dati di base si è sviluppata a partire dalla ricerca bibliografica per proseguire con rilievi direttamente sul terreno. Lo studio ha previsto una prima fase di inquadramento territoriale dell'area, con descrizione delle caratteristiche geomorfologiche, morfometriche e climatiche generali del bacino idrografico e di dettaglio della zona di interesse ed una seconda parte di analisi idraulica di dettaglio del tratto di asta fluviale compresa tra le vie Cesare Battisti ed Antonio Locatelli. Partendo dai dati di portata di piena e trasporto solido riportati nello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda", è stata effettuata una modellizzazione idraulica utilizzando una serie di sezioni di dettaglio opportunamente rilevate. I risultati dell'analisi hanno consentito di perimetrare le aree potenzialmente esondabili e di effettuare conseguenti valutazioni di compatibilità idraulica tra la pericolosità attesa e l'uso del suolo evidenziando, ove necessario, la necessità di

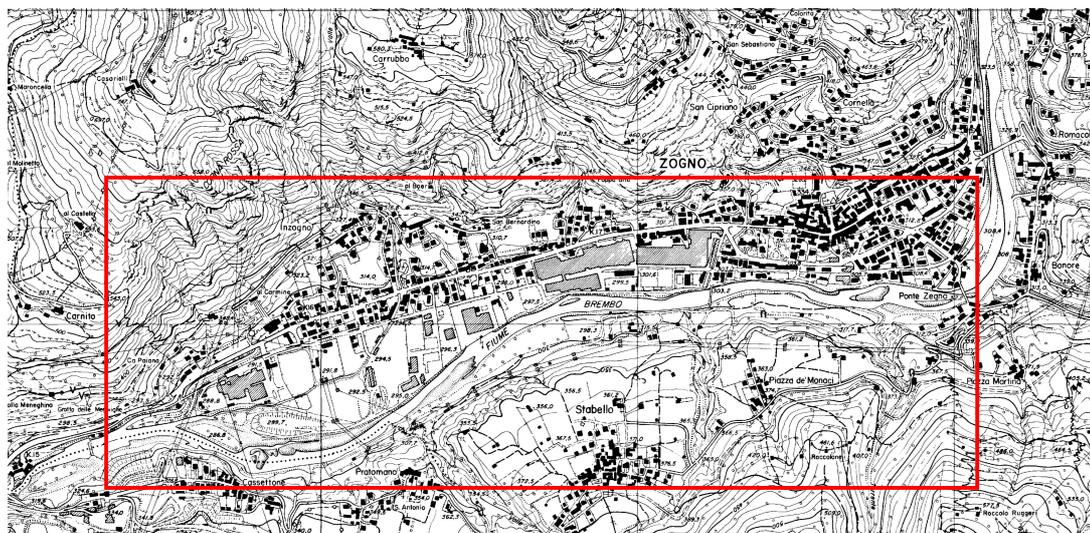
realizzare interventi di manutenzione o realizzazione di interventi di difesa spondale.

La corografia generale del bacino idrografico del fiume Brembo è stata effettuata sulla base topografica in scala 1:50.000; la cartografia di inquadramento dell'area, in un intorno significativo della stessa, è stata redatta su base C.T.R. restituita alla scala 1:5.000; l'individuazione delle aree esondabili è stata effettuata su sezioni topografiche restituite in scala 1:1.000, realizzate con interasse di circa 120 m a copertura del tratto di interesse. Le sezioni sono state posizionate sulla medesima traccia delle sezioni riportate dal PAI, riferendo le quote al sistema regionale. Per garantire una migliore copertura della zona, n. 6 delle 13 sezioni PAI sono state implementate aumentandone lo sviluppo longitudinale al fine di comprendere tutta la zona di interesse, a tergo della sponda destra; tali sezioni sono state inoltre integrate mediante la realizzazione, tra le stesse, di ulteriori n. 15 sezioni topografiche.

3. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area di interesse, perimetrata all'interno del centro edificato del Comune di Zogno (Bergamo), è sita sulla sponda destra del fiume Brembo e ricompresa tra le strade denominate via Cesare Battisti e via Antonio Locatelli; la zona sottoposta a verifica idraulica è in parte occupata da insediamenti industriali e parzialmente da aree residenziali.

Cartograficamente la zona è individuata dalla Carte Tecnica Regionale Sezione C4b5 – Zogno.



Stralcio CTR – Sezione Zogno con individuazione area di interesse

4. LINEAMENTI TERMO-PLUVIOMETRICI

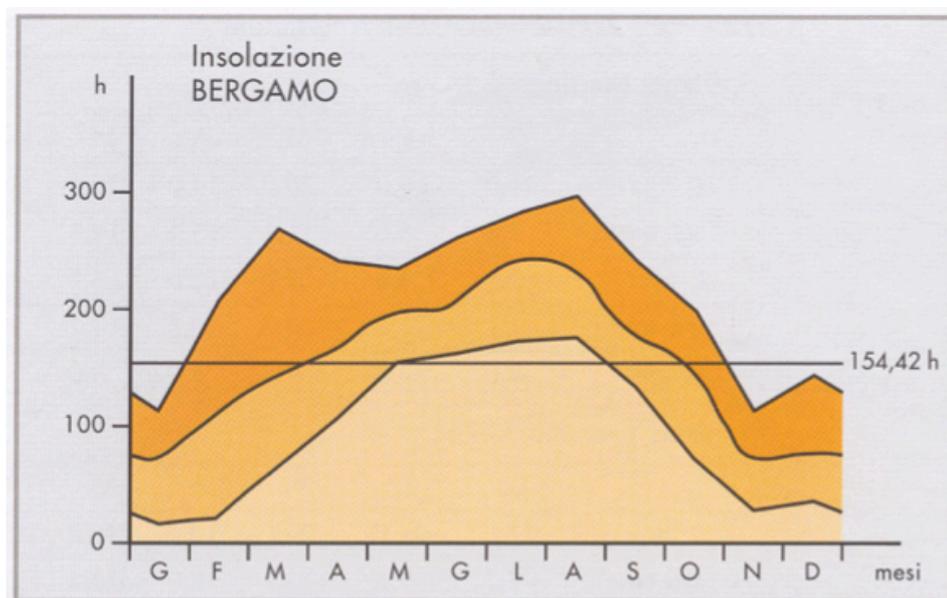
Il territorio comunale di Zogno è situato immediatamente a ridosso degli ultimi rilievi montuosi, allo sbocco della Valle Brembana. Considerando l'intero bacino a monte dell'area di interesse, il clima della zona può essere inquadrato come "temperato subcontinentale" (Pinna 1970), tipico delle vallate alpine, del margine prealpino e della regione dei laghi.

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

4.1 Insolazione

I dati di insolazione relativi alla zona di interesse sono stati registrati presso la stazione dell'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura di Bergamo, relativamente al periodo 1958-1974. Tali misurazioni sono state utilizzate e riportate anche negli studi di supporto al PTCP della Provincia di Bergamo.

L'insolazione media presenta un massimo estivo, nel mese di luglio ed un minimo invernale, a novembre; le ore medie di insolazione sono stagionalmente distribuite come segue:



stagione	ore
inverno	276
primavera	509
estate	681
autunno	396

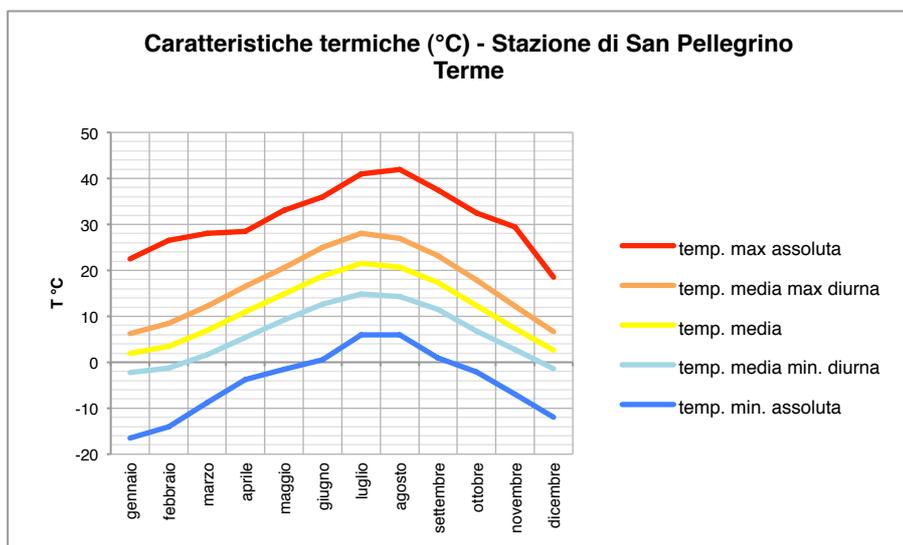
L'insolazione è condizionata dalla nebulosità, elaborando i dati relativi ai giorni sereni, nuvolosi e parzialmente nuvolosi, per ogni mese dell'anno, si evidenzia che il massimo numero di giorni sereni si registra in luglio, il minimo in novembre.

4.2 Temperatura

La stazione da cui sono stati mutuati ed elaborati i dati termometrici, è quella di San Pellegrino Terme, rappresentativa delle temperature dell'area di interesse sia per vicinanza geografica sia per le analoghe caratteristiche morfologiche del territorio. Le osservazioni riguardano 56 anni, dal 1926 al 1980.

La temperatura media annua risulta di 11,5°C con un'escursione termica media di 19,6°C tra il mese più caldo (luglio) ed il più freddo (gennaio).

Le temperature medie mensili si mantengono sopra gli 0°C durante tutto l'anno; i valori medi delle minime diurne si attestano su una temperatura di -2,3°C in gennaio ed i medi massimi in luglio con 28,1°C.



Caratteristiche termiche mensili. Stazione di San Pellegrino Terme (1926/1980)

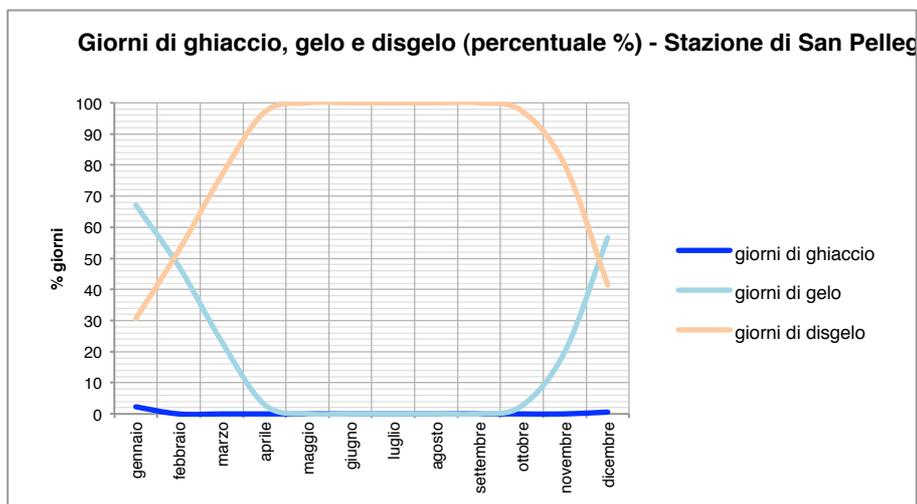
4.3 Regime dei giorni di ghiaccio, gelo e disgelo

Disponendo di rilevazioni giornaliere, in serie continua per il ventennio 1960-1980 (Stazione di San Pellegrino Terme), sono stati elaborati i dati per l'individuazione dei giorni di ghiaccio, gelo e disgelo, intendendo per giorni di ghiaccio, quelli la cui temperatura massima è inferiore a 0°C, di gelo, le giornate caratterizzate da una temperatura minima inferiore a 0°C e di disgelo i giorni con temperature minime superiori a 0°C. Le risultanze numeriche sono indicate nel grafico successivo, ove i valori mensili sono espressi in valore percentuale.

I dati elaborati indicano come i giorni di ghiaccio caratterizzino esclusivamente il bimestre invernale dicembre-gennaio e costituiscano lo 0,3% dei giorni a livello annuo. I giorni di gelo cadono nell'intervallo temporale ottobre-aprile, per una percentuale annuale del 18,3%, mentre il disgelo interessa i mesi compresi tra maggio e settembre.

Il regime dei giorni di ghiaccio, gelo e disgelo è inoltre influenzato dalla morfologia del territorio: lungo i versanti esposti in direzione prevalente

settentrionale (frazioni di Stabello e Poscante), la limitata insolazione dei mesi invernali favorisce la formazione di ghiaccio.



Regime dei giorni di ghiaccio, gelo e disgelo. Stazione di San Pellegrino Terme (1960/1980)

4.4 Precipitazioni

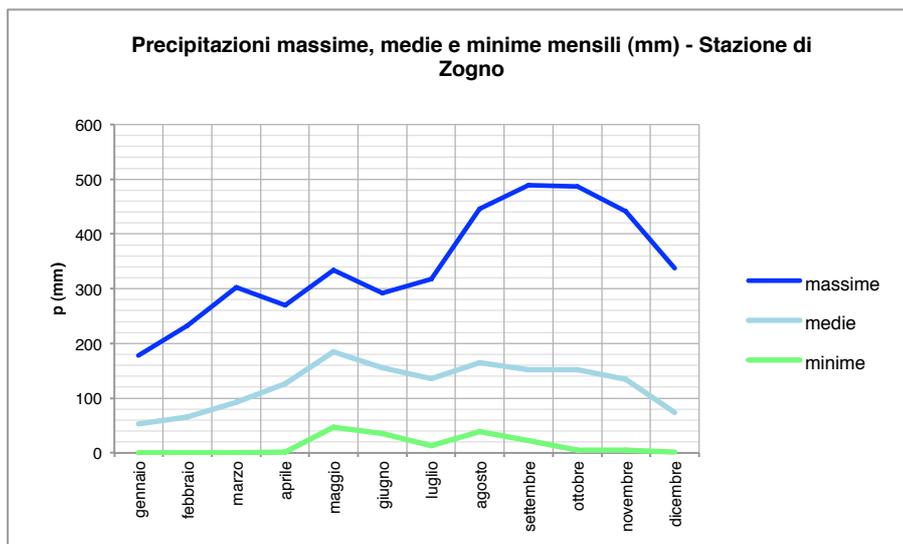
I dati di precipitazione sono quelli forniti dall'Ufficio del Servizio Idrografico di Milano e pubblicati negli Annali Idrogeologici.

Per l'area di interesse sono disponibili serie sito-specifiche per la presenza di due stazioni di rilevamento meteorologico ubicate sui territori comunali di Zogno (1921-1980) e di San Pellegrino Terme (1921-1980).

Le serie di dati disponibili, opportunamente elaborate, hanno evidenziato una discreta corrispondenza tra i dati relativi alle due stazioni di riferimento.

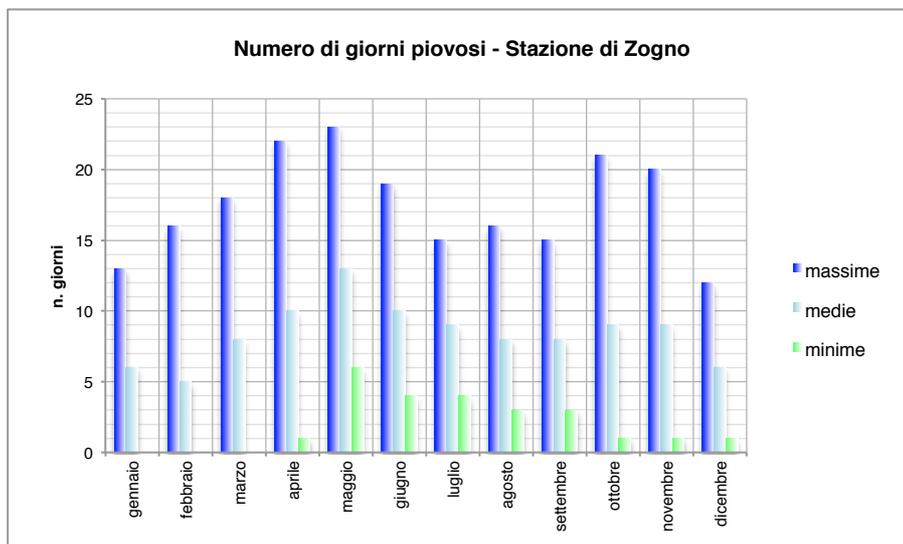
I valori massimi di precipitazione si registrano nel periodo autunnale di settembre-ottobre; l'andamento delle precipitazioni presenta le caratteristiche tipiche del regime pluviometrico continentale alpino, con valori di altezza di pioggia minimi nei mesi invernali.

I grafici successivamente riportati evidenziano l'andamento mensile delle precipitazioni massime, medie e minime, espresse in mm, per la stazione di riferimento di Zogno.



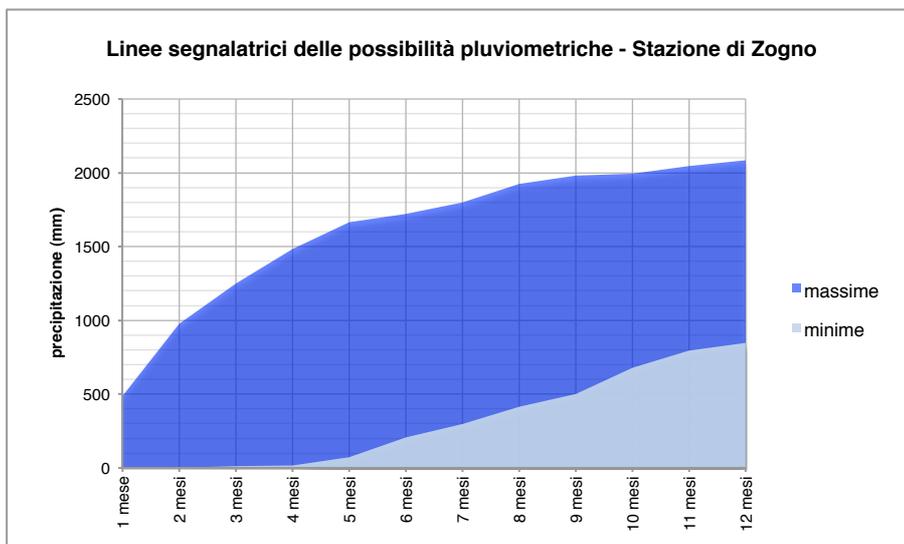
Precipitazioni mensili (mm). Stazione di Zogno (1921/1980)

Il calcolo del numero dei giorni piovosi evidenzia due picchi, uno primaverile (aprile, maggio e giugno) ed il secondo autunnale (ottobre novembre); la media dei giorni piovosi è di 101 giorni.



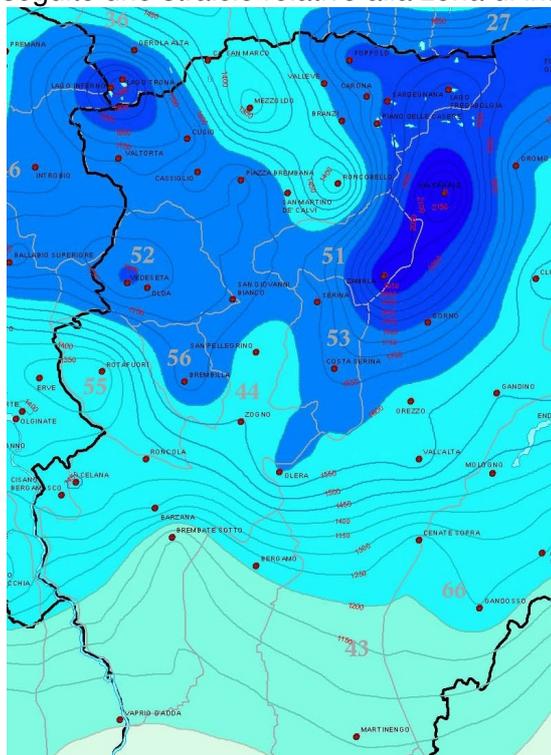
Giorni piovosi (n). Stazione di Zogno (1921/1980)

Le curve segnalatrici della possibilità pluviometrica (grafici sottostanti), consentono una visualizzazione rapida dei quantitativi massimi e minimi assoluti di pioggia attesi per periodi temporali consecutivi compresi tra 1 mese e 12 mesi.



Precipitazioni massime e minime (mm) da 1 a 12 mesi consecutivi. Stazione di Zogno (1921/1980)

Con i valori degli importi annui delle precipitazioni registrati sul territorio regionale, é stata redatta una carta delle isoiete medie annue di cui si riporta di seguito uno stralcio relativo alla zona di interesse.



Carta delle isoiete medie annue

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

- le precipitazioni presentano un valore medio annuo su lungo periodo prossimo ai 1500 mm con un range compreso fra 2050 mm e 875 mm;
- la frequenza media annua si attesta sui 100 giorni di precipitazione tenendo presente che il Servizio Idrografico considera piovoso il giorno nel quale la precipitazione assume un valore uguale o superiore ad 1 mm;
- eventi eccezionali per 12 mesi consecutivi sono stati caratterizzati da afflussi che rapportati al valore medio annuo, hanno raggiunto valori superiori del 38 % (massimi) e minori del 41 % (minimi);
- la regimazione media evidenzia, nell'arco dell'anno, l'esistenza di un massimo primaverile imperniato su maggio e di un minimo invernale su gennaio. Gli elevati valori di agosto, superiori a quelli di ottobre, collocano la località di Zogno, secondo Contessini ed Anfossi, in una situazione transizionale fra il regime più decisamente sublitoraneo padano e quello marcatamente alpino-continentale. I totali di gennaio si mantengono inferiori a quelli di febbraio e dicembre nell'ordine, giugno presenta valori superiori a luglio che dei mesi estivi risulta essere quello relativamente più asciutto. I mesi di aprile e novembre presentano precipitazioni medie superiori al valore medio mensile;
- l'intensità media giornaliera è compresa fra 11.4 e 16.9 mm; la più elevata si registra in estate ed autunno a conferma di precipitazioni meno frequenti rispetto a quelle primaverili, ma più consistenti e concentrate; la minima caratterizza il periodo invernale.

4.5 Manto nevoso

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

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

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

I dati estrapolati per le quote comprese tra 800-900 e 1100-1200 m dalle stazioni dell'Alta Valle Brembana in funzione delle altitudini, indicano come nelle porzioni morfologicamente più rilevate del territorio comunale ci si possa attendere una permanenza del manto nevoso per il trimestre invernale dicembre-febbraio, con altezze medie comprese tra 15 e 30 cm. In annate con precipitazioni eccezionali, il fenomeno può interessare anche i mesi di novembre e marzo. Per le aree di fondovalle, i valori considerati di riferimento sono quelli della stazione di Bergamo (350 m s.l.m.) ove i valori massimi di altezza media del manto nevoso al suolo vengono registrati nel bimestre gennaio-febbraio con valori non superiori a 10 cm.

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

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

4.6 Nebbia

Questo fenomeno atmosferico interessa soprattutto la porzione della pianura bergamasca. I dati utilizzati, riferiti alla stazione di rilevamento di Bergamo ed elaborati dall'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura, sono riferiti al trentennio 1958/1989.

Mediamente i giorni nebbiosi durante l'anno sono 36, con un valore estremo di 65 giorni registrato nel 1970. La nebbia è generalmente presente da novembre a gennaio; solo eccezionalmente, ed in particolare nella bassa pianura, tale fenomeno si manifesta nei mesi di aprile e settembre.

4.7 Venti

I dati disponibili riguardanti le condizioni anemologiche sono stati rilevati in corrispondenza delle stazioni di Bergamo, Orio al Serio e nella stazione automatica di Carisole ove i dati disponibili sono relativi a soli 4 anni: tale arco temporale, pur essendo piuttosto ridotto, consente di ricavare informazioni significative circa le direzioni preferenziali dei venti.

L'elaborazione dei dati a disposizione evidenzia una direzione prevalente dei venti Nord-Sud nelle stazioni di Bergamo e Orio al Serio; a Carisole le direzioni tendenziali del vento sono EstNordest-OvestSudovest: la posizione morfologica di Carisole (ubicata in un ambito vallivo con orientazione Est-Ovest) condiziona la distribuzione dei venti, con direzioni secondo il tracciato della valle stessa.

Sul territorio provinciale prevalgono i venti di origine termica, altrimenti noti come "brezze"; talora la regione è interessata da venti moderati a componente Est, legati alla presenza del vento di Bora nell'Alto Adriatico. Non sono frequenti venti con velocità elevate: le raffiche massime registrate a Orio al Serio si attestano su velocità prossime ai 90 km/h da SudOvest; a Bergamo nel periodo di osservazione (1962-1981), il vento ha superato 11 volte la velocità di 80 km/h (raggiungendo velocità massime di 120 km/h), con la maggiore frequenza tra i mesi di agosto e settembre.

5. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

5.1 Substrato roccioso

L'ambito territoriale del comune di Zogno è impostato nel settore brembano delle Prealpi orobiche, un edificio geologicamente complesso, polifasico, alla cui costituzione hanno concorso deformazioni tettoniche di diverso

tipo ed età, le cui testimonianze sono leggibili nei piegamenti e nelle traslazioni dei corpi rocciosi che costituiscono il sottosuolo.

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

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

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

La serie stratigrafica del substrato roccioso, nel tratto di bacino di interesse, è rappresentata in successione dalle seguenti formazioni:

5.1.1. Calcarea di Sedrina (Hettangiano)

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

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

La Formazione affiora lungo il versante settentrionale del Canto Alto dove il suo spessore si assottiglia gradualmente verso oriente fino a annullarsi in prossimità del Monte Cavallo in corrispondenza di un paleo-alto strutturale.

5.1.2. Dolomia a Conchodon (retico sup. - Hettangiano)

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

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

La formazione affiora in continuità sul versante settentrionale del Canto Alto. L'unità è oggetto di coltivazione per produzione di calce e cemento nella zona prossima al confine con il comune di Sedrina.

5.1.3. Calcarea di Zu (Norico sup. - Retico)

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

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

Le associazioni di litofacies dei membri inferiore e superiore (Zu1, 3), sono caratterizzate da calcari marnosi con intercalazioni di argilliti marnose di spessore metrico, presenti soprattutto alla base e alla sommità. Il membro intermedio (Zu2) è invece essenzialmente calcareo con Coralli, Brachiopodi, Crinoidi, Foraminiferi, ooliti e localmente grossi Megalodontidi ("Primo orizzonte a Coralli" di Jadoul et alii, 1994). Un secondo episodio di progradazione regionale delle facies di piattaforma carbonatica è presente alla sommità del membro Zu3, caratterizzato da una litozona riccamente fossilifera. In corrispondenza del limite superiore con la Dolomia a Conchodon sono presenti 15-30 m di calcari scuri sottilmente stratificati e localmente con noduli di selce nera al tetto (Zu 4 di Jadoul et alii, 1994).

La successione mostra una marcata ciclicità: ciascun ciclo inizia con argilliti marnose grigio-scure passanti a marne, seguite da calcari marnosi intercalati con marne e infine da calcari in strati sempre più spessi separati da sottili interstrati marnosi e tempestati bioclastiche.

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

Il Calcare di Zu affiora estesamente nell'ambito amministrativo di Zogno connotando, in modo particolare, la zona piegata della Corna Rossa ed il versante a monte di Stabello - Piazza Monaci - Piazza Martina.

5.1.4. Argillite di Riva di Solto (Norico sup.)

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

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

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

La litozona superiore (ARS2) è caratterizzata da un incremento nel contenuto di CaCO₃, con intercalazioni più regolari nelle peliti degli orizzonti carbonatici micritici in associazione a calcari marnosi. L'incremento della frazione carbonatica avviene ciclicamente: ciascun ciclo è caratterizzato da una porzione inferiore argillitico-marnosa laminata, da una porzione mediana entro cui si assiste

ad un passaggio graduale da marne a calcari e da una superiore, quasi completamente carbonatica, ben stratificata.

La formazione affiora in continuità in un ampio areale al cui interno si impostano i bacini dei torrenti Grumello e Poscante; in destra idrografica del F. Brembo una ridotta fascia di argilliti limita verso occidente la linea della Val Carubbo, dal fondovalle sino al Corno dell'Arco, determinando anche uno spiccato contrasto morfologico fra i due versanti della valle.

5.1.5. Calcarea di Zorzino (Norico medio)

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

Le associazioni di lito-biofacies del Calcarea di Zorzino documentano ambienti deposizionali di bacino intrapiattaforma non molto profondi, ma subsidenti e con un elevato tasso di accumulo dei fanghi carbonatici esportati dalla piattaforma della Dolomia Principale (torbiditi carbonatiche diluite). Nelle facies fini le sottili laminazioni, l'assenza di fauna bentonica (non rimaneggiata) e delle bioturbazioni evidenziano la presenza di fondali in prevalenza anossici.

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

Sul territorio comunale di Zogno affiora estesamente ad Endenna e Poscante. Nell'ambito dell'area in esame, l'unità affiora in corrispondenza della località al Boer.

5.1.6. Dolomie Zonate (Norico medio)

L'unità comprende le facies carbonatiche noriche, ben stratificate e di bacino intrapiattaforma eteropiche alla Dolomia Principale. Le Dolomie Zonate sono costituite da alternanze di calcareniti-calcisiltiti dolomitizzate grigio scure, in strati sino a pluridecimetrici piano-paralleli, con clasti millimetrici chiari e scuri, con clasti pelitici (*clay chip*). Le facies medio-grossolane possono presentare granoclassazione, laminazioni parallele, oblique, *ripple* di corrente e superfici erosive (torbiditi). Sono intercalate anche ritmiti grigio nerastre, di spessore centimetrico caratterizzate da alternanze di laminazioni parallele chiare e scure (da cui il nome dell'unità) in cui possono essere presenti intercalazioni, sino a 10 cm di spessore, di marne dolomitiche scure finemente laminate e con ossidi di Fe colore di alterazione bruno-rossastro. Nelle litofacies più fini sono localmente presenti piccoli noduli e liste di selce nera, livelletti parzialmente silicizzati e fratture-cavità geodiche (Selvino, Valle Bracca) con cristalli di quarzo autigeno e, più raramente, di fluorite e celestina (JADOUL *et alii*, 1992c). Localmente sono presenti lenti di paraconglomerati a clasti derivati dal pendio e da brecciole di Dolomia Principale.

Le Dolomie Zonate affiorano lungo le pareti rocciose a monte della località San Bernardino e nel tratto di versante compreso tra San Cipriano e San Sebastiano.

5.1.7. Dolomia Principale (Carnico sup. – Norico inf.)

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

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

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

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

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

5.2 Inquadramento strutturale

Il bacino del fiume Brembo si trova nelle Alpi Meridionali (Subalpino), porzione di catena alpina collocata a sud della Linea Insubrica. Il Subalpino si configura come una fascia di rilievi interessati da pieghe e sovrascorrimenti disposti in direzione circa est-ovest. I sovrascorrimenti hanno coinvolto basamento

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

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

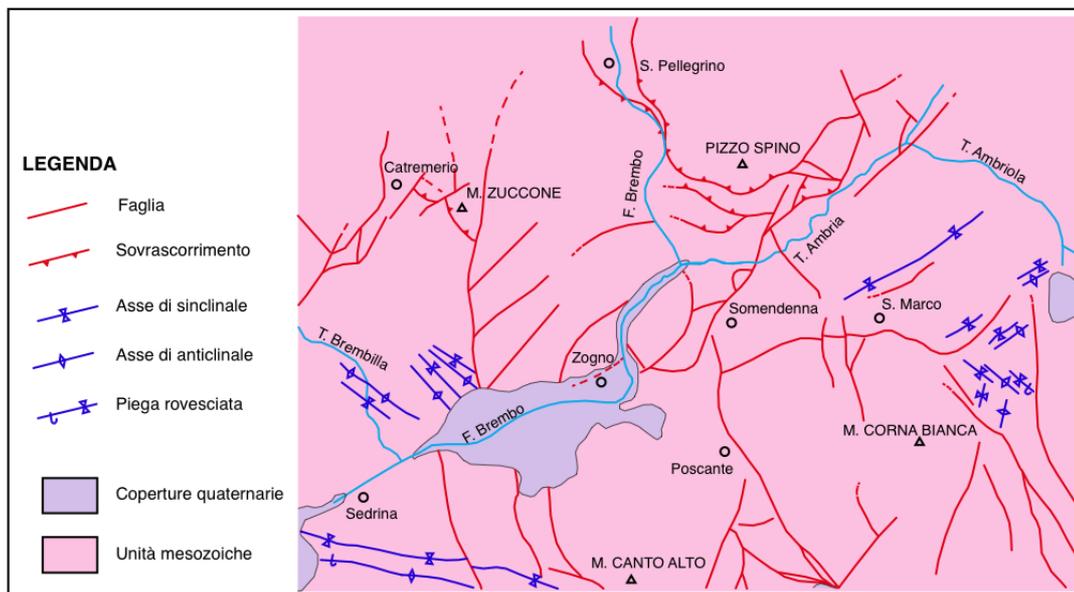
5.2.1. Assetto strutturale dell'area di interesse

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

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

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

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



Assetto strutturale area di interesse

5.3 Depositi superficiali

5.3.1. Unità Postglaciale - (Pleistocene sup. - Olocene)

Depositi di versante

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

Nell'ambito della porzione territoriale in esame, tali depositi sono presenti lungo il versante in sinistra idrografica della Valle del Monte, a sud della località Pernice e nella zona compresa tra il campo sportivo e via Roma.

Depositi alluvionali

Sono localizzati lungo le aste dei corsi d'acqua, a carattere sia effimero che perenne e sono costituiti da ghiaie a ciottoli e blocchi con matrice sabbiosa, sabbie anche con ciottoli, ghiaie ben selezionate. Le ghiaie sono in prevalenza a supporto clastico e ciottoli ben arrotondati; ovviamente nei corsi d'acqua minori e

nelle aree di alimentazione la maturità tessiturale del sedimento è minore. In questi depositi, organizzati in corpi sia lenticolari che stratoidi, si osservano strutture sedimentarie dovute all'azione di corrente, quali ciottoli embricati, laminazioni oblique a basso angolo, laminazione incrociata. I clasti rispecchiano i litotipi affioranti nel bacino a monte.

I depositi alluvionali dell'Unità Postglaciale sono presenti in destra idrografica del fiume Brembo, a valle del centro abitato, fino al confine comunale con Sedrina.

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

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

La superficie limite superiore è caratterizzata da morfologie ben conservate anche se talora erose.

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

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

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

Il deposito è costituito da ghiaie a supporto clastico, con ciottoli da 2 a 25 cm ben arrotondati, abbondante matrice sabbiosa da media a grossolana; le ghiaie presentano una grossolana stratificazione incrociata. I ciottoli sono costituiti prevalentemente da carbonati, in massima parte Calcarea di Esino, con rari esotici

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

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

5.3.4. Unità di Pianca (Pleistocene medio)

L'Unità di Pianca è costituita da depositi di versante e di conoide alluvionale; i primi sono caratterizzati da diamicton a ciottoli e blocchi da spigolosi a ben arrotondati, con supporto clastico e di matrice siltoso arenacea sempre molto abbondante, massivi o in letti grossolanamente clinostratificati. In molti casi è presente pseudomatrice, cioè materiale derivato da pedogenesi degli orizzonti più superficiali rimaneggiato lungo il pendio ed eventualmente infiltrato nel sedimento ove più poroso, oppure implicato negli eventi di frana. I depositi di conoide alluvionale sono invece caratterizzati da ghiaie a matrice sabbiosa, ciottoli da spigolosi ad arrotondati, sabbie e sabbie fini con ciottoli, a laminazione obliqua e parallela, in corpi stratoidi e lenticolari debolmente clinostratificati. I clasti sono sempre derivati dai versanti a monte, quindi essenzialmente carbonatici.

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

L'unità caratterizza il conoide di Stabello ed è distribuita lungo il pendio che da Miragolo S. Marco digrada verso la valle di Ambriola, in direzione nordest e a nord di Spino al Brembo, in prossimità del confine comunale con San Pellegrino

Terme. L'Unità di Pianca è stata rilevata anche sul versante settentrionale del territorio comunale, nelle zone di Gromo -Tiglio e di Pradonecco.

5.3.5. Unità di Stabello (Pleistocene inf. - medio?)

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

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

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

5.3.6. Unità di Endenna (Pleistocene inf.?)

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

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

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

L'Unità è costituita da lembi discontinui, affioranti nell'area di Endenna ed alla confluenza tra il Torrente Grumello ed il Brembo.

5.3.7. Unità di Taleggio (Pleistocene inf. - medio)

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

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

5.3.8. Complesso di Almenno (Neogene - Pleistocene inf.?)

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

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

6. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

6.1 Ambiti morfologici principali del bacino idrologico

Il territorio compreso all'interno del bacino idrografico del fiume Brembo, a monte del Comune di Zogno, si estende in un ambito morfologico vallivo collinare, di media ed alta montagna: il territorio si estende da una quota minima di circa 280 m, posta a sud di Inzogno, fino ad un massimo di 2.914 m della cima del Pizzo del Diavolo.

Da un punto di vista morfologico il territorio può essere diviso in due ambiti principali, uno settentrionale, montuoso, identificabile fino all'abitato di Lenna ed il secondo di media montagna, compreso tra i territori comunali di Lenna e Zogno.

Ambito morfologico settentrionale

L'ambito morfologico settentrionale è prevalentemente montuoso, le cime più elevate sono ubicate lungo il crinale orobico che divide l'area Brembana dal territorio Valtellinese; la presenza di buona parte dell'area a quote superiori ai

1.800 m s.l.m. impedisce la crescita della vegetazione di alto fusto e consente pertanto di apprezzare meglio le morfologie della zona.

Tale porzione territoriale è caratterizzata dalla presenza di diversi rami del fiume Brembo. In particolare i due principali, denominati di Carona e di Mezzoldo, scorrono piuttosto incisi, con andamento rettilineo e direzione di deflusso rispettivamente da ENE-OSO e ONO-ESE. I versanti dei rilievi montuosi si presentano prevalentemente regolari, solcati da corsi d'acqua posti lungo la massima pendenza, nelle porzioni più prossime al fondovalle mentre, le parti sommitali, sono spesso caratterizzate da pareti rocciose strapiombanti.

Le zone a ridosso dei rilievi di confine con il territorio valtellinese, possiedono alcune peculiarità morfologiche: sono talora caratterizzate da un andamento morfologico irregolare con alternanza di dossi arrotondati apparentemente caotici, dati dal combinarsi di fasce rocciose indebolite da fratture e dall'azione erosiva dei ghiacciai. Spesso in questo ambito morfologico si riconoscono rocce montonate costituite da dossi con scarpate a maggiore acclività verso valle (direzione di scorrimento del ghiacciaio) e contropendenza verso monte, circhi glaciali e piccole nivomorene.

La zona è interessata durante i mesi invernali da neviccate talora abbondanti; la presenza di precipitazioni a carattere nevoso può comportare il manifestarsi di fenomeni valanghivi: i percorsi di valanga individuati si verificano generalmente a partire da quote superiori ai 2.000 m per seguire gli avvallamenti presenti lungo le direzioni di massima pendenza dei versanti. In particolare è possibile osservare come la zona di coronamento e la prima porzione della superficie di scorrimento sono caratterizzate da una elevata acclività, su tratti di versante privi di vegetazione sia arborea che arbustiva.

Ambito morfologico centrale

A sud di Lenna il decorso del fiume Brembo diventa unico, assume direzione prevalente di scorrimento nord-sud e si inserisce in un ambito di media montagna; gli elementi morfologici principali sono costituiti dai due versanti che racchiudono il fondovalle percorso dal fiume Brembo: essi si estendono in direzione prevalente N-S e si caratterizzano per un andamento abbastanza

omogeneo con pendenze da medie a consistenti. Tali versanti collegano il fondovalle alle quote di circa 1700÷2000 m.

L'agente morfologico che ha modellato i versanti è principalmente legato all'azione erosiva delle acque correnti incanalate (con il graduale approfondimento dell'alveo dell'asta principale del fiume Brembo).

Il fondovalle si presenta piuttosto antropizzato: oltre alle aree urbanizzate ed alle strade, ulteriori elementi antropici presenti sul territorio sono dati da traverse e dighe che consentono la presenza di invasi e la derivazione di acque superficiali.

6.2 Caratteri morfologici dell'area di interesse

6.2.1. Ambiti geomorfologici

Creste rocciose

I rilievi che delimitano verso nord e sud il tratto areale di interesse sono caratterizzati da creste rocciose con altezza variabile, prossima ai 1.200 m s.l.m. (monte Zucco e Canto Alto). La morfologia di tali zone è controllata dalle caratteristiche litologiche della roccia (competenza, erodibilità) e dal suo assetto strutturale (spaziatura, giacitura della stratificazione, stato di fratturazione). In questo contesto agiscono efficacemente i cicli di gelo e di disgelo, unitamente alla forza di gravità: azioni che possono manifestarsi con distacchi di blocchi dagli orli di scarpate rocciose.

Versanti vegetati

I versanti che digradano dalle creste rocciose dei monti Zucco e Canto Alto sono caratterizzati da pendenze medie e suoli poco sviluppati: trattasi di versanti solcati da numerose incisioni vallive ove l'azione erosiva delle acque superficiali condiziona fortemente la morfologia del versante, unitamente al controllo strutturale e litologico operato dall'ammasso roccioso.

Aree terrazzate

Le aree terrazzate lungo l’asta del fiume Brembo costituiscono la zona di raccordo tra i versanti vegetati e le zone di fondovalle, in particolare in destra idrografica è riconoscibile in località Inzogno un sistema di terrazzi di aggradazione distribuiti tra le quote di 310 e 325 m; in sinistra idrografica un sistema di terrazzi è ben individuabile dalla successione di scarpate ubicate tra le quote di 350 e 390 m s.l.m., verso valle il sistema è troncato dalla scarpata sinistra del fiume Brembo.

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

Area di fondovalle

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

Nel tratto di interesse la direzione di deflusso del Brembo denota un controllo di tipo strutturale e litologico.



Area di fondovalle

6.3 Forme, processi e depositi

6.3.1. *Forme, processi e depositi legati alla gravità*

Lungo le pareti rocciose prospicienti la strada provinciale per la Valle Brembana, sono presenti zone soggette a crolli individuate nella carta del dissesto, aree a pericolosità potenziale per crolli e zone soggette a crolli e ribaltamenti diffusi (come individuate nello studio geologico redatto a supporto del PGT comunale), complessivamente caratterizzate da un'acclività media e dalla presenza di roccia affiorante o di blocchi rocciosi disarticolati.

Sono talora evidenti cigli di scarpate che determinano un risalto morfologico, potenzialmente interessati da processi di tipo gravitativo che potrebbero determinare l'arretramento dei cigli (orli di scarpata di degradazione).

6.3.2. *Forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali*

L'attuale assetto del territorio si connota per l'erosione polifasica esercitata dal fiume Brembo in tempi geologicamente recenti ed attuali e dei suoi affluenti. Nella zona di interesse sono riconoscibili orli di scarpata fluviale non attivi, legati alla presenza del fiume Brembo, impostati sia nel substrato roccioso sia nel deposito superficiale, ove le caratteristiche morfologiche e strutturali non evidenziano alcun tipo di attività ed orli di scarpata fluviale quiescenti in corrispondenza dei cigli delle scarpate vallive dei corsi d'acqua che solcano i versanti a monte dell'area di interesse e lungo un tratto dell'alveo del fiume Brembo. Anche in questo caso non sono stati riconosciuti indizi evidenti di instabilità.

I cigli delle scarpate fluviali dei torrenti impostati sia nel substrato roccioso sia nel deposito superficiale, tributari del fiume Brembo, presentano talora indizi di instabilità conseguenti all'erosione operata dalle acque al piede della scarpata (orli di scarpata fluviale).

6.3.3. *Forme, processi e depositi legati al carsismo*

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

6.3.4. Forme, processi e depositi di origine poligenica

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

Sono stati segnalati cartograficamente i picchi e le selle che in successione articolano i crinali e la cui origine è riconducibile sia a motivi strutturali, sia ad erosione differenziata; tutti i cambi repentini di pendenza riconducibili a fenomeni di collasso gravitativo accentuate e rimodellate dall'attività erosiva. Sono stati individuati i tratti di versante a diversa acclività.

6.3.5. Forme, processi e depositi legati ad interventi antropici

Si tratta di aree cartografabili ed arealmente perimetrabili, nelle quali sono stati individuati consistenti riporti di materiale e/o sono stati operati significativi rimodellamenti delle morfologie originarie.

Comprendono inoltre le opere di difesa (reti paramassi, muri) presenti lungo i versanti e di sistemazione idraulica realizzate lungo i corsi d'acqua (soglie, arginature, muri spondali).

7. IDROGEOLOGIA

L'analisi idrogeologica del sottosuolo è stata condotta utilizzando i dati bibliografici oltre alle informazioni acquisite dallo studio di dettaglio della zona, unitamente ai dati derivanti da indagini in sito; per l'area di pianura, la ricostruzione idrogeologica è stata possibile in relazione al numero di pozzi e sezioni disponibili, mentre per i settori collinare e montano è stata data una valutazione indicativa sul grado di permeabilità del substrato roccioso.

7.1 Struttura idrogeologica

I versanti montuosi sud-vergenti che delimitano in direzione nord il territorio comunale, sono costituiti da roccia per lo più affiorante, di tipo dolomitica e calcareo dolomitica caratterizzati da una permeabilità primaria media, ma con una buona, talora elevata permeabilità secondaria, dovuta alla presenza di

discontinuità nella roccia stessa e di alcuni sistemi di fratturazione. La presenza di una fratturazione più o meno pervasiva all'interno di un ammasso roccioso carbonatico può favorire l'instaurarsi di una significativa circolazione d'acqua anche per il possibile sviluppo di fenomeni di tipo carsico.

I pendii in sinistra idrografica sono per lo più contraddistinti dall'affioramento di un rocce calcareo-marnose e calcareo-marnose argillose, presenti lungo i versanti che si sviluppano a partire dalla Corna dell'Uomo, Canto Alto, Canto Basso.

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

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

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

7.2 Permeabilità

La permeabilità dei depositi costituenti l'acquifero freatico è stata valutata sulla base delle caratteristiche litologiche e strutturali del substrato e granulometriche dei depositi sciolti, anche sulla base di dati disponibili da indagini in sito realizzate sul territorio comunale. Il grado di permeabilità attribuita ai vari tipi di materiali, costituenti la superficie del territorio, sono i seguenti:

- K1 rocce e terreni con permeabilità da elevata a buona ($k > 0,1$ cm/sec): rocce calcareo-dolomitiche con fratturazione pervasiva, talora carsificate e depositi alluvionali grossolani;

- K2 rocce e terreni con permeabilità da buona a media ($0,001 < k \leq 0,1$ cm/sec): rocce calcareo-marnose e dolomitiche con fratturazione poco pervasiva; conglomerati, depositi di versante e falde di detrito;
- K3 rocce e terreni con permeabilità da media a scarsa ($0,00001 < k \leq 0,001$ cm/sec): calcari e calcari dolomitici con fratturazione poco pervasiva; riporti, depositi eluvio-colluviali e fluvioglaciali con suoli limoso-argillosi;
- K4 rocce e terreni a bassa permeabilità ($k \leq 0,00001$ cm/sec): argilliti, depositi fini;
- K5 aree impermeabili: urbanizzato.

8. IDROGRAFIA

8.1 Fiume Brembo

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

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

La parte alpina del Brembo è costituita da una rete di canali di drenaggio sviluppati lungo la massima pendenza dei versanti, organizzati in almeno 4 rami principali, denominati indistintamente "Brembo", con l'aggiunta del toponimo relativo al paese di riferimento (Brembo di Mezzoldo, di Averara, di Valleve, di Carona).

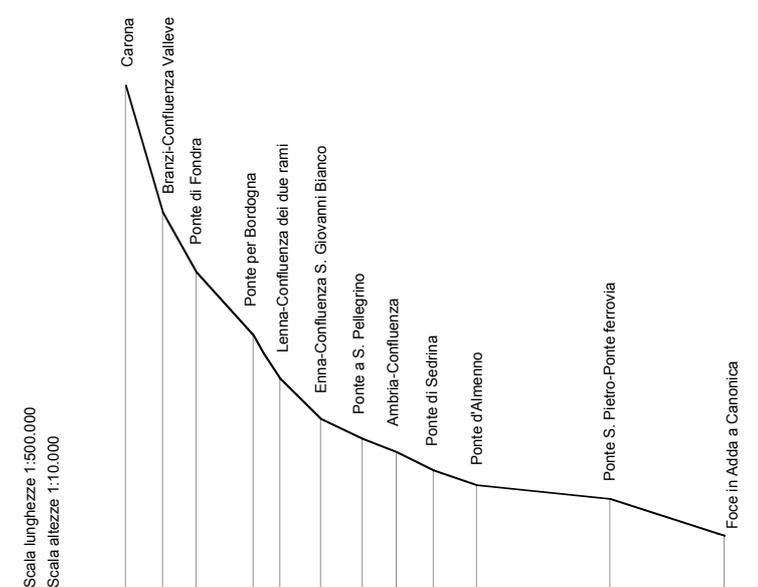
Nei tratti della Media e Bassa Valle Brembana, il Brembo riceve le acque di alcuni importanti affluenti, tra cui il torrente Parina in Comune di Camerata Cornello, il torrente Enna, affluente di destra in Comune di San Giovanni Bianco, il

torrente Ambria confluisce nel fiume Brembo a monte dell'abitato di Zogno, mentre nei Comuni di Brembilla e Villa d'Almé confluiscono nel Brembo le acque dei torrenti Brembilla ed Imagna.

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

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

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



Altezze in m s.l.m.	Parziali	Totali
1088		3,00
820	3,00	8,00
694	5,00	10,50
561	2,50	14,50
465	4,00	22,50
382	8,00	27,50
340	5,00	30,50
313	3,00	37,00
274	6,50	42,00
241	5,00	48,00
211	6,00	64,00
134,47	16,00	

Profilo longitudinale del fiume Brembo – pelo dell'acqua

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

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

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

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

Questi impianti idroelettrici si avvalgono di diversi laghi artificiali, situati principalmente nel bacino del Brembo a Branzi; complessivamente questi laghi hanno una capacità d'invaso di 25 milioni di m³; a questo proposito merita osservare che detta capacità è pari a circa 1/40 del deflusso annuo, talché limitata è la loro influenza sul regime idrologico del Brembo, se si fa astrazione delle variazioni dovute alla regolazione giornaliera o al massimo settimanale.

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

Nel complesso gli impianti idroelettrici attualmente in funzione sul Brembo hanno una potenza installata di circa 150 MW (di cui 80 MW concentrati nelle due centrali di Carona e Bordogna e la restante parte suddivisa in ben 24 piccoli impianti); le derivazioni irrigue sono 5 con una portata totale di concessione di circa 12 m³/s ed un comprensorio irriguo totale di circa 8000 ha.

L'area di studio si inserisce nel tratto montano del fiume Brembo, compreso tra le località di Zogno e Sedrina, in un contesto di passaggio dalla zona di monte a quella di pianura.

Il corso d'acqua nel tratto di interesse ha un andamento monocursale e sono presenti opere di protezione longitudinale ed opere trasversali.

Lo sviluppo planimetrico del fiume è caratterizzato da due direttrici principali: il tratto di monte ha un andamento all'incirca N-S, mentre quello di valle, di interesse, si approssima alla direttrice E-O e denota un controllo di tipo strutturale e litologico.

L'alveo attivo è impostato su un materasso alluvionale il cui spessore varia in relazione all'andamento del substrato roccioso sepolto, in alcuni tratti la roccia è affiorante in alveo: non vi sono evidenti fenomeni erosivi delle scarpate spesso in roccia ed i sedimenti che si depositano lungo l'alveo derivano principalmente dagli apporti dei principali affluenti. La larghezza del full bank nel tratto di interesse è mediamente compresa tra 50÷70 m.

Le acque del Fiume Brembo sono iscritte nell'elenco delle acque pubbliche della Provincia di Bergamo (BG001).

8.1.1. Determinazione delle caratteristiche granulometriche dell'alveo

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

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

Metodologia

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

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

Caratteristiche granulometriche

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

Nel tratto immediatamente a monte dell'area di interesse (sezione 067), i dati disponibili evidenziano la presenza di sedimenti prevalenti ghiaiosi con ciottoli e rari blocchi rilevati sia in sponda destra sia in alveo; in sponda sinistra è stata riscontrata la presenza di sabbia in tracce. Nel tratto oggetto del presente studio, rappresentato dai dati rilevati alla sezione 061, i sedimenti campionati in alveo destro e nella porzione sommersa, hanno evidenziato una classe granulometrica comprensiva di ciottoli con ghiaia, tracce di sabbia e rari blocchi, la sponda sinistra è caratterizzata dalla presenza di ciottoli con ghiaia debolmente sabbiosa.

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

Punto di prelievo: G061g1Se1-2 Tipo camp.: griglia + prelievo sottostante Classe granulometrica: ciottoli con ghiaia e blocchi sabbiosa		Punto di prelievo: G061g2Ts1 Tipo camp.: prelievo in alveo Classe granulometrica: ciottoli con ghiaia debolmente sabbiosa		Punto di prelievo: G061g3Ae1 Tipo camp.: setacciatura + prelievo passante Classe granulometrica: ghiaia con sabbia con pochi ciottoli		SCHEDE RIASSUNTIVE DEI DATI PRELEVATI																																																					
						Codice Sezione: G061g Fiume: Brembo Progressiva: 39.210 Data: 10/09/02 Località: Zogno (BG) Coord. vertici sez. (UTM32ED50) sx 551692.11 Coord. vertici sez. (UTM32ED50) dx 5071279.00 Rilevatore: Alveo tipo: B Sponda sinistra: naturale poco ripida Sponda destra: naturale poco ripida Classe granulometrica prevalente: ciottoli con ghiaia Sezione di rilievo vista da monte 																																																					
Punto di prelievo: G061g4Ae1-2 Tipo camp.: griglia + prelievo sottostante Classe granulometrica: ciottoli con ghiaia e qualche blocco sabbiosa		Punto di prelievo: Tipo camp.: Classe granulometrica:		Punto di prelievo: Tipo camp.: Classe granulometrica:		Parametri sintetici distribuzioni granulometriche <table border="1"> <thead> <tr> <th>Campione</th> <th>1Se1</th> <th>2Ts1</th> <th>3Ae1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>UTMx</td><td>551695.36</td><td>551695.36</td><td>551691.98</td></tr> <tr><td>UTMy</td><td>5071263.01</td><td>5071263.01</td><td>5071284.43</td></tr> <tr><td>Dmax</td><td>370.00</td><td>101.80</td><td>101.80</td></tr> <tr><td>D16</td><td>35.65</td><td>0.69</td><td>9.85</td></tr> <tr><td>D25</td><td>42.71</td><td>1.25</td><td>17.84</td></tr> <tr><td>D50</td><td>64.10</td><td>12.02</td><td>32.77</td></tr> <tr><td>D75</td><td>100.00</td><td>31.73</td><td>46.82</td></tr> <tr><td>D84</td><td>140.00</td><td>39.50</td><td>57.16</td></tr> <tr><td>D90</td><td>170.00</td><td>45.71</td><td>70.92</td></tr> <tr><td>Sk</td><td>1.04</td><td>0.27</td><td>0.78</td></tr> <tr><td>Ku</td><td>0.20</td><td>0.34</td><td>0.22</td></tr> <tr><td>Cc</td><td></td><td>0.37</td><td>2.88</td></tr> </tbody> </table>		Campione	1Se1	2Ts1	3Ae1	UTMx	551695.36	551695.36	551691.98	UTMy	5071263.01	5071263.01	5071284.43	Dmax	370.00	101.80	101.80	D16	35.65	0.69	9.85	D25	42.71	1.25	17.84	D50	64.10	12.02	32.77	D75	100.00	31.73	46.82	D84	140.00	39.50	57.16	D90	170.00	45.71	70.92	Sk	1.04	0.27	0.78	Ku	0.20	0.34	0.22	Cc		0.37	2.88
Campione	1Se1	2Ts1	3Ae1																																																								
UTMx	551695.36	551695.36	551691.98																																																								
UTMy	5071263.01	5071263.01	5071284.43																																																								
Dmax	370.00	101.80	101.80																																																								
D16	35.65	0.69	9.85																																																								
D25	42.71	1.25	17.84																																																								
D50	64.10	12.02	32.77																																																								
D75	100.00	31.73	46.82																																																								
D84	140.00	39.50	57.16																																																								
D90	170.00	45.71	70.92																																																								
Sk	1.04	0.27	0.78																																																								
Ku	0.20	0.34	0.22																																																								
Cc		0.37	2.88																																																								
						<table border="1"> <thead> <tr> <th>Campione</th> <th>4Ae1</th> <th>4Ae2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>UTMx</td><td>551687.29</td><td>551687.29</td></tr> <tr><td>UTMy</td><td>5071313.35</td><td>5071313.35</td></tr> <tr><td>Dmax</td><td>250.00</td><td>50.80</td></tr> <tr><td>D16</td><td>27.66</td><td>0.50</td></tr> <tr><td>D25</td><td>54.77</td><td>1.02</td></tr> <tr><td>D50</td><td>92.40</td><td>3.13</td></tr> <tr><td>D75</td><td>136.16</td><td>11.16</td></tr> <tr><td>D84</td><td>157.95</td><td>27.80</td></tr> <tr><td>D90</td><td>170.00</td><td>34.85</td></tr> <tr><td>Sk</td><td>0.87</td><td>1.16</td></tr> <tr><td>Ku</td><td>0.26</td><td>0.15</td></tr> <tr><td>Cc</td><td></td><td>1.45</td></tr> </tbody> </table>		Campione	4Ae1	4Ae2	UTMx	551687.29	551687.29	UTMy	5071313.35	5071313.35	Dmax	250.00	50.80	D16	27.66	0.50	D25	54.77	1.02	D50	92.40	3.13	D75	136.16	11.16	D84	157.95	27.80	D90	170.00	34.85	Sk	0.87	1.16	Ku	0.26	0.15	Cc		1.45													
Campione	4Ae1	4Ae2																																																									
UTMx	551687.29	551687.29																																																									
UTMy	5071313.35	5071313.35																																																									
Dmax	250.00	50.80																																																									
D16	27.66	0.50																																																									
D25	54.77	1.02																																																									
D50	92.40	3.13																																																									
D75	136.16	11.16																																																									
D84	157.95	27.80																																																									
D90	170.00	34.85																																																									
Sk	0.87	1.16																																																									
Ku	0.26	0.15																																																									
Cc		1.45																																																									
						1Se1-2 2Ts1 3Ae1 4Ae1-2																																																					

Scala 1:2.500
 Sezione G061g
 Settembre 2002
 STUDIO DI FATTIBILITÀ DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL FIUME BREMBO NEL TRATTO DA LENNA ALLA CONFLUENZA IN ADDA
 Cartografia dell'attività "Rilievo delle caratteristiche granulometriche dei depositi d'alveo"
 AUTORE: M. MARIAGRAZIA OPRANDI
 SEZIONE G061g

Punto di prelievo: G067g1Se1-2 Tipo camp.: griglia + prelievo sottostante Classe granulometrica: ghiaia con qualche ciottolo e rari blocchi			Punto di prelievo: G067g2Ts1 Tipo camp.: prelievo in alveo Classe granulometrica: ciottoli con ghiaia			Punto di prelievo: G067g3Ae1 Tipo camp.: setacciatura + prelievo passante Classe granulometrica: ghiaia con qualche ciottolo debolmente sabbiosa			SCHEDA RIASSUNTIVA DEI DATI PRELEVATI Codice Sezione: G067g Fiume: Brembo Progressiva: 38.040 Data: 09/09/02 Località: Zogno (BG) Coord. vertici sez. (UTM32ED50) sx: 552175.75 Coord. vertici sez. (UTM32ED50) dx: 5071964.16 Rilevatore: Alveo tipo: B Sponda sinistra: parzialmente arginata Sponda destra: moderatamente ripida Classe granulometrica prevalente: ciottoli con ghiaia Sezione di rilievo vista da monte																																																																																																																																									
								<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Parametri sintetici distribuzioni granulometriche</th> </tr> <tr> <th>Campione</th> <th>1Se1</th> <th>1Se2</th> <th>2Ts1</th> <th>3Ae1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>UTMx</td><td>551695.36</td><td>551695.36</td><td>551691.98</td><td>551689.01</td></tr> <tr><td>UTMy</td><td>5071263.01</td><td>5071263.01</td><td>5071284.43</td><td>5071301.18</td></tr> <tr><td>Dmax</td><td>200.00</td><td>50.80</td><td>101.60</td><td>110.00</td></tr> <tr><td>D16</td><td>26.80</td><td>14.29</td><td>9.81</td><td>5.32</td></tr> <tr><td>D25</td><td>31.98</td><td>19.80</td><td>15.95</td><td>8.51</td></tr> <tr><td>D50</td><td>48.31</td><td>30.54</td><td>33.29</td><td>18.45</td></tr> <tr><td>D75</td><td>78.49</td><td>39.39</td><td>52.21</td><td>31.03</td></tr> <tr><td>D84</td><td>104.62</td><td>43.17</td><td>66.35</td><td>37.05</td></tr> <tr><td>D90</td><td>118.27</td><td>45.88</td><td>77.85</td><td>41.71</td></tr> <tr><td>Sk</td><td>1.08</td><td>0.84</td><td>0.75</td><td>0.78</td></tr> <tr><td>Ku</td><td>0.25</td><td>0.24</td><td>0.26</td><td>0.29</td></tr> <tr><td>Cc</td><td></td><td>3.26</td><td>1.52</td><td>1.85</td></tr> <tr><td>Campione</td><td>4Se1</td><td>4Se2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>UTMx</td><td>551687.29</td><td>551687.29</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>UTMy</td><td>5071313.35</td><td>5071313.35</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dmax</td><td>270.00</td><td>50.80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D16</td><td>22.13</td><td>1.20</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D25</td><td>26.56</td><td>2.94</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D50</td><td>41.83</td><td>15.84</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D75</td><td>71.89</td><td>33.20</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D84</td><td>93.82</td><td>38.70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D90</td><td>114.89</td><td>42.85</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Sk</td><td>1.09</td><td>0.39</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ku</td><td>0.20</td><td>0.36</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Cc</td><td></td><td>1.29</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				Parametri sintetici distribuzioni granulometriche					Campione	1Se1	1Se2	2Ts1	3Ae1	UTMx	551695.36	551695.36	551691.98	551689.01	UTMy	5071263.01	5071263.01	5071284.43	5071301.18	Dmax	200.00	50.80	101.60	110.00	D16	26.80	14.29	9.81	5.32	D25	31.98	19.80	15.95	8.51	D50	48.31	30.54	33.29	18.45	D75	78.49	39.39	52.21	31.03	D84	104.62	43.17	66.35	37.05	D90	118.27	45.88	77.85	41.71	Sk	1.08	0.84	0.75	0.78	Ku	0.25	0.24	0.26	0.29	Cc		3.26	1.52	1.85	Campione	4Se1	4Se2			UTMx	551687.29	551687.29			UTMy	5071313.35	5071313.35			Dmax	270.00	50.80			D16	22.13	1.20			D25	26.56	2.94			D50	41.83	15.84			D75	71.89	33.20			D84	93.82	38.70			D90	114.89	42.85			Sk	1.09	0.39			Ku	0.20	0.36			Cc		1.29		
Parametri sintetici distribuzioni granulometriche																																																																																																																																																		
Campione	1Se1	1Se2	2Ts1	3Ae1																																																																																																																																														
UTMx	551695.36	551695.36	551691.98	551689.01																																																																																																																																														
UTMy	5071263.01	5071263.01	5071284.43	5071301.18																																																																																																																																														
Dmax	200.00	50.80	101.60	110.00																																																																																																																																														
D16	26.80	14.29	9.81	5.32																																																																																																																																														
D25	31.98	19.80	15.95	8.51																																																																																																																																														
D50	48.31	30.54	33.29	18.45																																																																																																																																														
D75	78.49	39.39	52.21	31.03																																																																																																																																														
D84	104.62	43.17	66.35	37.05																																																																																																																																														
D90	118.27	45.88	77.85	41.71																																																																																																																																														
Sk	1.08	0.84	0.75	0.78																																																																																																																																														
Ku	0.25	0.24	0.26	0.29																																																																																																																																														
Cc		3.26	1.52	1.85																																																																																																																																														
Campione	4Se1	4Se2																																																																																																																																																
UTMx	551687.29	551687.29																																																																																																																																																
UTMy	5071313.35	5071313.35																																																																																																																																																
Dmax	270.00	50.80																																																																																																																																																
D16	22.13	1.20																																																																																																																																																
D25	26.56	2.94																																																																																																																																																
D50	41.83	15.84																																																																																																																																																
D75	71.89	33.20																																																																																																																																																
D84	93.82	38.70																																																																																																																																																
D90	114.89	42.85																																																																																																																																																
Sk	1.09	0.39																																																																																																																																																
Ku	0.20	0.36																																																																																																																																																
Cc		1.29																																																																																																																																																
								<table border="1"> <thead> <tr> <th>Campione</th> <th>1Se1-2</th> <th>2Ts1</th> <th>3Ae1</th> <th>4Se1-2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>UTMx</td><td>551687.29</td><td>551687.29</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>UTMy</td><td>5071313.35</td><td>5071313.35</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dmax</td><td>270.00</td><td>50.80</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D16</td><td>22.13</td><td>1.20</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D25</td><td>26.56</td><td>2.94</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D50</td><td>41.83</td><td>15.84</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D75</td><td>71.89</td><td>33.20</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D84</td><td>93.82</td><td>38.70</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D90</td><td>114.89</td><td>42.85</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Sk</td><td>1.09</td><td>0.39</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ku</td><td>0.20</td><td>0.36</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Cc</td><td></td><td>1.29</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				Campione	1Se1-2	2Ts1	3Ae1	4Se1-2	UTMx	551687.29	551687.29			UTMy	5071313.35	5071313.35			Dmax	270.00	50.80			D16	22.13	1.20			D25	26.56	2.94			D50	41.83	15.84			D75	71.89	33.20			D84	93.82	38.70			D90	114.89	42.85			Sk	1.09	0.39			Ku	0.20	0.36			Cc		1.29																																																																								
Campione	1Se1-2	2Ts1	3Ae1	4Se1-2																																																																																																																																														
UTMx	551687.29	551687.29																																																																																																																																																
UTMy	5071313.35	5071313.35																																																																																																																																																
Dmax	270.00	50.80																																																																																																																																																
D16	22.13	1.20																																																																																																																																																
D25	26.56	2.94																																																																																																																																																
D50	41.83	15.84																																																																																																																																																
D75	71.89	33.20																																																																																																																																																
D84	93.82	38.70																																																																																																																																																
D90	114.89	42.85																																																																																																																																																
Sk	1.09	0.39																																																																																																																																																
Ku	0.20	0.36																																																																																																																																																
Cc		1.29																																																																																																																																																

Sezione G067g
 Sono 12.500
 Settembre 2002
 STUDIO DI FATTIBILITÀ DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL Fiume BREMBO NEL TRATTO DA LENNA ALLA CONFLUENZA IN ADDA
 Cartografia e rilievo: Rilievo delle caratteristiche granulometriche dei depositi d'alveo

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

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

Il corso d'acqua nel tratto analizzato presenta un alveo-tipo principale con tipologia monocursale all'interno del quale sono stati rilevati fenomeni di scorrazzamento. I campioni di terreno prelevati in alveo ed in corrispondenza delle aree emerse hanno evidenziato la presenza di ghiaia prevalente con ciottoli in

alveo, ove le sabbie sono percentualmente inferiori al 10%, in sponda destra e sinistra le caratteristiche granulometriche sono analoghe, con un aumento della frazione sabbiosa fino al 25%. A valle dell'area di interesse, la granulometria dei sedimenti presenti nelle zone emerse diminuisce notevolmente e prevalgono le sabbie.

L'analisi del D50 lungo l'asta fluviale consente di evidenziare che, per quanto concerne i campioni sommersi, si è in presenza di ghiaie grossolane che decrescono in maniera modesta da monte verso valle, i campioni prelevati in alveo relativamente alla porzione superficiale presentano valore medio del D50 medio pari a 30-35 mm nel tratto di studio.

8.1.2. Tendenze evolutive dell'alveo e delle forme fluviali riattivabili

La tendenza evolutiva dell'alveo, nel tratto omogeneo di interesse, è stata valutata a partire dalle variazioni geometriche e morfologiche subite dall'alveo, anche in relazione ad eventuali interventi antropici eseguiti. Tali valutazioni derivano dall'analisi della documentazione cartografica esistente a partire dal 1881 (anno di pubblicazione delle prime tavolette IGM) e dalle foto aeree disponibili.

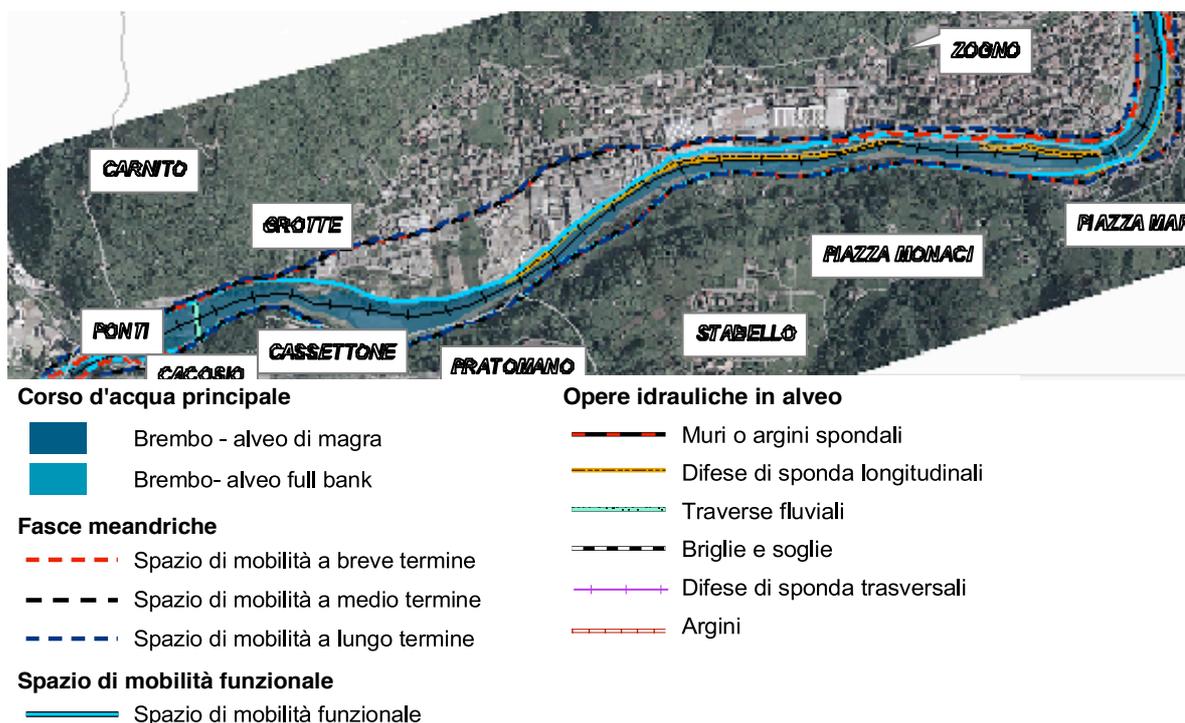
Evoluzione planimetrica

Il fiume Brembo, nel tratto che comprende il territorio comunale di Zogno, rientra nella porzione definita come "tratto omogeneo di monte" ove la valle Brembana assume la conformazione tipica degli ambiti fluviali montani con profilo a "V". Il corso d'acqua si presenta piuttosto incassato; l'alveo è stabile e non sono state evidenziate sostanziali variazioni dell'andamento del thalweg o della conformazione dell'alveo. L'alveo nel tratto di interesse ha un andamento monocorsuale con presenza di tratti con opere di protezione longitudinali. Non sono stati rilevati fenomeni erosivi significativi; si esclude la riattivazione di forme relitte ove lo spazio di mobilità funzionale coincide in gran parte con l'alveo di piena ordinaria attuale, ad eccezione di alcune limitate porzioni in corrispondenza di brevi tratti in destra o sinistra idrografica caratterizzati dalla presenza di piccole piane potenzialmente occupabili dal corso d'acqua.

Dal confronto tra i rilievi del 1889 e del 2002 non emergono sostanziali variazioni nell'andamento dell'alveo e del full bank ad eccezione del tratto di via

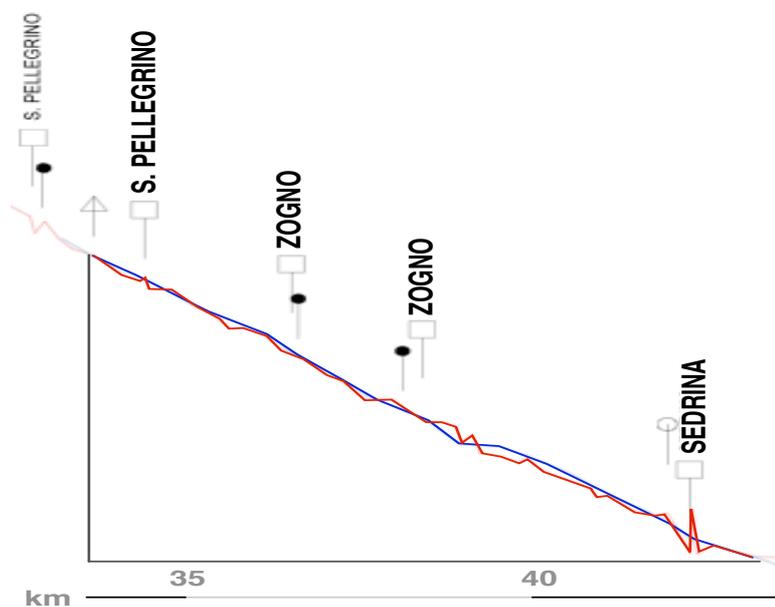
Locatelli, dove la sezione dell'alveo si è ristretta da 250 a circa 50 m: le ricostruzioni effettuate su base ortofotocarta (estratte dallo studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto tra Lenna e la confluenza in Adda redatto a cura dell'autorità di Bacino del Fiume Brembo) e riportate in stralcio nel presente documento (all. 1), evidenziano come l'alveo di magra e di full bank del Brembo, rilevato su base IGM del 1935 fosse traslato verso nord rispetto alla posizione attuale, occupando le attuali aree residenziali ed artigianali di via Antonio Locatelli.

Le valutazioni effettuate a partire dai dati storici e dalle attuali condizioni morfologiche della zona, portano ad escludere sia il manifestarsi di importanti fenomeni erosivi in alveo o sulle sponde, sia la riattivazione di forme fluviali relitte (paleoalvei). Lo spazio di mobilità funzionale del fiume Brembo è ritenuto pressoché coincidente con l'alveo attuale, sono stati comunque individuati degli areali individuati come potenziali fasce meandriche di divagazione fluviale.



Modificazioni altimetriche

Il confronto tra le sezioni trasversali effettuate sul fiume Brembo, con particolare riferimento al tratto di interesse, evidenziano una sostanziale stabilità nel periodo 1992/2003, ove i profili di fondo massimi risultano confrontabili tra loro. Nella sezione schematica successivamente riportata sono evidenziati in blu il profilo del fondo massimo misurato nell'anno 1992 ed in rosso il profilo del fondo massimo nel 2003.



8.2 Altri corsi d'acqua afferenti al reticolo idrico principale

Torrente Ambria

L'asta principale del torrente Ambria ha origine in corrispondenza del massiccio del Monte Alben (2010 m s.l.m.) e confluisce nel fiume Brembo all'altezza dei ponti di Ambria (325 m s.l.m.), a monte del tratto di interesse. Il decorso è prevalentemente lungo la direttrice N-S nella porzione di monte, fino alla confluenza nell'Ambria del torrente Ambriola (450 m s.l.m.), principale tributario di sinistra. A valle di tale confluenza, l'andamento del corso d'acqua si approssima alla direzione E-W. prima con gradualità e poi repentinamente, risentendo di un controllo litologico e strutturale: il tratto finale del solco vallivo del torrente Ambria è

caratterizzato da una profonda forra impostata in termini dolomitici (Orrido di Bracca).

Rio Grumello dé Zanchi

Si tratta di un corso d'acqua con andamento da rettilineo a meandriforme in alcuni tratti, che si immette nel fiume Brembo immediatamente a monte del tratto oggetto del presente studio, in sinistra idrografica. Il dislivello massimo nell'ambito del bacino è di 900 m, ad elevata energia di rilievo; l'evoluzione erosiva ha risentito inoltre delle marcate differenze litologiche del substrato roccioso, dolomitico e marnoso-argillitico. Le curve di fondo alternano, pertanto, tratti ad elevata pendenza con salti in roccia ad altri, ben incisi entro termini litologici maggiormente erodibili.

Rio Possogno

L'asta principale del torrente Possogno solca il versante settentrionale del monte Canto Alto con andamento rettilineo; il corso d'acqua è riconoscibile a partire dalla quota di 973 m s.l.m. e, con un percorso di 2 km, raggiunge il fondovalle ove confluisce nel fiume Brembo alla quota di 310 m s.l.m., all'interno dell'area di interesse. La curva di fondo si caratterizza per una pendenza abbastanza costante nel tratto di monte, conseguenza di un solco vallivo ben inciso entro rocce prevalentemente calcaree massicce, attorno ai 400 m s.l.m. presenta una rottura di pendenza in corrispondenza del terrazzo strutturale di Piazza Monaci.

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

8.3 Reticolo idrico minore

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

pendenza dei versanti che incidono, creando una discreta rete di drenaggio delle acque superficiali. Sono ascrivibili al reticolo idrico minore circa 300 aste fluviali.

9. CARATTERI NATURALSTICI ED USO DEL SUOLO

9.1 Condizioni d'uso del suolo

Il tratto fluviale di interesse, compreso nel settore prealpino, è caratterizzato da fasce perifluviali di modesta estensione, a ridosso dell'alveo attivo e delimitate dagli argini. L'analisi delle condizioni d'uso del suolo nei tratti di sponda fluviale insistenti sul territorio comunale di Zogno, ha evidenziato una destinazione mista residenziale, produttiva e naturale per la sponda sinistra, prevalentemente residenziale e produttiva in sponda destra. Le formazioni naturali che rientrano all'interno delle fasce sono prevalentemente arboree e presentano una bassa diversità morfologica probabilmente riconducibile al limitato ambito spaziale. La sintesi delle condizioni di uso del suolo delle aree di interesse è riportata in allegato ed è tratta dall'atlante cartografico dell'uso del suolo, parte integrante dello studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto tra Lenna e la confluenza in Adda redatto a cura dell'autorità di Bacino del Fiume Brembo (all. 2).

Sponda destra

La sponda destra del fiume Brembo nel tratto di interesse è fortemente antropizzata, ove si alternano usi residenziali e produttivi, con il prevalere dell'uso produttivo nella zona di via Antonio Locatelli, ove anche la sezione dell'alveo attivo si è notevolmente ridotta in seguito ad interventi antropici.

Sponda sinistra

La sponda sinistra mostra un maggiore grado di naturalità: le formazioni naturali sono comunque frammentate dalla presenza di localizzate aree residenziali e da opere antropiche.

9.2 Vegetazione

I fattori che maggiormente influenzano le tipologie vegetazionali riscontrate lungo l'asta del fiume Brembo, nel tratto di interesse, sono legati alle caratteristiche dell'alveo ed al suo gradiente idrico. La maggiore estensione del letto del fiume favorisce la biodiversità, permettendo l'instaurarsi di specie pioniere e stabilizzate in continua evoluzione; la distribuzione vegetazionale è inoltre legata all'evoluzione temporale degli eventi di piena. La composizione e la struttura delle cenosi sono inoltre fortemente influenzate dagli interventi antropici.

In particolare nel tratto prealpino del fiume a partire dall'alveo attivo, la vegetazione è caratterizzata da formazioni arbustive (*salix eleagnos* e *salix purpurea*), a copertura rada e discontinua, in grado di insediarsi su sedimenti alluvionali; formazioni arboree a dominanza di *ostrya carpinifolia* caratterizzano i versanti soleggiati mentre specie legate a microclimi tipici di forra, umidi, a prevalenza di *tilia cordata*, sono tipici dei pendii settentrionali.

Nel tratto immediatamente successivo, individuato come tratto di pianura, si evidenziano formazioni erbacee pioniere a copertura rada, che si insediano su sedimenti alluvionali poco sopra il livello di piena ordinaria del fiume Brembo, all'interno dell'alveo attivo; le formazioni arbustive, caratterizzate prevalentemente da salici arbustivi, sono presenti lungo le isole e barre fluviali di maggiori dimensioni e lungo i terrazzi fluviali più interni, prossimi all'alveo. Formazioni arboree a dominanza di *salix alba* sono visibili nei tratti pianeggianti caratterizzati dalla presenza di digitazioni laterali dell'alveo, con depositi prevalentemente limosi, su aree spesso inondate. Spostandosi verso i terrazzi più elevati, sommersi solo in caso di eventi di piena eccezionale, compaiono le formazioni arboree ripariali aperte e degradate, a dominanza di *robinia pseudoacacia* e *populus nigra*.

La carta della vegetazione, tratta dallo studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto tra Lenna e la confluenza in Adda redatto a cura dell'Autorità di Bacino del Fiume Brembo, è riportata in allegato (all. 3).

Sponda destra

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

vegetativa, ove presente, è principalmente rappresentata da popolamenti erbacei e, in subordine, da formazioni a dominanza di specie arbustive.

Sponda sinistra

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

9.3 Fauna

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

10. ANALISI IDROLOGICA

Nel presente paragrafo vengono descritte le elaborazioni effettuate ed i principali risultati ottenuti dalle attività di analisi idrologica svolte nell'ambito del bacino del fiume Brembo, per la valutazione delle portate di massima piena attese nella zona di interesse, ubicata in località via Cesare Battisti e via Antonio Locatelli del Comune di Zogno. Le attività idrologiche hanno avuto come base di partenza le stime delle portate di piena effettuate dall'Autorità di bacino negli studi idrologici condotti per la redazione del PAI e dai successivi aggiornamenti ed approfondimenti riportati dallo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda" redatto a cura dell'Autorità di bacino del fiume Po nel 2004.

In particolare, sono state riportate le determinazioni delle portate al colmo massime, calcolate con tempo di ritorno assegnato $Tr=200$ anni, oltre alla valutazione delle onde di piena, con i medesimi tempi di ritorno, in corrispondenza delle sezioni del tratto del fiume Brembo oggetto del presente studio del rischio idraulico.

10.1 Dati idrologici

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

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

10.2 Stima delle portate al colmo di piena

Il regime dei deflussi del fiume Brembo, nella porzione a monte del Comune di Sedrina, segue con una certa congruità quello delle precipitazioni: è infatti caratterizzato da un minimo principale nel periodo invernale ed uno secondario estivo e da due massimi, primaverile ed autunnale. Le perdite annue sono scarse, pari al 19.7% dell'afflusso, calcolate sulla base delle serie pluridecennali disponibili presso la stazione idrometrica del Ponte di Briolo. Le osservazioni sul lungo periodo evidenziano un guadagno apparente nel trimestre gennaio-marzo con deflussi superiori agli afflussi di circa 12 mm: tale situazione è probabilmente riconducibile agli apporti dagli invasi presenti in alta valle Brembana, regimati ed interessati da rilascio programmato nel periodo indicato.

Per la valutazione delle aree esondabili nella zona di interesse, sono stati considerati i dati di massima piena calcolati per tempi di ritorno di 200 anni, a partire dai dati disponibili e riportati nello studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda, alle diverse sezioni di misura.

Per il calcolo della portata in Comune di Zogno, gli idrogrammi di livello delle onde di piena campionate sono stati trasformati in idrogrammi di portata. Le

serie pubblicate sono state integrate con le informazioni desumibili dalla raccolta dati sugli idrogrammi di piena storici (previo accurato controllo dell’attendibilità degli stessi) e da quella svolta con specifico riferimento alle portate massime annuali.

Nella valutazione delle condizioni di rischio idraulico in località via Cesare Battisti e via Antonio Locatelli del Comune di Zogno, sono stati utilizzati i valori di portata al colmo con tempo di ritorno pari a 200 anni, calcolati per le diverse sezioni di riferimento rilevate sul tratto considerato, a partire dai dati disponibili dello “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda”.

Le portate utilizzati sono risultate essere maggiori ai valori individuati ed adottati per la definizione delle fasce fluviali nel PAI vigente, a favore di sicurezza. Per completezza d’informazione si riportano successivamente le stime delle portate al colmo in m³/s, per tempo di ritorno assegnato Tr=200 anni nelle stazioni di riferimento di San Pellegrino Terme, Zogno e Ponte di Briolo:

	San Pellegrino T.	Zogno	Ponte Briolo
portata al colmo	1249	1355	1594

Il confronto tra le stime delle portate al colmo utilizzate nel presente studio e quelle adottate nell’ambito del PAI, evidenzia infatti alcune differenze: le portate calcolate nel documento PAI risultano sistematicamente inferiori con scarti che tendono ad accentuarsi all’aumentare del tempo di ritorno. In particolare per la sezione al Ponte di Briolo, le portate PAI risultano inferiori a quelle utilizzate nel presente lavoro del 29%, per tempi di ritorno di 200 anni, come risulta dalla seguente tabella.

Fiume Brembo – Ponte di Briolo. Stime regionali delle portate al colmo con Tr = 200 anni	
Dati PAI	Studio di fattibilità della sistemazione idraulica
1130 m ³ /s	1594 m ³ /s

Gli inviluppi delle portate e le caratteristiche idrauliche della corrente e del corso d'acqua, hanno permesso di calcolare le variazioni di portate attese alle diverse progressive, lungo l'asta del fiume Brembo.

10.3 Stime dei volumi e delle onde di piena di assegnato tempo di ritorno

Per la stima delle portate medie di assegnata durata D e tempo di ritorno T , $Q_{D,T}$, nelle sezioni di interesse (prive di misure idrometriche) è stata valutata la scala di fluttuazione delle piene mettendo in relazione θ (che è la scala di fluttuazione del processo e dà una misura della memoria di quest'ultimo) col tempo di corrivazione del bacino T_c . Sono stati quindi stimati i rapporti di riduzione ε_D al variare della durata D , moltiplicando infine detti rapporti per le portate $Q(T)$ e ottenendo le portate medie di assegnata durata D e tempo di ritorno T , $Q_D(T)$.

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

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

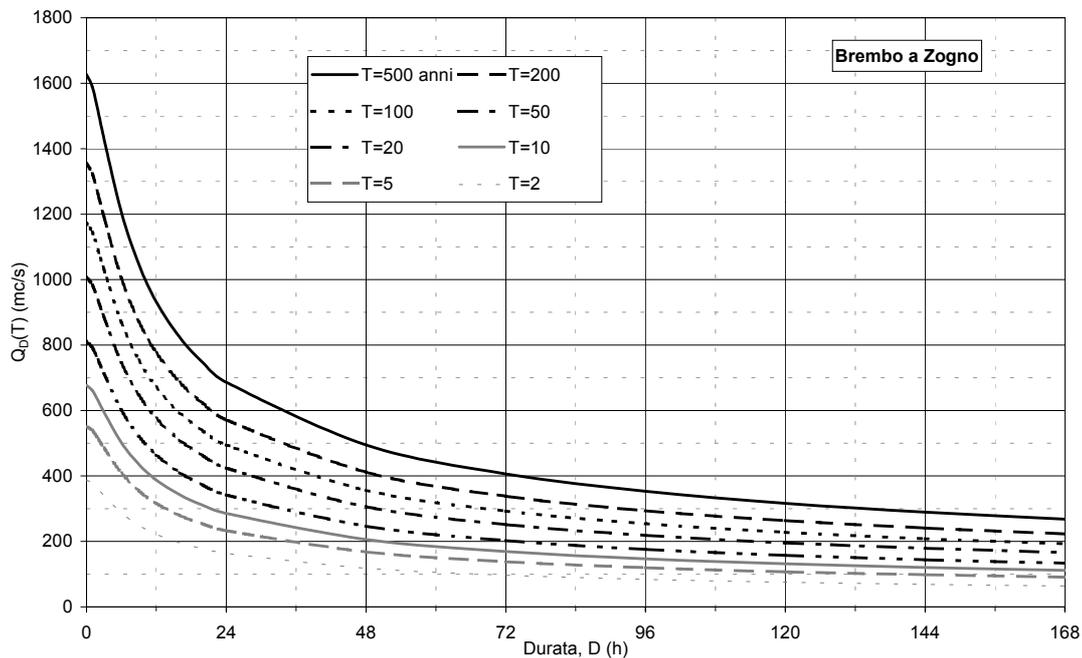
96	84	120	147	176	218	254	294	353
120	75	107	132	158	196	228	263	316
144	69	98	120	144	179	208	241	289
168	64	91	111	133	166	193	223	268

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

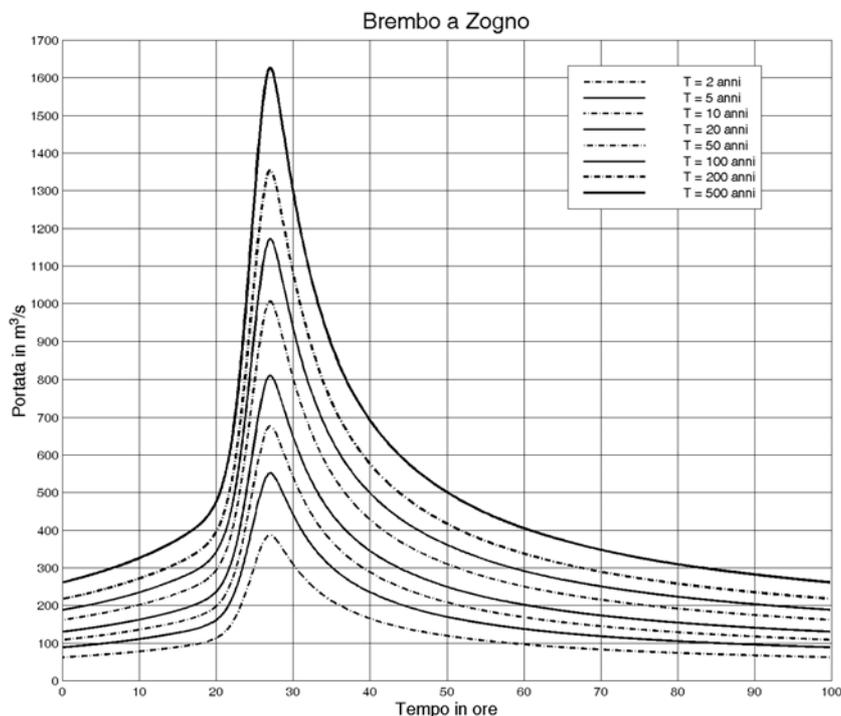
	Tempo di ritorno (anni)				
	5	10	20	50	100
Portata max (m ³ /s)	710	830	950	1110	1220

Dalle curve di durata delle portate costruite su una serie quarantennale (1940-1980), associando ad un determinato valore di portata il numero medio di giorni in un anno in cui questa portata è superata si ricava che la portata semipermanente (valore superato dalla metà dei termini della serie considerata) è di 20.7 m³/sec, a fronte di una portata media annua di 30.0 m³/sec.

Le portate medie per assegnato tempo di ritorno sono rappresentate in funzione della durata D nel grafico successivamente riportato, riferito alla sezione non strumentate del Brembo a Zogno.



Dal calcolo delle portate e dalla stima delle portate medie per assegnato tempo di ritorno, noti i tempi di corrivazione per le diverse stazioni di chiusura individuate (tra cui la stazione non strumentale di Zogno), sono stati valutati gli ideogrammi di piena sintetici di assegnato tempo di ritorno T. Il grafico successivamente riportato (estratto dallo studio redatto a cura dell'AdBpo nel 2004), sintetizza l'andamento dell'onda di piena, per diversi tempi di ritorno, nella stazione di Zogno:



11. RILIEVO TOPOGRAFICO

Il rilievo topografico, eseguito a cura del Geom. Alberto Milesi, iscritto all'Albo del Collegio dei Geometri della provincia di Bergamo col n. 2477, ha riguardato il tratto d'alveo del fiume Brembo a valle del ponte “vecchio” di collegamento tra l’abitato di Zogno e le località di Romacolo e Stabello, fino al confine tra i Comuni di Zogno e Sedrina. Sono state rilevate n. 23 sezioni topografiche che interessano l’asta fluviale e le aree circostanti, per un tratto significativo: sono state rintracciate le medesime sezioni utilizzate dall’Autorità di Bacino del fiume Po per la definizione delle fasce fluviali del PAI, opportunamente estese lateralmente a coprire le sponde e le aree urbane di interesse, implementando le stesse con sezioni intermedie che consentissero di ottenere una discreta e rappresentativa copertura dell’area. Nella porzione di monte dell’area di studio, alcune sezioni sono state tra loro interpolate per meglio dettagliare l’analisi idraulica lungo i tratti fluviali di interesse. Le sezioni complessivamente verificate idraulicamente sono n. 28. Le sezioni sono identificate con numeri progressivi

decescenti da monte a valle; le sezioni PAI ribattute hanno la seguente corrispondenza con le tracce rilevate per il seguente studio:

sezioni PAI	sezioni studio idraulico
63	23
62	22
	21
	20.5
61	20
	19.6
	19.3
	19
	18.6
	18.3
60_1	18
60	17
	16
	15
	14
	13
58	12
	11
57	10
56	9
	8
55	7
	6
54	5
	4
	3
53_1	2
53	1

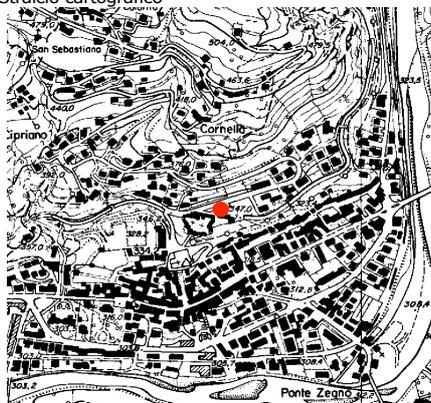
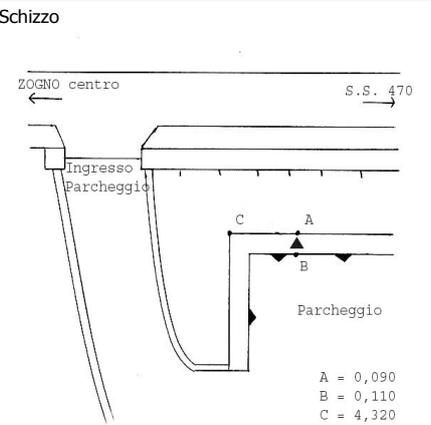
Il rilievo è stato eseguito in scala 1:500 con restituzione grafica in forma numerica; sono stati rilevati tutti gli elementi caratteristicamente significativi presenti sul territorio, ed in particolare: sponde fluviali con relative quote di ciglio e piede, fondo alveo in un numero di punti sufficienti a definirne l'andamento, scarpate, argini.

Facendo stazione sul caposaldo n. 033612 della Regione Lombardia, posto in comune di Zogno, appartenente alla rete di raffittimento dei punti trigonometrici nazionali dell'Istituto Geografico Militare. Ciò ha permesso di orientare il rilievo a Nord e quindi, utilizzando le coordinate piane dello stesso

caposaldo di stazione, secondo il sistema UTM-WGS84 e la relativa quota s.l.m., è stato possibile referenziare il rilievo alla Carta Tecnica Regionale.

L'area rilevata è compresa nel raggio di 2500 m dal caposaldo di appoggio; la distanza tra le sezioni realizzate è di circa 120 m.

La poligonale è stata effettuata con stazioni a centramento forzato e letture coniugate; la misura delle distanze di ciascun lato è stata ripetuta minimo tre volte da ciascun vertice (andata e ritorno). Grazie alla strumentazione utilizzata, all'accurata esecuzione delle misure e messa in stazione dello strumento e dei prismi riflettori, è stato possibile ottenere una precisione stimabile nell'ordine di cm 3,0 per Km, ampiamente inferiore ai limiti di tolleranza, calcolati con le formule consuete.

 Regione Lombardia Territorio e Urbanistica	Località' ZOGNO (Parcheggio cimitero)	Nome 033612	Sezione C.T.R. C4b5	Altri Enti AB-B14	
	COMUNE DI ZOGNO				
	Collegamento altimetrico da C.S. Quota=		Q. ell.: H= 395,483	Q.s.l.m. H= 348,621	
	Rilievo effettuato da A.T.P. S.r.l. - Perugia - febbraio/giugno 2003				
Accesso: Dalla S.S. 470 della Val Brembana, da Bergamo in direzione San Pellegrino Terme, deviare a sinistra intorno al Km. 18+300 per Zogno centro; arrivati alla chiesa, seguire le indicazioni di parcheggio. Il punto si trova sul muro di sostegno in fondo alla scarpata della strada principale, parallelo ad essa.		Materializzazione: Centrino infisso sulla sommità, lato ovest, del muro di sostegno e divisorio in calcestruzzo del parcheggio a lato del cimitero di Zogno, in località Cornella.			
Stralcio cartografico 		Fotografia 			
Schizzo  <p style="text-align: right;">A = 0,090 B = 0,110 C = 4,320</p>		Coordinate geografiche (WGS84) Lat. = 45°47'42,9658" Lon. = 09°39'54,7817"			
		Coordinate geografiche (Roma40) Lat. = 45°47'40,5299" Lon. = -2°47'12,5040"			
		Coordinate piane (UTM-WGS84) N= 5.071.515,949 E= 551.698,916			
		Coordinate piane (GAUSS-BOAGA) N= 5.071.536,570 E= 1.551.726,012			
		Coordinate geografiche (ED50) Lat. = 45°47'46,2737" Lon. = 09°39'58,5137"			
		Coordinate piane (UTM-ED50) N= 5.071.714,311 E= 551.781,050			

Collaudatori: Prof. Bezoari e Prof. Guzzetti del Politecnico di Milano - Verifica: IGM Firenze.

Il rilievo a terra è stato eseguito col metodo celerimetrico, utilizzando una stazione totale Leica, mod. TCR 1101, avente le seguenti caratteristiche:

Misure angolari
 Deviazione standard Hz, V (DIN 18723 ed ISO 12857) = 1,5", 0,5 mgon

Display, visualizzazione minima mgon	=	1,0",	0,1
Misura della distanza con riflettore Deviazione standard ppm	=	2 mm + 2	
Tempo di misura	=	1,0 s	
Misura della distanza senza riflettore Deviazione standard ppm	=	3 mm + 2	
Tempo di misura	=	3,0 s	
Compensatore biassiale Campo di funzionamento	=	+/- 0,1 gon	
Precisione di posizionamento	=	0,2 mgon	
Cannocchiale Ingrandimenti	=	30 x	
Apertura libera dell'obiettivo	=	40 mm	
Distanza minima di messa a fuoco	=	1,7 m	
Sensibilità delle livelle Livella sferica	=	6' / 2 mm	
Visualizzazione minima della livella elettronica	=	2"	

Le coordinate geografiche ed altimetriche dei punti delle sezioni realizzate, sono riportate in allegato al presente documento (all. 5).

12. ANALISI IDRAULICA

Le condizioni di rischio idraulico nell'area di interesse sono state valutate a partire dalle caratteristiche morfologiche del tratto d'area in località via Cesare Battisti e via Antonio Locatelli, tenuto conto dei dati idrometrici disponibili per la porzione d'asta fluviale di interesse.

La morfologia della zona è stata ricostruita mediante realizzazione di sezioni di dettaglio trasversali all'alveo, estese a ricomprendere per un tratto sufficientemente esteso entrambe le sponde fluviali, ed utilizzate per le successive valutazioni idrauliche.

12.1 Caratteristiche del tratto d'alveo verificato

Il tratto di torrente esaminato è compreso tra le località Ponte Vecchio e Grotte delle Meraviglie all'interno del territorio comunale di Zogno. Nel tratto di

valle, compreso tra le sezioni topografiche nn. 10 e 1, il corso d'acqua individua il confine comunale con Sedrina (in sinistra idrografica). Come in parte descritto nei paragrafi precedenti, l'alveo si presenta mediamente inciso, con fondo piuttosto piatto, le scarpate sono generalmente asimmetriche anche in relazione alla presenza di opere di difesa spondale e mediamente acclivi. Il fiume Brembo, nella porzione in studio, riceve il contributo di tre affluenti in sinistra idrografica: partendo da monte, il torrente Possogno, afferente al reticolo idrico principale (paragrafo 8.2), la valle di Stabello, afferente al reticolo idrico minore, caratterizzata da un alveo inciso, impostato principalmente in roccia, asciutta per buona parte dell'anno e la valle Camanecchio (reticolo idrico minore), situata in prossimità del confine amministrativo con il Comune di Sedrina e caratterizzata da versanti a forte acclività e da un'alveo impostato in roccia e con notevole pendenza. La rete idrografica si articola in un'asta principale e pochi rami di ordine inferiore, normalmente privi di deflusso superficiale, che si attivano solo in occasione di eventi di una certa intensità.

In destra idrografica i principali corsi d'acqua affluenti del fiume Brembo sono ascrivibili al reticolo idrico minore, trattasi, da monte a valle, della valle dei Morti, val Baule, val Capaniccioli, Valdel, val Carrubbo, la valle Grande e la val Rocana.

La val Baule e la valle dei Morti scorrono con decorso circa nord-sud in località denominata "Monte di Zogno", le aste fluviali hanno uno sviluppo longitudinale ridotto con alveo artificializzato (intubato o coperto) nei tratti maggiormente urbanizzati. La Valle dei Morti è affluente di sinistra della Val Baule, nella quale confluisce alla quota di circa 315 m s.l.m., in località "al Quadrel", ove entrambi i corsi d'acqua si presentano coperti. I corsi d'acqua si immettono nel Brembo all'altezza di via Paolo Polli.

La Valle Capaniccioli, a direzione prevalente N-S, solca la parte centrale della zona nota in loco come "Monte di Zogno". Il bacino afferente risulta molto allungato, con accentuato controllo strutturale. La parte sommitale, a monte di Sonzogno, si connota per una morfologia carsica con assenza di rete di drenaggio organizzata; la parte mediana, sino allo sbocco di fondovalle, presenta due versanti ad elevata acclività e la curva di fondo, coincidente con l'incisione drenante, mostra pendenze comprese fra 35 e 45%. La valle confluisce nella

Roggia Traini, la confluenza avviene in area edificata, a valle di un tratto canalizzato e coperto.

La valle Valdel si imposta su versanti a pendenze variabili, la pendenza del fondo valle costituente l'asse drenante può essere stimato attorno al 20%. L'area del bacino è in gran parte a prato stabile: il substrato roccioso, caratterizzato da dolomie calcaree, è mascherato da un suolo di media potenza. Il torrente Valdel è stato intubato a monte del centro edificato: scorre tombinato per circa 150 m e successivamente coperto per altri 25 m, nel tratto finale il corso d'acqua scorre a cielo aperto fino alla confluenza nella roggia Traini.

La val Camissinone costituisce un' incisione torrentizia tributaria, in sinistra idrografica, della Val Carrubo. Il bacino di drenaggio sottendendo un'area di 0,47 km². Il canale di deflusso è poco inciso, artificializzato per un tratto di 40 m circa, in corrispondenza dell'attraversamento del piazzale di accesso al nucleo storico e della sottostante strada del monte.

La val Carrubo rappresenta, nel reticolo idrico minore, il corso d'acqua che drena direttamente ed indirettamente attraverso la Roggia Traini, l'area edificata residenziale e produttiva più estesa del Comune. La parte di bacino montano raggiunge la zona più elevata in prossimità del Monte Zuccone. I versanti presentano uno spiccato contrasto morfologico rispetto all'incisione torrentizia principale, impostata lungo la linea della Val Carrubo e quindi a spiccato controllo strutturale. Tale linea mette a contatto litologie differenti, argilliti e calcari marnosi ad ovest, dolomie massicce ad est. La val Carrubo confluisce nel fiume Brembo in corrispondenza dell'area industriale di via Antonio Locatelli raccogliendo, prima dell'immissione, anche le acque provenienti dalla Roggia Traini e, conseguentemente, delle valli Valdel e Capaniccioli, sue tributarie.

L'alveo del Brembo può essere definito monocorsuale e rettilineo, con una sola barra vegetata visibile a monte della zona di studio.

L'alveo attivo presenta valori medi di pendenza tipici dei torrenti prealpini, di raccordo tra le aree motane e quelle di pianura: la pendenza media è pari allo 0,063%, con valori massimi prossimi allo 0,9%; la porzione di alveo attivo è mediamente compresa tra 50 e 70 m.

Sono successivamente sintetizzati i valori geometrici caratteristici del tratto d'alveo indagato:

Quota fondo alveo sezione di monte (23)	299,3 m s.l.m.
Quota fondo alveo sezione di valle (1)	283,8 m s.l.m.
Dislivello tratto considerato	15,5 m
Lunghezza del tratto	2800 m
Pendenza media	0,063%

Lungo il tratto in esame non vi sono ponti o attraversamenti che comportino restringimenti all'alveo del fiume Brembo.

12.2 Caratteristiche delle sponde fluviali

I rilievi effettuati in sito hanno tenuto conto delle caratteristiche spondali del tratto d'alveo di interesse: in particolare sono state rilevate e verificate nella loro continuità longitudinale, le opere spondali esistenti. Le arginature ed i muri, ove presenti, sono stati univocamente identificati con una sigla, riportati in planimetria e descritti nelle caratteristiche peculiari nel presente paragrafo. Trattandosi di uno studio idraulico per la valutazione dei possibili fenomeni esondivi all'interno del centro edificato, in destra idrografica, particolare attenzione è stata posta nella definizioni dei caratteri geometrici e strutturali delle opere esistenti in sponda destra.

Sponda destra

Lungo la sponda destra è presente un lungo tratto arginato continuo su buona parte dell'asta fluviale, sviluppato a partire dalla sezione di monte di progetto (sez. 23) a valle fino alla sezione di riferimento n. 10. L'arginatura è caratterizzata da più tratti distintamente cartografati in carta (tavv. 6a e 6b), in relazione alle caratteristiche costruttive ed alla funzionalità draulica e funzionale degli stessi. Il tracciato spondale si presenta piuttosto rettilineo, le aree prospicienti l'alveo sono edificate: insediamenti residenziali ed industriali sono talora a ridosso della scarpata fluviale. Nella porzione di valle, in località via Antonio Locatelli, i progressivi interventi antropici hanno causato un significativo

restringimento della sezione disponibile dell'alveo, passata da circa 250 a circa 50 m (all. 1).

Le opere spondali esistenti in destra idrografica, successivamente descritte, sono riportate in allegato al presente documento (all. 5) corredate di idonea documentazione fotografica:

- BR01 – immediatamente a monte dell'area di studio è presente lungo la sponda destra un tratto di muro in sassi e cemento edificato a partire dalla sommità di una scogliera esistente realizzata in massi ciclopici a protezione del tratto di sponda, per una lunghezza complessiva pari a circa 60 m. Il muro, poggiante sull'arginatura, risulta protetto al piede ed in buono stato di conservazione. A valle di tale opera esiste un tratto di lunghezza pari a circa 40 m senza argini artificiali;
- BR02 – in corrispondenza della sezione identificata al n. 22 è stata rilevata la presenza di un muro in sassi e cemento, verticale, direttamente poggiante in alveo, senza protezione al piede. Il muro è continuo per un tratto di circa 110 m ed è in continuità, verso valle, con un muro identificato con la sigla BR03;
- BR03 – l'opera di difesa BR03 è caratterizzata da un muro in calcestruzzo, direttamente poggiato su una scogliera in massi ciclopici e cemento. Il piede del muro appare ben protetto da possibili scalzamento e da fenomeni erosivi. Lo sviluppo longitudinale dell'opera è pari a circa 65 m;
- BR04 – lungo la sezione n. 21, parzialmente arretrato rispetto all'allineamento delle opere spondali esistenti a monte, è stato realizzato un muro in sassi e cemento ove il paramento verticale va ad appoggiarsi direttamente sulla sommità dell'argine fluviale, in materiale sciolto. Pur non essendoci evidenze di ammaloramenti o scalzamenti al piede, l'opera per le proprie caratteristiche costruttive, non risulta protetta al piede. Il muro copre un tratto di sponda di lunghezza pari a circa 80 m, a valle della quale esiste un tratto spondale di circa 150 m, lungo la porzione di monte di via XXIV Maggio, senza arginature;
- BR05 – le sezioni comprese tra la 19,6 e la 19 sono caratterizzate dalla presenza di un muro in calcestruzzo direttamente appoggiato su un tratto

di sponda in materiale sciolto, pertanto in assenza di protezione al piede dello stesso. Il muro risulta sopralzato lungo tutta la sua lunghezza, per un'altezza limitata, inferiore al metro. Lo sviluppo longitudinale complessivo dell'opera è di circa 120 m;

- BR06 – il muro identificato con la sigla BR05 prosegue in continuità longitudinale, per ulteriori 70 m, e strutturale con il presente tratto di opera spondale, in calcestruzzo con sopralzo, ove l'unica differenza è data dalla maggiore protezione al piede di questo secondo tratto, garantita dalla fondazione realizzata su roccia;
- BR07 – il tratto di muro in calcestruzzo, continuo a partire dalla sezione 19,6, prosegue a valle fino all'altezza di via Paolo Polli, ove l'opera spondale prosegue per un ulteriore tratto di 45 m, protetta al piede, senza sopralzi;
- BR08 – a partire dalla via Paolo Polli, alla sezione di riferimento n. 18, lungo la sponda è stata realizzata un'arginatura in sassi e cemento che, pur non evidenziando ammaloramenti o scalzamenti al piede, per le proprie caratteristiche costruttive, non risulta protetta al piede. L'arginatura ha una lunghezza di 70 m;
- BR09 – l'area prospiciente il campo sportivo denominato Paolo Polli è caratterizzata dalla presenza di una scogliera continua in massi ciclopici, che si sviluppa tra le sezioni n. 17 e n. 15 per un tratto complessivo di oltre 300 m. A valle della scogliera, tra le sezioni nn. 14 e 13 la sponda è naturale;
- BR10 – a valle della sezione di riferimento n. 13 è stata realizzata un'arginatura in massi ciclopici annegati in cemento alla cui sommità sono stati posizionati elementi prefabbricati allineati, strutturalmente inadeguati all'eventuale contenimento di spinte idrauliche. L'arginatura si presenta in buone condizioni di conservazione. Il tratto spondale protetto ha lunghezza pari a circa 75 m;
- BR11 – lungo la sezione 12, per un tratto di oltre 60 m, esiste un muro arginale con realizzazione di successivo sopralzo con altezza inferiore al metro, ove sono stati evidenziati fenomeni erosivi al piede, che risulta non protetto da potenziali scalzamenti localizzati;

- BR12 – il tratto di muro identificato con la sigla BR11 prosegue a valle per un tratto di ulteriori 80 m circa, con le medesime caratteristiche strutturali, in assenza di soprizzo. Anche tale porzione di muro non risulta essere protetta al piede;
- BR13 – a valle dell'opera spondale BR12, il muro in calcestruzzo prosegue con continuità ed in allineamento al precedente, per ulteriori 280 m circa. Il muro, che non presenta evidenze di ammaloramento, non risulta essere sufficientemente protetto al piede da potenziali fenomeni erosivi e di scalzamento. Tale tratto di muro è stato soprizzato, in continuità con la base, per un'altezza complessiva inferiore al metro. L'opera si interrompe tra le sezioni di riferimento nn. 10 e 9, a valle delle quali le sponde fluviali sono naturali per tutto il tratto d'alveo compreso nel presente studio.

Sponda sinistra

In sinistra idrografica le aree prospicienti l'aveo attivo (terrazzo fluviale) risultano prevalentemente "a verde", inedificate per un tratto sufficientemente ampio; la scarpata è impostata in roccia per buona parte del suo sviluppo altimetrico e sono presenti quattro tratti arginati, successivamente descritti e fotograficamente identificati nell'allegato 5 al presente documento:

- BR14 – l'area compresa tra le sezioni nn. 22 e 21 è caratterizzata dalla presenza di una scogliera continua in massi ciclopici, che si sviluppa per un tratto complessivo di oltre 140 m. A monte ed a valle della scogliera, la sponda è naturale;
- BR15 – trattasi di un tratto di sponda costituito da un muro in sassi e cemento, parzialmente poggiante su depositi sciolti, pertanto non protetto al piede. Il muro ha uno sviluppo longitudinale pari a circa 100 m e protegge il tratto spondale compreso tra le sezioni di riferimento nn. 17 e 16;
- BR16 – in continuità longitudinale ed in allineamento con l'opera spondale BR17 – a cavallo della sezione di riferimento n. 7, di fronte al depuratore comunale di Zogno, la sponda è protetta da un tratto di scogliera in massi ciclopici continua per un tratto prossimo a 120 m.

La presenza di opere spondali idraulicamente e strutturalmente funzionali è stata valutata positivamente ai fini della verifica idraulica e dell'individuazione delle aree sondabili, come dettagliato nei capitoli successivi.

12.3 Modello idraulico utilizzato

Per l'analisi del deflusso di piena lungo le sezioni di interesse è stato utilizzato il programma di analisi HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System), mediante il quale sono stati calcolati i profili idraulici in condizioni di moto permanente gradualmente vario.

Le ipotesi di partenza per la definizione del modello sono successivamente riassunte:

- il moto della corrente è permanente, gradualmente vario e monodimensionale, con distribuzione idrostatica della pressione;
- la pendenza del fondo alveo è sempre inferiore al 10%;
- le perdite di fondo sono mediamente costanti tra due sezioni trasversali adiacenti;
- le arginature sono fisse.

Il modello idraulico utilizzato dal programma HEC-RAS determina le quote della superficie idrica dei tratti d'alveo compresi tra due sezioni successive, mediante l'applicazione delle equazioni di conservazione dell'energia e delle perdite di carico:

$$WS_2 + \frac{A_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{A_1 V_1^2}{2g} + h_e$$
$$h_e = Li + C \left| \frac{A_2 V_2^2}{2g} - \frac{A_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove:

WS_1, WS_2 = livelli idrici nelle sezioni, alle estremità del tratto considerato;

V_1, V_2 = velocità medie nelle sezioni, alle estremità del tratto considerato;

A_1, A_2 = coefficienti di correzione dell'energia cinetica;

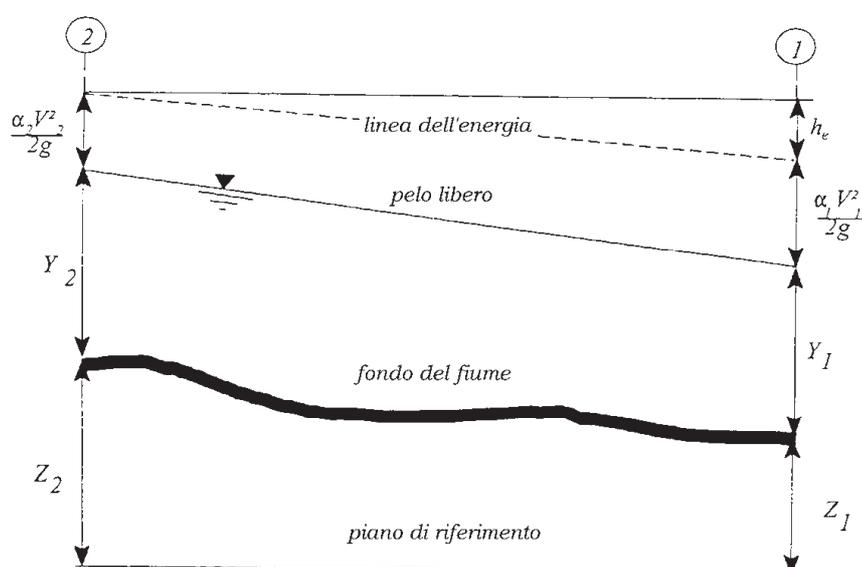
h_e = perdite di carico totale nei singoli tratti considerati;

L = distanza dei singoli tratti considerati;

C = coefficiente di perdita per espansione o contrazione della vena fluida;

i = pendenza.

La sezione successivamente riportata evidenzia lo schema del bilancio di energia tra la sezione di monte e quella di valle; le perdite complessive di energia (h_e) tra due sezioni successive sono imputabili sia alle perdite continue sia a quelle localizzate, dovuti a fenomeni di contrazione o dilatazione della vena fluida.



Schema di calcolo per la determinazione del profilo liquido nei corsi d'acqua

Nelle valutazioni effettuate nel presente studio con l'applicazione del software HEC-RAS, ciascuna sezione dell'alveo è stata considerata composta (tipica dei corsi d'acqua naturali), ovvero suddivisa in tre o più parti ove la velocità media dell'acqua può essere ritenuta costante: a tali aree sono stati assegnati diversi valori del coefficiente di Manning, come dettagliato nei paragrafi successivi.

12.3.1. Portata

L'obiettivo dell'analisi idraulica è quello di verificare le quote idrometriche massime, raggiunte nelle diverse sezioni trasversali, in seguito ad eventi di piena calcolati con tempi di ritorno $Tr=200$ anni. La piena è stata considerata variabile sul tratto di interesse, considerando gli apporti laterali dei vari corsi d'acqua tributari e

le variazioni di portate attese alle diverse progressive, calcolate lungo l'asta del fiume Brembo nello studio redatto a cura dell'autorità di Bacino del fiume Po nell'anno 2004.

Le verifiche sono state pertanto effettuate considerando la portata calcolata alla chiusura non strumentale di Zogno, per il tempo di ritorno assegnato di 200 anni, pari a $q=1.354,26 \text{ m}^3$. Tale valore di portata è stato attribuito alla sezione di monte (n. 23); il valore di portata attribuito alla sezione di chiusura (n. 1) è pari a $q=1.408,6$. I valori di portata assegnati alle diverse sezioni verificate sono variabili, adeguati all'effettiva estensione del bacino alle diverse sezioni di chiusura ed agli apporti dai corsi d'acqua tributari.

sezione	portata attesa con $Tr = 200$ anni
23	1354,26
22	1357,56
20	1362,23
18	1366,76
17	1370,30
15	1374,50
12	1380,20
10	1385,60
9	1389,30
7	1392,60
5	1397,80
2	1404,40
1	1408,60

I valori assegnati di portata sono stati attribuiti a ciascun tratto d'alveo in conformità con le risultanze delle elaborazioni effettuate nello studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda. Le portate calcolate ed utilizzate nella presente modellizzazione idraulica sono superiori ai valori registrati durante gli eventi di piena del 1987 e del 2002.

12.3.2. Schematizzazione dell'alveo

Sono state battute 23 sezioni topografiche ed analizzate 28 sezioni (di cui n. 5 interpolate) trasversali alla direzione di deflusso della corrente idrica, che consentissero di ottenere una discreta e rappresentativa schematizzazione dell'area nel tratto sotteso tra le vie degli Alpini ed Antonio Locatelli. Le sezioni si

estendono a comprendere l'alveo attivo, gli argini, le aree golenali, ove presenti ed un tratto significativo della zona edificata, in destra idrografica; per ciascuna sezione sono riportate le quote che ne descrivono il profilo, la lunghezza dei diversi tratti considerati e la pendenza degli stessi. L'ubicazione delle sezioni, realizzate in scala 1:500, è riportata sulla planimetria allegata al presente documento (tavv. 7a÷7d).

Mediante calcolo analitico delle equazioni di flusso in condizioni di moto permanente, in corrispondenza di ciascuna sezione è stato individuato il perimetro bagnato ed il livello del pelo libero calcolato per portate calcolate ($Q = 1354,3 \div 1408,6 \text{ m}^3/\text{s}$ rispettivamente a monte ed a valle del tratto di studio), con le relative quote di riferimento. Il valore del coefficiente di scabrezza, variabile lungo ciascuna sezione, è riportato in testa alle stesse, mentre il tratto di alveo inciso rispetto alle aree golenali o banchine è individuato da due simboli sferici rossi.

La sezione longitudinale è stata tracciata lungo la direzione della valle, all'interno dell'alveo e consente di ricavare informazioni sulle quote minime di fondo e sulla pendenza del talweg, nel tratto di interesse, oltre che sulla pendenza del pelo libero dell'acqua lungo direzione di flusso: il valore medio del tratto considerato (per una lunghezza di 2800 m), evidenzia una pendenza complessiva pari allo 0,063%. Nelle simulazioni idrauliche sono state considerate due diversi valori di pendenza calcolati come media per i tratti di monte e di valle, in considerazione delle caratteristiche e dello sviluppo longitudinale dell'alveo.

Lungo i diversi tratti d'alveo sono state rilevate modalità di scorrimento: la corrente idrica viene definita lenta o veloce attraverso il numero adimensionale di Froude, ricavato dal rapporto tra le forze gravitazionali ed inerziali secondo la relazione:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gR}}$$

dove:

V = velocità media nella sezione Q/A (m/s);

g = accelerazione di gravità (m/s^2);

R = raggio idraulico della sezione (m).

Se il $Fr < 1$ il moto è in corrente lenta, se $Fr > 1$ il moto è veloce, quando $Fr = 1$ il moto è critico.

Nelle sezioni analizzate il valore del coefficiente di Fraude si mantiene inferiore o uguale al valore 1, ad indicare una tipologia di moto in corrente lenta, come risulta dai tabulati delle elaborazioni effettuate con il software Hec-Ras, allegate.

Per le caratteristiche proprie della corrente e la morfologia dell'alveo che, nella zona di interesse si presenta a tratti mediamente incassato, non si rileva la possibilità di fenomeni erosivi significativi: lo spazio di mobilità funzionale dell'alveo è pressoché coincidente con il full bank, ad eccezione di tratti molto brevi in corrispondenza di modesti tratti di piana in destra o nella zona industriale, in sinistra idrografica, ove è possibile il verificarsi di fenomeni esondivi in caso di eventi di piena calcolati con tempi di ritorno di 200 anni.

12.3.3. Coefficiente di scabrezza

Il coefficiente di scabrezza rappresenta la resistenza al moto del flusso idraulico; nella modellazione effettuata per l'analisi idraulica sul tratto d'alveo di interesse, sono stati assunti valori diversi individuando l'alveo inciso e l'alveo di piena, comprese le aree golenali.

La scabrezza è rappresentata mediante il coefficiente di Manning (n), legato alla velocità di deflusso dalla relazione:

$$v = \left(\frac{1}{n} \right) R^{2/3} j^{0,5}$$

dove:

v = velocità media della corrente (m/s);

R = raggio idraulico (m);

j = pendenza del fondo alveo (m/m);

n = coefficiente di Manning.

Il coefficiente di Manning è ottenuto dalla sommatoria di diversi fattori che considerano le caratteristiche litologiche e vegetazionali de fondo e delle sponde e l'incidenza di eventuali ostruzioni ed è funzione del grado di sinuosità dell'alveo, secondo la seguente relazione:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

dove

n_0 = materiale costituente l'alveo;

n_1 = irregolarità della superficie della sezione;

n_2 = variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale;

n_3 = effetto relativo alle ostruzioni;

n_4 = effetto della vegetazione;

m_5 = grado di sinuosità dell'alveo.

I valori dei coefficienti di scabrezza sono stati assegnati sulla base della metodologia suggerita dall'Autorità di Bacino del fiume Po. Il metodo fa riferimento alla formula proposta dall'U.S. Geological Survey, che mette in relazione il coefficiente di resistenza al moto (espresso secondo Manning) alla granulometria del materiale di fondo e al grado di vegetazione dell'alveo.

I dati utilizzati sono stati dedotti dalle seguenti fonti di informazione:

- caratterizzazione sperimentale della granulometria del materiale d'alveo,
- Carta degli Usi del Suolo,
- ortofotocarta,
- catasto delle opere idrauliche.

Dopo aver assegnato una configurazione preliminare dei valori di resistenza al moto con la procedura di seguito descritta, si è proceduto alla taratura del modello sulla base dei dati disponibili in bibliografia, desumibili dallo studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto tra Lenna e la confluenza in Adda, nel quale sono riportati i dati dell'unico evento di piena (quello occorso nel novembre 2002) per il quale sono stati forniti gli idrogrammi di piena.

I valori del coefficiente di Manning sono stati assegnati distinguendo l'alveo inciso dalle zone golenali.

Alveo

I valori dei coefficienti di resistenza al moto di Manning per l'alveo inciso sono stati stimati mediante la formula di Cowan (Chow 1959) sopra riportata.

La variabilità dei fattori che contribuiscono alla definizione del coefficiente di Manning è stata successivamente schematizzata, sulla base dei dati bibliografici disponibili in letteratura:

n ₀ materiale costituente l'alveo	terra	0,020
	roccia	0,025
	alluvione grossolana	0,028
	Alluvione fine	0,024
n ₁ irregolarità della superficie della sezione	trascurabile	0,000
	bassa	0,005
	moderata	0,010
	elevata	0,020
n ₂ variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale	graduale	0,000
	occasionale	0,005
	frequente	0,010-0,015
n ₃ effetto delle ostruzioni	trascurabile	0,000
	modesta	0,010-0,015
	apprezzabile	0,020-0,030
	elevata	0,040-0,060
m ₅ grado di sinuosità dell'alveo	modesto	1,000
	apprezzabile	1,150
	elevato	1,300

L'alveo del fiume Brembo, nel tratto di studio, è caratterizzato da un talweg impostato su depositi scilti grossolano (ghiaie con ciottoli debolmente sabbiose) o direttamente su roccia; le forme di fondo e le dimensioni delle sezioni trasversali si mantengono piuttosto omogenee lungo il tratto considerato. Non vi sono punti di possibile ostruzione, non vi sono attraversamenti.

Considerate le caratteristiche morfologiche dell'alveo inciso, i valori di n₁, n₂ e n₃ sono stati assunti nulli ed il coefficiente di sinuosità m₅ è stato considerato pari a 1.

Per la stima del valore di n₀ si è fatto riferimento ai valori proposti in letteratura, confrontati con i risultati ottenuti mediante l'applicazione della relazione di Keulegan (Yen 1992) che mette in rapporto il coefficiente n₀ con le caratteristiche granulometriche dell'area sommersa, con particolare riferimento al diametro mediano (D50) del materiale di fondo, espresso in metri, dedotto dalle analisi granulometriche disponibili sul tratto in studio.

I valori di n_4 sono stati assegnati in funzione della densità di vegetazione presente in alveo, valutata per le diverse sezioni di calcolo sulla base delle informazioni ricavate dai sopralluoghi effettuati in sito e dall'osservazione delle ortofotocarte.

n ₄ effetto della vegetazione	vegetazione assente	0,000
	ardusti ed alberi in percentuale <20%	0,007
	ardusti ed alberi in percentuale >20% e <40%	0,015
	ardusti ed alberi in percentuale >40%	0,03

I valori del coefficiente di Manning utilizzati per tutte le sezioni analizzate, per l'alveo attivo, sono stati assegnati a partire dai valori e con le metodologie sopra individuate:

alveo attivo: $n = 0,034$

Solo in corrispondenza della sezione n. 1 è stato assegnato al coefficiente di Manning il valore $n = 0,018$, per la presenza in alveo di un'opera in calcestruzzo (traversa).

Sponde e aree golenali

I valori dei coefficienti di resistenza al moto sulle aree golenali sono stati definiti sulla base dei sopralluoghi effettuati in sito, dell'osservazioni delle ortofotocarte disponibili e della Carta degli Usi del Suolo: alle aree antropizzate (tessuto urbano, zone industriali e ricreative) è stato assegnato $n = 0.025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$; alle aree vegetazione rada o assente è stato assegnato $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$.

Per le aree con vegetazione boschiva o arbustiva il coefficiente di resistenza al moto è stato calcolato mediante la relazione proposta da Petryks e Bosmajien, valida per vegetazione rigida:

$$n_{veg} = n_{so} \sqrt{1 + \frac{\Lambda_v}{2g} \frac{1}{n_{so}} R_h^{1/3}} \quad \text{con} \quad \Lambda_v = \frac{C_R A_P}{a_x a_y}$$

dove:

n_{so} coefficiente di resistenza al moto del terreno nudo,

C_R coefficiente di resistenza, assunto pari a 1,

AP sezione d'ingombro medio delle piante,
ax distanza tra le piante nella direzione della corrente,
ay distanza tra le piante nella direzione perpendicolare alla corrente,
Rh raggio idraulico dell'area interessata.

Da n_{so} e n_{veg} è stato ricavato il coefficiente di Manning equivalente n_{eq} per le golene:

$$n_{eq} = \sqrt{n_{so}^2 + n_{veg}^2}$$

I valori del coefficiente di Manning utilizzati per tutte le sezioni analizzate, per le aree spondali e golenali sono successivamente schematizzati:

manufatti in cls: $n = 0,018$

sponde ed aree golenali a vegetazione da rada a significativa

$n = 0,035 \div 0,056$

aree antropizzate $n = 0,025$.

13. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE (TR=200 ANNI)

I livelli idrici al colmo delle sezioni per tempi di ritorno $Tr=200$ anni sono stati calcolati su tutte le sezioni topografiche disponibili, a partire dalle portate di massima piena considerate: $Q=1408,60 \text{ m}^3/\text{s}$, calcolata al punto di chiusura di interesse e $Q=1354,26 \text{ m}^3/\text{s}$, calcolata in corrispondenza della prima sezione di riferimento per il tratto di studio.

L'obiettivo della verifica è quello di individuare le quote idrometriche che si instaurano nelle condizioni di massima piena lungo tutto il tratto fluviale esaminato, con particolare riferimento alle aree prospicienti gli insediamenti urbani, residenziali e produttivi, presenti soprattutto lungo la sponda destra del fiume Brembo.

La modellizzazione idraulica tiene conto delle caratteristiche morfometriche delle aree di interesse, degli apporti idrici da parte di corsi d'acqua tributari (come portata liquida), dei caratteri morfologici, litologici ed idraulici del tratto di fiume considerato:

Sezione (da monte)	Sezione di riferimento PAI	Portata al colmo utilizzata (m ³ /s)	Quota del pelo libero calcolata (m)
23	63	1354,26	303,70
22	62	1357,56	303,99
21		1357,56	303,44
20,5		1357,56	303,42
20	61	1362,23	302,97
19,6		1362,23	302,76
19,3		1362,23	302,41
19		1362,23	301,98
18,6		1362,23	300,95
18,3		1362,23	300,71
18	60_1	1366,76	300,84
17	60	1370,30	299,99
16		1370,30	299,23
15	59	1374,50	298,08
14		1374,50	297,84
13		1374,50	297,42
12	58	1380,20	295,43
11		1380,20	294,70
10	57	1385,60	292,88
9	56	1389,30	293,57
8		1389,30	292,26
7	55	1392,60	291,13
6		1392,60	290,26
5	54	1397,80	290,31
4		1397,80	289,94
3		1397,80	288,48
2	53_1	1404,40	288,90
1	53	1408,60	288,52

La quota del pelo libero (water surface) raggiunta a partire dai valori di portata utilizzati, è riportata con segno grafico azzurro nei profili delle singole sezioni utilizzate ai fini della modellizzazione idraulica.

L'individuazione della quota del pelo libero dell'acqua riferito ad eventi di piena con tempo di ritorno $T_r=200$ anni, per le sezioni realizzate lungo il tratto d'asta fluviale di studio con distanza media di circa 120 m, è servita per verificare la presenza di potenziali fenomeni esondivi e di eventuali zone critiche, definite

come aree sottese dal corso d'acqua, caratterizzate da franco ridotto (inferiore ad 1 m) tra l'altezza massima del pelo libero e le quote riferite alla sommità arginale.

I risultati dell'analisi idraulica, sintetizzati nella tabella precedente e graficamente osservabili nella planimetria e sezioni allegate, evidenziano, per alcuni tratti della zona di studio, una scarsa adeguatezza idraulica del corso d'acqua al corretto smaltimento delle portate: l'alveo, su parte del suo tracciato, non garantisce il corretto deflusso delle portate calcolate con tempi di ritorno pari a 200 anni.

Sulla base dei risultati ottenuti in seguito alla simulazione effettuata, inserendo condizioni di portata differenti nei diversi tratti di indagine, è stata redatta una mappatura delle aree esondabili lungo entrambe le sponde fluviali ed una zonazione della pericolosità e del rischio attesi per le aree perimetrate all'interno del centro edificato. Si precisa che per le portate attese con $T_r=200$ anni non si verificano effetti di rigurgito sui ponti esistenti a valle, in Comune di Sedrina: i dati disponibili, riportati nello studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda evidenziano un possibile rigurgito che si estende per un chilometro verso monte a partire da uno dei ponti di Sedrina a causa di deflusso in pressione.

13.1 Funzionalità idraulica dell'alveo del fiume Brembo

La funzionalità idraulica del fiume Brembo nell'area di studio, è stata valutata considerando l'andamento monocursale del corso d'acqua e la sua complessiva stabilità morfologica.

Riguardo all'evoluzione dell'alveo, dall'analisi storica resa possibile dalla documentazione cartografica e fotografica del periodo 1889-2002, non emergono modificazioni di rilievo nell'andamento dell'alveo e del full bank nel tratto di monte, a valle negli anni si è verificato un notevole restringimento della sezione dell'alveo, non ripristinabile allo stato attuale dei luoghi. Non si osserva, infine, la presenza di forme fluviali relitte. Il tratto in esame è caratterizzato dalla prevalenza di sedimenti grossolani in alveo e sulle sponde, con un fondo alveo stabile (periodo di osservazione 1992/2003).

Lo studio della dinamica del trasporto solido ha evidenziato un alveo sostanzialmente stabile su tutta l'area di monte ed una tendenza ad una erosione nel tratto d'alvio prospiciente la zona industriale di via Locatelli, tra le sezioni di riferimento nn. 15 e 10, seguito da una porzione stabile o con debole deposito sia sul medio che sul lungo termine.

Il calcolo dei livelli di massima piena ricavati per le sezioni di interesse ha permesso di evidenziare, a partire da sezioni topografiche dettagliate, la compatibilità dell'alveo fluviale con la piena di riferimento.

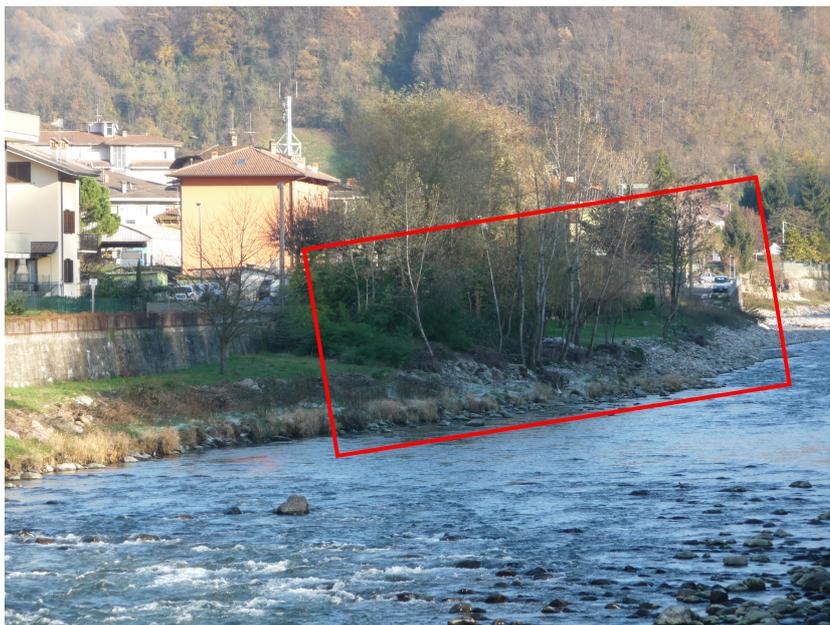
13.2 Individuazione delle aree esondabili

Le simulazioni idrauliche effettuate sulle sezioni topografiche di riferimento hanno consentito di individuare le aree potenzialmente esondabili per fenomeni diretti ed indiretti, in caso di eventi di piena calcolati con $Tr=200$ anni.

La mappatura delle zone soggette ad allagamento è stata effettuata incrociando i dati idraulici con le caratteristiche morfologiche delle aree sottese dal corso d'acqua e topografiche e strutturali delle opere di difesa spondale eventualmente presenti. I risultati delle verifiche e simulazioni idrauliche effettuate su entrambe le sponde del fiume Brembo sono descritti nei paragrafi successivi e graficamente evidenziati sulle tavole planimetriche, parte integrante del presente studio.

Sponda destra

In sponda destra, partendo da monte dell'area sottoposta al presente progetto di valutazione idraulica, si segnala la presenza di una potenziale area allagabile in caso di eventi di piena calcolati con $Tr=200$ anni, per fenomeni di esondazione diretta, in corrispondenza della sezione di verifica n. 20.5, all'altezza di via degli Alpini ove, lungo un tratto di sponda senza arginatura, la sponda naturale del fiume Brembo non è sufficiente a garantire il contenimento della piena di riferimento; il pelo libero calcolato è superiore di oltre 2 m rispetto alla quota massima della sponda. L'esondazione potrebbe coinvolgere un edificio ad uso residenziale ed il giardino di pertinenza compresi all'interno del centro edificato, allagando l'area con un tirante piuttosto elevato, prossimo ai 2 m ed una velocità calcolata in 1,8 m/s.



Vista area esondabile sez. 20.5

Proseguendo verso valle lungo l'asta del fiume Brembo, la sezione n. 20 risulta idraulicamente verificata in destra con un ciglio avente quota di alcuni decimetri superiori rispetto alla quota di massima piena; al contrario, immediatamente a valle, in corrispondenza della sezione di riferimento n. 19.6, la quota sommitale del muro in calcestruzzo esistente, (comprensivo del relativo sopralzo), non è sufficiente al contenimento della piena duecentennale: all'altezza di via XXIV Maggio è pertanto possibile il verificarsi di eventi esondivi che coinvolgono per allagamento diretto e, parzialmente, indiretto, gli edifici residenziali prospicienti il fiume Brembo, perimetrati all'interno del centro edificato, secondo le geometrie individuate nelle tavole nn. 7 e 8, parte integrante del presente documento. Il tirante idrico massimo atteso, calcolato a partire dalle valutazioni idrauliche e da considerazioni di carattere morfologico, è pari a 0,44 m e la velocità attesa nelle aree allagabili è inferiore ad 1 m/s; la conformazione esistente fra questi edifici e la via XXIV Maggio non impedisce la possibilità di locali fuoriuscite di acqua (a basso tirante) verso la citata via XXIV Maggio; ciò viene evidenziato nella tavola della pericolosità, tramite alcune frecce che indicano la possibile direzione di deflusso.



Porzione area esondabile sez. 19.6

L'esondazione maggiormente significativa in termini di velocità dell'acqua e vulnerabilità delle aree coinvolte, riguarda l'allagamento parziale dell'area artigianale di via Locatelli, in corrispondenza della sezione n. 9, ove l'altezza della sponda del fiume Brembo non è sufficiente al contenimento della piena di riferimento; il tirante idrico è pari a 0,80 cm. A partire dai risultati idraulici delle verifiche effettuate, sono stati valutati direttamente in sito i possibili percorsi di divagazione delle acque e perimetrare le aree di esondazione indiretta. L'individuazione delle aree potenzialmente interessate da fenomeni di allagamento è stata effettuata a partire dalle caratteristiche morfologiche della zona, tenendo conto dei muri continui ed in buono stato di conservazione, ove presenti, valutati in grado di contenere potenziali fenomeni di espansione delle acque.

L'esondazione, diretta ed indiretta, coinvolge sia aree ad uso artigianale sia edifici residenziali perimetrati all'interno del centro edificato: l'esondazione diretta si verifica esclusivamente lungo le aree sottese dalla sezione n. 9, mentre fenomeni di allagamento di tipo indiretto possono verificarsi in corrispondenza di zone sottese dalle sezioni comprese tra i nn. 10 e 7, come rappresentato nella planimetria allegata (tav. 8).



Porzione area esondabile tra le sezioni 9 e 8

Sponda sinistra

Lungo il tratto d'asta oggetto di studio si segnalano limitate aree soggette ad esondazione diretta: trattasi di allagamenti che interessano areali limitati, contenuti all'interno della fascia A del PAI, ben vegetati e non edificati, che fungono da cassa di espansione del fiume.

Nel tratto di monte possono verificarsi fenomeni di esondazione diretta lungo le tutte le sezioni comprese tra la n. 21 e la n. 17: in tali situazioni il tirante idrico calcolato è compreso tra 0,8 m e 2,0 m circa e le velocità di deflusso sono mediamente comprese tra 0,5 e 1,31 m/s. Le superfici allagate sono limitate in quanto il versante sale progressivamente, con media pendenza, verso gli abitati di Piazza Monaci e Stabello.

Il fiume Brembo, in caso di eventi di piena con i tempi di ritorno verificati, occupa parte dell'area golenale anche nella porzione centrale del tratto in studio, in tra le sezioni 14÷13 in corrispondenza delle quali il pelo libero dell'acqua oltrepassa l'argine sinistro con un tirante massimo prossimo al metro, con velocità di deflusso calcolate pari a circa 1 m/s; anche in questo caso l'acqua va ad occupare superfici arealmente limitate a causa della morfologia del versante che

compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B.

La sponda è stata valutata adeguata strutturalmente se dotata di protezione al piede, assenza di fenomeni erosivi, adeguatezza dei parapetti (arginatura) o impostata in materiale stabile (sponda naturale). L'adeguatezza funzionale è stata valutata solo per le opere antropiche, verificando la compatibilità tra andamento planimetrico della stessa e direzione principale di deflusso delle acque nonché il rapporto tra quota del thalweg e quella di imposta delle fondazioni.

13.3.1. Aree idraulicamente non verificate in quanto prive di franco di sicurezza

Le simulazioni idrauliche effettuate lungo le sezioni topografiche di riferimento hanno consentito di individuare le aree che, pur non essendo allagabili, non hanno garantito un franco di sicurezza di almeno 1 m tra la quota del pelo libero ed il top della sponda o delle aree sottese.

L'individuazione delle superfici idraulicamente non verificate è stata effettuata perimetrando, per ciascuna sezione, le aree sottese poste a quote topografiche inferiori al franco di sicurezza calcolato per la sezione di riferimento. In presenza di opere di difesa spondale funzionalmente adeguate o di argini naturali posti a quote topografiche adeguate al rispetto del franco imposto, le aree retrostanti sono state considerate idraulicamente verificate e sicure; in presenza di opere spondali topograficamente adeguate ma ritenute strutturalmente inadeguate (ad esempio per la presenza di fenomeni erosivi, di scalzamento al piede o per evidenti segni di ammaloramento), la valutazione idraulica delle aree retrostanti è avvenuta trascurando la presenza del relativo tratto di arginatura.

La mappatura delle zone con franco rispettato è stata pertanto effettuata incrociando i dati idraulici con le caratteristiche morfologiche delle aree sottese e con le valutazioni sulla funzionalità idraulica delle opere di difesa spondale eventualmente presenti. I risultati delle verifiche e simulazioni idrauliche realizzate esclusivamente in sponda destra del fiume Brembo, sono descritti nel paragrafo successivo e graficamente evidenziali sulle tavole planimetriche allegate.

Sponda destra

In sponda destra, da monte, si segnala la presenza di una zona priva di franco di sicurezza tra le sezioni nn. 23 e 22 lungo via degli Alpini; trattasi di due distinte aree prospicienti l'alveo del fiume Brembo: la prima comprende un edificio residenziale, la seconda, limitrofa alla stazione delle autolinee, interessa l'area ove è edificato un esercizio commerciale (supermercato). Entrambe le zone sono perimetrale all'interno del centro edificato comunale.

Proseguendo verso valle lungo l'asta del fiume Brembo, parte dell'area residenziale ed artigianale compresa tra le sezioni nn. 20 e 10, posta all'interno della fascia B di progetto del PAI e perimetrata nel centro edificato comunale, non risulta essere topograficamente verificata rispetto al franco di 1 m dal livello di massima piena: la zona sotto franco comprende la via XXIV Maggio, fino alla strada provinciale denominata via XXV Aprile nel tratto di interesse; più a sud il franco non è rispettato nella porzione areale compresa tra via Cesare Battisti e l'alveo del fiume Brembo, comprendendo le aree industriali della Manifattura di Valle Brembana ed ex MITI ed il campo sportivo Paolo Polli, oltre ad alcune case edificate immediatamente a monte di via Cesare Battisti. In continuità con il tratto precedentemente descritto, il franco di sicurezza di 1 m non è rispettato nemmeno nella porzione areale compresa tra la via Antonio Locatelli e l'alveo del Brembo, comprendendo le zone artigianali e residenziali perimetrale all'interno del centro edificato comunale. In particolare, nel tratto areale compreso tra le sezioni di riferimento nn. 12, 11 e 10, l'individuazione delle zone prive di franco è legata alla presenza di tratti di muri in calcestruzzo senza adeguata protezione al piede, direttamente posizionati su materiale sciolto o con segni di erosione al piede: in questi casi, in mancanza di una funzionalità idraulica certa delle opere arginali, sono state trascurate le sopraelevazioni rispetto al piano campagna, date dalle arginature presenti.

Lungo la sezione n. 7 sono state perimetrale due distinte aree, con franco non verificato, adiacenti a superfici potenzialmente interessate da esondazione indiretta. Un'ulteriore limitata porzione areale nella quale il franco non risulta verificato è individuata lungo la sezione 5: trattasi comunque di una zona adiacente la sponda fluviale, esterna al centro edificato e compresa all'interno della fascia A del PAI.

13.3.2. Aree idraulicamente verificate con franco di sicurezza

La valutazione idraulica delle aree esondabili calcolate con tempi di ritorno di 200 anni ha consentito di perimetrare le aree inserite dal PAI all'interno della fascia B di progetto e ricadenti nel centro edificato comunale per le quali, oltre a non essere soggette a fenomeni di allagamento, risulta rispettato il franco di sicurezza di 1 m tra quota topografica e livello idrico di massima piena.

Sponda destra

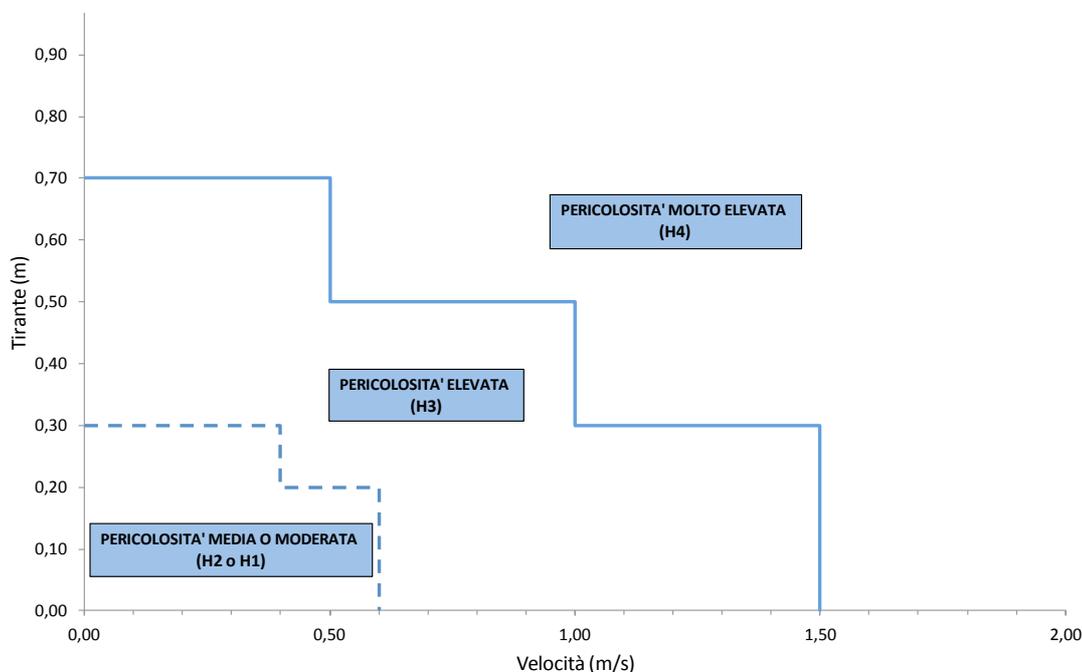
A partire dalla sezione di monte (n. 23), trattasi delle aree a nord di via degli Alpini e, ad esclusione di alcuni brevi tratti, a nord della strada provinciale denominata via Battisti e via Locatelli. Sono topograficamente verificate a sud di via Locatelli un'area industriale ubicata lungo la sezione 10, una porzione areale ad uso residenziale lungo la sezione 8 e la zona di edificazione del depuratore comunale, individuato nella sezione n. 7. A valle della sezione 7 la zona industriale ed artigianale ad ovest del territorio comunale risulta verificata con franco di sicurezza.

14. ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ

Sulla base delle simulazioni idrauliche effettuate sulle sezioni di riferimento sono state morfologicamente individuate le aree la cui quota topografica è posta al di sotto dei livelli idrici di esondazione e le zone ove le quote arginali non garantiscono il franco di 1 m rispetto al pelo libero dell'acqua in caso di eventi di piena.

Lo studio idraulico redatto per la valutazione e zonazione della pericolosità delle aree in fascia B di progetto del PAI, ha portato alla individuazione di zone potenzialmente allagabili direttamente ed indirettamente in caso di piena con tempi di ritorno di 200 anni. All'interno delle aree esondabili individuate in sponda destra, all'interno del centro edificato, l'attribuzione del grado di pericolosità è stata effettuata sulla base delle indicazioni riportate nei "criteri metodologici ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 – comma 1 della L.R. 12/2005 –

allegato 4: procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione".



Il diagramma correla tirante idrico (in metri) e velocità della corrente nelle aree di esondazione, ricavando il grado di pericolosità atteso per le zone soggette ad allagamento.

14.1 Aree esondabili

Nelle elaborazioni effettuate, i tiranti idrici sono forniti direttamente dalla modellizzazione idraulica realizzata con il programma di calcolo Hec-Ras, unitamente alle quote del pelo libero dell'acqua. Lo studio idraulico ha evidenziato la presenza di tre zone di possibile esondazione del corso d'acqua: due di limitata estensione poste lungo via degli Alpini e via XXIV Maggio e la terza, arealmente più estesa, che potrebbe interessare una porzione della zona industriale di via Locatelli. Alle aree allagabili individuate sono stati applicati gradi di pericolosità diversa, in funzione delle altezze di tirante attese e della velocità dell'acqua nella porzione allagata.

L'area ad est di via XXIV Maggio (sez. 20.5), considerati i tiranti idrici (oltre 2 m) e le velocità di deflusso delle acque nella zona soggetta ad

esondazione (1,8 m/s), è stata perimetrata come zona a pericolosità molto elevata – H4. L'area a sud di via XXIV Maggio, caratterizzata da un tirante idrico pari a 0,44 m e da una velocità inferiore ad 1 m/s, è stata attribuita una pericolosità elevata – H3.

L'area di via Locatelli, sottesa dalla sezione n. 9, è stata classificata come zona a pericolosità molto elevata – H4 in quanto il tirante idraulico è prossimo a 0,8 m e la velocità di poco inferiore a 2 m/s.

14.2 Aree non soggette ad esondazione

14.2.1. Aree non esondabili, con franco inferiore ad 1 m

I criteri di cui all'allegato 4 della L.R. 12/2005 non prevedono l'applicazione di un grado di pericolosità in assenza di fenomeni esondivi; malgrado ciò, alle aree sotto franco, come individuate nel precedente paragrafo ed individuate nella carta di zonazione della pericolosità da esondazione (tav. 9), è stata attribuita una pericolosità moderata – H1, in quanto trattasi di aree considerate idraulicamente non verificate; questa valutazione è a favore di sicurezza e pone le basi per la realizzazione di interventi di messa in sicurezza definitiva di tutta l'area, anche tramite innalzamento delle quote sommitali delle difese spondali che garantiscano il franco di 1 m sulla piena.

14.2.2. Aree non esondabili, con franco superiore ad 1 m

Le aree non soggette ad esondazione, localmente caratterizzate dalla presenza di un franco di sicurezza di almeno un metro rispetto alla quota massima della piena di riferimento, sono state considerate idraulicamente verificate e non soggette a pericolo.

15. ZONAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Partendo dalle aree a diversa pericolosità idraulica, evidenziate sulla tavola allegata, sono state individuate le zone a diverso livello di rischio attuale, la cui quantificazione è stata effettuata, ai sensi della normativa vigente, mettendo in

relazione la pericolosità attesa (H) con il danno potenziale (E) e la vulnerabilità degli elementi a rischio (V), secondo la relazione: $R=H \cdot E \cdot V$.

Le diverse classi di danno potenziale sono state determinate in funzione degli elementi a rischio in esse contenuti, individuando 4 classi:

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

Ponendo a favore di sicurezza la vulnerabilità (V)=1, secondo quanto suggerito nei criteri metodologici della L.R. 12/2004 – allegato 4, il rischio idraulico deriva dall’intersezione di pericolosità e danno potenziale, sone individuato nella matrice successivamente riportata:

	H4	H3	H2	H1
E4	R4	R4	R2	R2
E3	R3	R3	R2	R1
E2	R2	R2	R1	R1
E1	R1	R1	R1	R1

Le aree prospicienti la sponda destra del fiume Brembo, nel tratto di studio, sono intensamente urbanizzate; nelle zone soggette a potenziale esondazione, applicando la correlazione di cui sopra tra danno ed elementi a rischio, è stata applicata una classe di danno potenziale “E4”.

La sovrapposizione della pericolosità attesa e del danno potenziale ha consentito la delimitazione di aree a diverso livello di rischio, riportata cartograficamente nella tavola di zonazione del rischio idraulico (tav. 10).

15.1 Aree esondabili

Quanto specificato nel precedente paragrafo evidenzia un reale rischio di esondazione esclusivamente sulle superfici a monte della zona di studio, tra le vie degli Alpini e XXIV Maggio, residenziali. In particolare la porzione areale a est, in corrispondenza della sezione 20.5, può essere parzialmente sommersa da un battente massimo d'acqua di che può superare i 2 m con velocità di poco inferiore a 2 m/s, mentre la porzione areale immediatamente ad ovest (sottesa dalle sezioni nn. 19.6 e 19.3) può essere allagata con un battente idrico prossimo a 0,5 m, con velocità stimata inferiore al metro. Le velocità dell'acqua nelle zone allagate sono state mantenute costanti, a favore di sicurezza.

La zona artigianale di via Locatelli può essere parzialmente sommersa da un battente massimo d'acqua di 0,8 m; la velocità dell'acqua di esondazione è stata stimata in circa 2 m/s, tale velocità è stata cautelativamente mantenuta pressoché costante su tutta la zona allagabile.

Le aree descritte sono da ritenersi soggette a rischio idraulico molto elevato ed è stato attribuito un grado di rischio R4.

15.2 Aree non soggetta ad esondazione

15.2.1. Aree non esondabili, con franco inferiore ad 1 m

Nelle situazioni in cui le acque si mantengono all'interno dell'alveo fluviale ma il franco tra il livello idrico e la quota topografica della zona è inferiore al franco di riferimento, le aree non sono soggette ad un rischio idraulico diretto ma rientrano in una classe di rischio "inferiore" rispetto alle possibili casistiche offerte dalla legislazione vigente per zone in fascia fluviale A del PAI. Su tali superfici le caratteristiche morfologiche ed idrauliche, unitamente al grado di danno atteso, hanno consentito l'applicazione di un grado di rischio moderato - R2.

15.2.2. Aree non esondabili, con franco superiore ad 1 m

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

16. FUNZIONALITÀ IDRAULICA DEL SISTEMA SPONDALE

Su buona parte del tratto fluviale investigato, in destra idrografica, le verifiche idrauliche effettuate hanno evidenziato una inadeguatezza del sistema difensivo, pur in assenza di fenomeni esondivi. Il sistema di arginatura presente, anche se discontinuo, tra via degli Alpini e via Locatelli, non garantisce un'adeguata protezione alle aree di fascia B di progetto del PAI e interne al centro edificato: pur non verificandosi fenomeni di allagamento diretto, non vi è un franco di 1 m tra la quota del pelo libero e la sommità dell'arginatura; in alcuni tratti, il livello idrico massimo calcolato per eventi di piena con tempi di ritorni di 200 anni è prossimo alla quota di sommità spondale. In tali situazioni, in assenza di esondazione, la normativa non prevede una zonazione del rischio: la mancata funzionalità idraulica del sistema difensivo ha portato a definire, a scopo cautelativo, un grado di rischio R2 per le aree non soggette ad esondazione, per le quali non esiste un franco di 1 m tra la quota massima del pelo libero calcolata per eventi con Tr di 200 anni e la quota di riferimento. Alle aree ubicate a quote altimetriche tali da garantire un franco di 1 m tra la quota di massima piena ed il piano campagna, interne alla fascia B di progetto, non è stato attribuito alcun rischio in quanto idraulicamente verificate.

Sulle aree in sinistra idrografica, esterne all'area edificata, la zonazione della aree esondabili ha un valore puramente idraulico e conoscitivo, non è stata effettuata alcuna zonazione di pericolosità e rischio: sulle aree esterne all'edificato la normativa vigente non consente infatti alcuna revisione della normativa urbanistica, come meglio specificato nel capitolo successivo.

Sponda destra

Area non arginata – via degli Alpini (sezione rif. 23)

Le risultanze dell'analisi condotta portano alle seguenti considerazioni di sintesi:

- adeguatezza idraulica: nel tratto di studio sono state individuate potenziali aree di allagamento calcolate per la piena duecentennale, all'interno della fascia B del PAI;
- adeguatezza tipologica: il terreno è morfologicamente stabile;

- sintesi complessiva: il sistema difensivo risulta inadeguato nel breve tratto considerato.

Area arginata – via degli Alpini (sezione rif. 22)

La sponda è protetta dalla presenza di un muro in sassi e cemento, verticale, direttamente poggiante in alveo, senza protezione al piede (sigla identificativa: BR02). il muro di monte, identificato con la sigla BR01 è esterno all'area di studio ed al perimetro della fascia B di progetto.

- adeguatezza idraulica: il muro è verificato idraulicamente ma non rispetta il franco di 1 metro;
- adeguatezza tipologica: l'opera risulta non protetta al piede, anche se, allo stato attuale, non vi sono evidenti fenomeni di scalzamento;
- adeguatezza funzionale: il muro è adeguato in relazione alla direzione di deflusso principale;
- sintesi complessiva: il sistema difensivo non fornisce il franco di 1 m di sicurezza nel tratto considerato.

Area arginata – via degli Alpini (sezione rif. 22÷21)

La sponda è protetta dalla presenza di un muro in calcestruzzo, direttamente poggiato su una scogliera in massi ciclopici e cemento (BR03).

- adeguatezza idraulica: il muro è verificato idraulicamente, con franco di sicurezza;
- adeguatezza tipologica: l'opera risulta protetta al piede;
- adeguatezza funzionale: il muro è adeguato in relazione alla direzione di deflusso principale;
- sintesi complessiva: il sistema difensivo risulta adeguato nel tratto considerato.

Area arginata – via degli Alpini (sezione rif. 21)

La sponda è protetta dalla presenza di un muro in sassi e cemento ove il paramento verticale va ad appoggiarsi direttamente sulla sommità dell'argine fluviale, in materiale sciolto (BR04).

- adeguatezza idraulica: il muro è verificato idraulicamente, con franco di sicurezza;
- adeguatezza tipologica: l'opera non risulta protetta al piede, pur non essendoci, allo stato attuale, evidenze di ammaloramenti o scalzamenti al piede;
- adeguatezza funzionale: il muro è adeguato in relazione alla direzione di deflusso principale;
- sintesi complessiva: il sistema difensivo necessita di interventi di rinforzo al piede nel tratto considerato.

Area non arginata – via XXIV Maggio (sezioni rif. 21÷20)

Le risultanze dell'analisi condotta portano alle seguenti considerazioni di sintesi:

- adeguatezza idraulica: la sponda non è verificata idraulicamente e può essere sormontata dalla piena di riferimento;
- adeguatezza tipologica: il terreno è morfologicamente stabile;
- sintesi complessiva: necessita realizzazione di opere di difesa spondale per il breve tratto considerato.

Area arginata – via XXIV Maggio (sezioni rif. 19.6÷19)

La sponda è protetta dalla presenza di un muro in calcestruzzo direttamente appoggiato su un tratto di sponda in materiale sciolto; il muro risulta sopralzato lungo tutta la sua lunghezza.

- adeguatezza idraulica: il muro, considerato nella suo sviluppo altimetrico complessivo, comprensivo della porzione in sopralzo, per un breve tratto non è verificato idraulicamente, dove può essere sormontato dalla piena;
- adeguatezza tipologica: l'opera non risulta protetta al piede anche se, allo stato attuale, non sono evidenziati fenomeni erosivi;
- adeguatezza funzionale: il muro è adeguato in relazione alla direzione di deflusso principale;
- sintesi complessiva: il sistema difensivo risulta inadeguato nel tratto compreso fra sezione 16.6 e 20.

Area arginata – via XXIV Maggio – Paolo Polli (sezioni rif. 19÷18)

La sponda è protetta dalla presenza di un muro in calcestruzzo, direttamente poggiato su roccia (BR06 e BR07).

- adeguatezza idraulica: non vi è esondazione diretta ma non è garantito il franco di sicurezza;
- adeguatezza tipologica: l'opera risulta protetta al piede;
- adeguatezza funzionale: il muro è adeguato in relazione alla direzione di deflusso principale;
- sintesi complessiva: il sistema difensivo necessita di soprizzo per garantire il franco.

Area arginata – via Paolo Polli (sezione rif. 18)

La sponda è protetta dalla presenza un'arginatura in sassi e cemento che, pur non evidenziando ammaloramenti, per le proprie caratteristiche costruttive non risulta protetta al piede (BR08).

- adeguatezza idraulica: non vi è esondazione diretta, ma non è garantito il franco di sicurezza;
- adeguatezza tipologica: l'opera non risulta protetta al piede;
- adeguatezza funzionale: il muro è adeguato in relazione alla direzione di deflusso principale;
- sintesi complessiva: il sistema difensivo necessita di interventi di rinforzo al piede e di soprizzo per garantire il franco.

Area arginata – via Cesare Battisti (sezioni rif. 17÷15)

La sponda è protetta dalla presenza di una scogliera continua in massi ciclopici (BR09).

- adeguatezza idraulica: non vi è esondazione diretta; non è garantito il franco di sicurezza;
- adeguatezza tipologica: l'opera risulta protetta al piede;
- adeguatezza funzionale: il muro è adeguato in relazione alla direzione di deflusso principale;

- sintesi complessiva: il sistema difensivo necessita di soprizzo per garantire il franco.

Area non arginata – via Cesare Battisti – via Antonio Locatelli (sezioni rif. 14÷13)

Le risultanze dell'analisi condotta portano alle seguenti considerazioni di sintesi:

- adeguatezza idraulica: la sponda non garantisce il franco;
- adeguatezza tipologica: il terreno è morfologicamente stabile;
- sintesi complessiva: si consiglia di realizzare nuova arginatura con altezza che assicuri il franco.

Area arginata – via Antonio Locatelli (sezione rif. 13)

La sponda è protetta dalla presenza di un'arginatura in massi ciclopici annegati in cemento alla cui sommità sono stati posizionati elementi prefabbricati accostati (BR10).

- adeguatezza idraulica: non vi è esondazione diretta; non è garantito il franco di sicurezza. In fase di analisi idraulica non si è tenuto conto della presenza degli elementi prefabbricati posti in sommità, in quanto ritenuti strutturalmente inadeguati al contenimento delle acque;
- adeguatezza tipologica: l'opera risulta protetta al piede;
- adeguatezza funzionale: il muro è adeguato in relazione alla direzione di deflusso principale;
- sintesi complessiva: il sistema difensivo risulta inadeguato nel tratto considerato.

Area arginata – via Antonio Locatelli (sezioni rif. 12)

Sono presenti muri arginali (talora con realizzazione di successivo soprizzo), non protetti al piede (BR11, BR12); in alcuni tratti sono stati evidenziati fenomeni erosivi al piede.

- adeguatezza idraulica: non vi è esondazione diretta ma non è garantito il franco di sicurezza. Nelle valutazioni idrauliche non è stata considerata,

ove presente, l'altezza dei sopralzi successivamente realizzati, in relazione alle non ottimali condizioni strutturali della base dei muri;

- adeguatezza tipologica: l'opera risulta non protetta al piede;
- adeguatezza funzionale: il muro è adeguato in relazione alla direzione di deflusso principale;
- sintesi complessiva: il sistema difensivo necessita di rinforzi al piede e di adeguamento dell'altezza in relazione al franco.

Area arginata – via Antonio Locatelli (sezioni rif. 11÷10)

La sponda è protetta dalla presenza di muri arginali (talora con realizzazione di successivo sopralzo), non protetti al piede (BR13) ove, in alcuni tratti sono stati evidenziati fenomeni erosivi al piede.

- adeguatezza idraulica: non vi è esondazione diretta; il franco di sicurezza, pur fornito dalla quota sommitale del muro non viene considerato rispettato le non ottimali condizioni strutturali della base dei muri;
- adeguatezza tipologica: l'opera risulta non protetta al piede;
- adeguatezza funzionale: il muro è adeguato in relazione alla direzione di deflusso principale;
- sintesi complessiva: il sistema difensivo deve essere rinforzato al piede.

Area non arginata – via Antonio Locatelli (sezioni rif. 9÷8)

Le risultanze dell'analisi condotta portano alle seguenti considerazioni di sintesi:

- adeguatezza idraulica: la sponda non è verificata idraulicamente in quanto, sulla sezione 9 è possibile il verificarsi di eventi di esondazione diretta che, indirettamente, coinvolgono le aree adiacenti all'interno della fascia B, sottese dalla B di progetto;
- adeguatezza tipologica: il terreno è morfologicamente stabile;
- sintesi complessiva: è necessario realizzare una difesa spondale (assente) di altezza adeguata alle quote di franco indicate.

Area non arginata – via Antonio Locatelli (sezioni rif. 9÷3)

Le risultanze dell'analisi condotta portano alle seguenti considerazioni di sintesi:

- adeguatezza idraulica: la sponda è verificata idraulicamente, con franco di sicurezza;
- adeguatezza tipologica: il terreno è morfologicamente stabile;
- sintesi complessiva: il sistema difensivo risulta adeguato nel tratto considerato.

Le aree sottese dalle sezioni a valle della n. 3 sono esterne sia alla fascia B che al centro edificato comunale.

16.1 Tipologia d'intervento consigliata

Gli interventi consigliati, a carattere locale, sono di tipo passivo, volti al contenimento dei livelli di piena calcolati con tempo di ritorno di 200 anni, considerando un franco di 1 m. Eventuali progetti idraulici dovranno essere volti alla realizzazione di interventi di ristrutturazione, adeguamento o esecuzione di arginature idraulicamente e strutturalmente funzionali, lungo la delimitazione della fascia B di progetto; non devono essere attuate modifiche delle caratteristiche del corso d'acqua.

17. FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

Il tratto di corso d'acqua oggetto della presente analisi idraulica scorre all'interno del centro edificato del Comune di Zogno: l'area di studio è inserita nella "fascia C del PAI alla quale si applicano le norme di fascia B" (definita come "B di progetto") e, per una piccola porzione prospiciente l'alveo a valle dell'area di interesse, in fascia A. La sponda in sinistra, esterna al perimetro del centro edificato, rientra in parte in fascia A, parzialmente in fascia B e C del PAI, come individuato sulle tavole grafiche allegate. Ai sensi dell'art.39 delle Nta del PAI recante "Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica" per i territori ricadenti all'interno dei centri edificati si applicano le norme degli strumenti

urbanistici generali vigenti; qualora all’interno dei centri edificati ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l’Amministrazione comunale è tenuta a valutare, d’intesa con l’autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio. Per centro edificato, ai fini dell'applicazione della normativa introdotta dal PAI, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ed escluse le aree libere di frangia. Laddove sia necessario procedere alla delimitazione del centro edificato ovvero al suo aggiornamento, l'Amministrazione comunale procede all'approvazione del relativo perimetro.

Pur rimanendo immutate le perimetrazioni delle fasce e “A” e “B” del PAI, per le aree oggetto del presente studio, comprese nel centro edificato, ove le condizioni di rischio idraulico verificate siano compatibili con l’urbanizzazione, sono state modificate le classi di fattibilità geologica per le azioni di piano, rispetto a quanto previsto dallo studio geologico di supporto al P.R.G. comunale adottato dal Comune di Zogno, come di seguito riportato.

17.1 Criteri di attribuzione delle classi di fattibilità

L’attribuzione dei valori di fattibilità alle differenti aree omogenee individuate 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 lo schema indicante la classe di fattibilità attribuita a ciascuna area omogenea individuata nella carta del rischio.

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico "I"	Classe
Fascia A del PAI	4a I
Aree a pericolosità molto elevata per esondazione (Ee) Aree allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili	4b I
Aree caratterizzate da livelli di rischio pari a R4, per esondazione diretta del f. Brembo	4c I
Fascia B del PAI Fascia C retrostante il "limite di progetto tra la fascia B e la fascia C"	3a I
Aree allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali e/o con modesti valori di velocità e di altezza d'acqua, tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità degli edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	3b I
Aree non esondabili, ma prive di franco di sicurezza superiore ad 1 m rispetto alla quota di piena duecentennale del f. Brembo	3c I
Fascia C del PAI e aree non esondabili con franco di sicurezza superiore ad 1 m rispetto alla quota di piena duecentennale del f. Brembo	2 I

17.1.1. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (sigla: "I")

Classe 4a I - Fattibilità con gravi limitazioni

Gli interventi consentiti sono quelli previsti nelle NTA del PAI adottate il 26.04.2001 con Del.Com.Ist. n. 18, agli artt. 29 e 39, di seguito riportati:

Art. 29. Fascia di deflusso della piena (Fascia A)

1. Nella fascia A il Piano persegue l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza assicurando il deflusso della piena di riferimento, il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo, e quindi favorire, ovunque possibile, l'evoluzione naturale del fiume in rapporto alle esigenze di stabilità delle difese e delle fondazioni delle opere d'arte, nonché a quelle di mantenimento in quota dei livelli idrici di magra.

2. Nella Fascia A sono vietate:

a) le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;

b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di

smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. l);

c) la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l'ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. m);

d) le coltivazioni erbacee non permanenti e arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturazione con specie autoctone, per un'ampiezza di almeno 10 m dal ciglio di sponda, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell'alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e riduzione della velocità della corrente; le Regioni provvederanno a disciplinare tale divieto nell'ambito degli interventi di trasformazione e gestione del suolo e del soprassuolo, ai sensi dell'art. 41 del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 e successive modifiche e integrazioni, ferme restando le disposizioni di cui al Capo VII del R.D. 25 luglio 1904, n. 523;

e) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;

f) il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.

3. Sono per contro consentiti:

a) i cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;

b) gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;

c) le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;

d) i prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 m³ annui;

e) la realizzazione di accessi per natanti alle cave di estrazione ubicate in golena, per il trasporto all'impianto di trasformazione, purché inserite in programmi individuati nell'ambito dei Piani di settore;

f) i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattiva autorizzata ed agli impianti di trattamento del materiale estratto e presente nel luogo di produzione da realizzare secondo le modalità prescritte dal dispositivo di autorizzazione;

g) il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto della fascia;

h) il deposito temporaneo a cielo aperto di materiali che per le loro caratteristiche non si identificano come rifiuti, finalizzato ad interventi di recupero ambientale comportanti il ritombamento di cave;

i) il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art. 6, comma 1, let. m), del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22;

l) l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo;

m) l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.

3. Per esigenze di carattere idraulico connesse a situazioni di rischio, l'Autorità idraulica preposta può in ogni momento effettuare o autorizzare tagli di controllo della vegetazione spontanea eventualmente presente nella Fascia A.

4. *Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.*

Art. 39. Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica

1. *I territori delle Fasce A e B individuati dal presente Piano, sono soggetti ai seguenti speciali vincoli e alle limitazioni che seguono, che divengono contenuto vincolante dell'adeguamento degli strumenti urbanistici comunali, per le ragioni di difesa del suolo e di tutela idrogeologica perseguite dal Piano stesso:*

a) *le aree non edificate ed esterne al perimetro del centro edificato dei comuni, così come definito dalla successiva lett. c), sono destinate a vincolo speciale di tutela fluviale ai sensi dell'art. 5, comma 2, lett. a) della L. 17 agosto 1942, n. 1150;*

b) *alle aree esterne ai centri edificati, così come definiti alla seguente lettera c), si applicano le norme delle Fasce A e B, di cui ai successivi commi 3 e 4;*

c) *per centro edificato, ai fini dell'applicazione delle presenti Norme, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ed escluse le aree libere di frangia. Laddove sia necessario procedere alla delimitazione del centro edificato ovvero al suo aggiornamento, l'Amministrazione comunale procede all'approvazione del relativo perimetro.*

2. *All'interno dei centri edificati, così come definiti dal precedente comma 1, lett. c), si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti; qualora all'interno dei centri edificati ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l'Amministrazione comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.*

3. Nei territori della Fascia A, sono esclusivamente consentite le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti all'art. 31, lett. a), b), c) della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.

4. La realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico che possano limitare la capacità di invaso delle fasce fluviali, è soggetta ai procedimenti di cui al precedente art. 38.

5. Fatto salvo quanto specificatamente disciplinato dalle precedenti Norme, i Comuni, in sede di adeguamento dei rispettivi strumenti urbanistici per renderli coerenti con le previsioni del presente Piano, nei termini previsti all'art. 27, comma 2, devono rispettare i seguenti indirizzi:

a) evitare nella Fascia A e contenere, nella Fascia B la localizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico destinate ad una fruizione collettiva;

b) favorire l'integrazione delle Fasce A e B nel contesto territoriale e ambientale, ricercando la massima coerenza possibile tra l'assetto delle aree urbanizzate e le aree comprese nella fascia;

c) favorire nelle fasce A e B, aree di primaria funzione idraulica e di tutela naturalistico-ambientale, il recupero, il miglioramento ambientale e naturale delle forme fluviali e morfologiche residue, ricercando la massima coerenza tra la destinazione naturalistica e l'assetto agricolo e forestale (ove presente) delle stesse.

6. Sono fatti salvi gli interventi già abilitati (o per i quali sia già stata presentata denuncia di inizio di attività ai sensi dell'art. 4, comma 7, del D.L. 5 ottobre 1993, n. 398, così come convertito in L. 4 dicembre 1993, n. 493 e successive modifiche) rispetto ai quali i relativi lavori siano già stati iniziati al momento di entrata in vigore del presente Piano e vengano completati entro il termine di tre anni dalla data di inizio.

7. Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni e gli atti amministrativi ai sensi delle leggi 9 luglio 1908, n. 445 e 2 febbraio 1974, n. 64, nonché quelli di cui

al D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 490 e dell'art. 82 del D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616 e successive modifiche e integrazioni.

Classe 4b I - Fattibilità con gravi limitazioni

Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000 n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000 n. 365, gli interventi consentiti sono quelli previsti nella NdA del PAI all'art. 9 comma 5 (da applicare sia alle Aree Ee del PAI che alle "Aree allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili, comprese in questa classe"):

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;

- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997 n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

Per le aree allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili, comprese in questa classe, le opere consentite, di cui sopra, devono essere accompagnate da relazione idraulica che definisca gli interventi volti a minimizzare la pericolosità esistente.

Classe 4c I - Fattibilità con gravi limitazioni

Si tratta di aree soggette ad esondazione diretta (con una classe di rischio elevata - R4) per eventi di piena del fiume Brembo con tempi di ritorno di duecento anni e appartengono alla fascia "B di progetto" del PAI.

In tali aree, gli interventi di nuova costruzione e trasformazione edilizia possono essere autorizzati solo a seguito di interventi di difesa idraulica eretti sulla sponda che garantiscano il franco di 1 m al di sopra della quota di piena.

Con la realizzazione delle opere di protezione e di messa in sicurezza degli argini del fiume, previste dall'Autorità di bacino nella fascia B di progetto (PAI) e da essa approvate e collaudate, le norme di questa classe verranno sostituite dalle norme di fascia C (PAI) (Classe 2 I).

I criteri attuativi L.R. 12/05 per il governo del territorio emanati dalla Regione Lombardia nel marzo 2006 - allegato 4, specificano che le aree caratterizzate da livelli di rischio R4 sono da ritenersi incompatibili con qualunque tipo di urbanizzazione, pertanto nelle stesse dovranno essere escluse nuove edificazioni; a tali aree viene attribuita una classe di fattibilità geologica per le azioni di piano "classe 4 – con gravi limitazioni".

Sono consentiti gli interventi previsti nelle NdA del PAI, agli artt. 29 e 39, riportati nel precedente paragrafo recante "Classe 4a I - Fattibilità con gravi limitazioni". Sono altresì consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni culturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;

- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

Classe 3a I - Fattibilità con consistenti limitazioni

Gli interventi consentiti sono quelli previsti nelle NTA del PAI, agli artt. 30 e 39, di seguito riportati:

Art. 30. Fascia di esondazione (Fascia B)

1. Nella Fascia B il Piano persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione

delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

2. Nella Fascia B sono vietati:

a) gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;

b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al precedente art. 29, comma 3, let. I);

c) in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

3. Sono per contro consentiti, oltre agli interventi di cui al precedente comma 3 dell'art. 29:

a) gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;

b) gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis;

c) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;

d) l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D.Lgs. 152/1999 e successive modifiche e integrazioni;

e) il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati

dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis.

4. Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Art. 39. Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica

1. I territori delle Fasce A e B individuati dal presente Piano, sono soggetti ai seguenti speciali vincoli e alle limitazioni che seguono, che divengono contenuto vincolante dell'adeguamento degli strumenti urbanistici comunali, per le ragioni di difesa del suolo e di tutela idrogeologica perseguite dal Piano stesso:

a) le aree non edificate ed esterne al perimetro del centro edificato dei comuni, così come definito dalla successiva lett. c), sono destinate a vincolo speciale di tutela fluviale ai sensi dell'art. 5, comma 2, lett. a) della L. 17 agosto 1942, n. 1150;

b) alle aree esterne ai centri edificati, così come definiti alla seguente lettera c), si applicano le norme delle Fasce A e B, di cui ai successivi commi 3 e 4;

c) per centro edificato, ai fini dell'applicazione delle presenti Norme, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ed escluse le aree libere di frangia. Laddove sia necessario procedere alla delimitazione del centro edificato ovvero al suo aggiornamento, l'Amministrazione comunale procede all'approvazione del relativo perimetro.

2. All'interno dei centri edificati, così come definiti dal precedente comma 1, lett. c), si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti; qualora all'interno dei centri edificati ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l'Amministrazione comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio,

provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.

3. Nei territori della Fascia A, sono esclusivamente consentite le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti all'art. 31, lett. a), b), c) della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.

4. Nei territori della Fascia B, sono inoltre esclusivamente consentite:

a) opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;

b) interventi di ristrutturazione edilizia, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, non superiori a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime e a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;

c) interventi di adeguamento igienico - funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;

d) opere attinenti l'esercizio della navigazione e della portualità, commerciale e da diporto, qualora previsti nell'ambito del piano di settore, anche ai sensi del precedente art. 20.

5. La realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico che possano limitare la capacità di invaso delle fasce fluviali, è soggetta ai procedimenti di cui al precedente art. 38.

6. Fatto salvo quanto specificatamente disciplinato dalle precedenti Norme, i Comuni, in sede di adeguamento dei rispettivi strumenti urbanistici per

renderli coerenti con le previsioni del presente Piano, nei termini previsti all'art. 27, comma 2, devono rispettare i seguenti indirizzi:

a) evitare nella Fascia A e contenere, nella Fascia B la localizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico destinate ad una fruizione collettiva;

b) favorire l'integrazione delle Fasce A e B nel contesto territoriale e ambientale, ricercando la massima coerenza possibile tra l'assetto delle aree urbanizzate e le aree comprese nella fascia;

c) favorire nelle fasce A e B, aree di primaria funzione idraulica e di tutela naturalistico-ambientale, il recupero, il miglioramento ambientale e naturale delle forme fluviali e morfologiche residue, ricercando la massima coerenza tra la destinazione naturalistica e l'assetto agricolo e forestale (ove presente) delle stesse.

7. Sono fatti salvi gli interventi già abilitati (o per i quali sia già stata presentata denuncia di inizio di attività ai sensi dell'art. 4, comma 7, del D.L. 5 ottobre 1993, n. 398, così come convertito in L. 4 dicembre 1993, n. 493 e successive modifiche) rispetto ai quali i relativi lavori siano già stati iniziati al momento di entrata in vigore del presente Piano e vengano completati entro il termine di tre anni dalla data di inizio.

8. Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni e gli atti amministrativi ai sensi delle leggi 9 luglio 1908, n. 445 e 2 febbraio 1974, n. 64, nonché quelli di cui al D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 490 e dell'art. 82 del D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616 e successive modifiche e integrazioni.

Classe 3b I - Fattibilità con consistenti limitazioni

Per gli interventi di nuova edificazione, ampliamento e ristrutturazione edilizia è fatto obbligo di:

- realizzare le aperture degli edifici eventualmente situate al di sotto del livello di piena, a tenuta stagna;
- disporre gli ingressi agli edifici eventualmente situati al di sotto del livello di piena, in modo che la loro apertura non sia ostacolata dal flusso di corrente; in particolare prevedere la presenza di uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena di riferimento, con un franco di 0,5 m, aventi

dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso piani superiori;

- progettare la viabilità interna limitando la formazione di allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento principale delle acque, che possano indurre la formazione di canali di scorrimento idrico a forte velocità;
- progettare strutture e manufatti limitando la presenza di lunghe strutture perpendicolari alla direzione principale di scorrimento;
- favorire il deflusso ovvero l'assorbimento delle acque di esondazione evitando la formazione di zone di accumulo;
- utilizzare materiali da costruzione adeguati;
- prevedere opportuni sistemi di impermeabilizzazione ed allontanamento delle acque per le strutture o porzioni di strutture ubicate al di sotto del livello di piena ovvero interrate.

Sono inoltre consentiti i seguenti interventi:

- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità;
- la ristrutturazione e la realizzazione di opere pubbliche, infrastrutture lineari e a rete, riferite a servizi pubblici essenziali, non altrimenti localizzabili e relativi impianti; gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- la realizzazione, l'ampliamento e la ristrutturazione di impianti di trattamento delle acque reflue;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati ed alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili, di interferenza antropica;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda, ai sensi del R.D. 523/1904 e successive m.i.

Fatto salvo quanto sopra riportato, è comunque possibile la realizzazione di tutti gli interventi previsti agli artt. 29 e 39 delle NTA del PAI.

Sono comunque vietati:

- gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una significativa parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;
- in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

Classe 3c I - Fattibilità con consistenti limitazioni

Le aree contenute in questa classe non sono soggette ad esondazione diretta, ma in esse non risulta garantita in tutto o in parte la "quota di riferimento", definita come la quota di 1 m superiore al livello di piena del fiume Brembo (con tempo di ritorno duecentennale), indicato nelle sezioni dello studio idraulico; la quota di riferimento è riportata sulla tavola in scala 1:5.000 costituente parte integrante delle Norme di Attuazione del Piano delle Regole e delle Norme di Attuazione del Piano dei Servizi.

L'individuazione univoca delle quote locali deve essere effettuata mediante aggancio topografico ai punti delle sezioni (individuati attraverso le coordinate GPS riportate in elenco allegato).

In tali aree gli interventi di nuova costruzione e trasformazione edilizia così come classificati nei commi seguenti, possono essere autorizzati solo a seguito:

- a) o di interventi di difesa spondale che garantiscano la presenza della quota di riferimento per ogni ambito fluviale delimitato dalle sezioni riportate nella tavola in scala 1:5.000 (allegata alle presenti norme e alle Norme del Piano dei Servizi);
- b) o di interventi edilizi contestuali alla realizzazione dei nuovi edifici od alla loro trasformazione, tali da garantire, localmente, la "quota di riferimento".

Gli interventi di nuova edificazione o di trasformazione edilizia, in attesa della sistemazione idraulica della sponda destra del fiume, possono essere realizzati se rispettano le seguenti condizioni:

1. approvazione di un Piano di protezione civile riguardante in particolare l'area in sponda destra della Piana di Zogno compresa nella Fascia B di progetto del PAI;
2. le nuove superfici abitabili, le nuove sedi di attività produttive e/o commerciali e terziarie devono essere realizzati a quote superiori alla "quota di riferimento";
3. la realizzazione di nuovi volumi interrati è consentita solo per spazi che non prevedano la presenza continuativa di persone, e che siano destinati a funzioni accessorie e di servizio, quali ingressi, cantine, ricovero autoveicoli, locali tecnici etc, purchè protetti, su tutti i lati, da terreno o manufatti in continuità aventi, in sommità, una quota ininterrottamente superiore a quella di riferimento (anche le rampe di accesso ai box dovranno avere una quota di sbarco al piano campagna superiore alla quota di riferimento);
4. è consentito realizzare opere di protezione anche in corrispondenza dei confini delle singole proprietà;
5. fatto salvo quanto previsto al sottoriportato punto 10, la trasformazione di edifici esistenti che preveda la realizzazione o il cambio di destinazione d'uso di spazi posti a quota inferiore a quella di riferimento, è consentita solo quando sia possibile realizzare un'opera di protezione continua, priva di varchi posti a quote inferiori a quelle di riferimento;
6. gli impianti (elettrici, idrici, di riscaldamento, etc.) devono essere progettati e realizzati in modo tale da non costituire fonte di pericolo in caso di allagamento;
7. i materiali utilizzati per la costruzione devono essere impermeabilizzati e comunque resistenti all'acqua;
8. tutti gli scarichi devono essere progettati e realizzati per evitare rigurgiti provocati da potenziali esondazioni;

9. nuovi interventi che modifichino la disposizione di edifici o di opere murarie in genere, compresi i muri di recinzione che possono avere funzione di protezione idraulica, dovranno essere accompagnati da uno studio che dimostri che le opere di progetto contribuiscono positivamente alla protezione idraulica o che comunque non modificano negativamente quelle esistenti;
10. ferma restando la non indennizzabilità per danni prodotti a spazi posti sotto la quota di riferimento, è possibile il cambio di destinazione d'uso di locali posti a piano terra, purchè la trasformazione comporti la diminuzione del carico insediativo e quindi la diminuzione del rischio (da abitazione a spazi terziari, da locali a destinazione principale a locali accessori ecc.);
11. in caso di esondazione con danni, le nuove opere poste al di sotto della quota di riferimento non potranno essere oggetto di richiesta di risarcimento.

Ai fini della applicazione delle presenti norme si precisa che per "trasformazione" si intende quell'insieme di nuovi interventi anche di semplice cambio di destinazione d'uso di parti di edificio interrato o a piano terra che non rispettino la quota di riferimento.

Con la realizzazione delle opere di protezione e di messa in sicurezza degli argini del fiume, previste dall'Autorità di bacino nella fascia B di progetto e da essa approvate e collaudate, le norme di questa classe verranno sostituite dalle norme di fascia C (Classe 2 I).

Classe 2 I - Fattibilità con modeste limitazioni

Sono consentiti interventi edificatori con un basso indice di utilizzazione del suolo e gli interventi che non incrementino il livello del rischio idraulico. La costruzione di edifici il cui utilizzo preveda elevate concentrazioni di persone (scuole, alberghi, ristoranti, grandi immobili residenziali, centri commerciali, etc) sono subordinati alla redazione di un Piano di emergenza, ai sensi della ai sensi della Legge 24 febbraio 1992, n. 225 (art. 31 delle NdA del PAI) e s. m. i.

DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

DOTT. ING. MARIAGRAZIE OPRANDI

Villa d'Almé, dicembre 2013

18. ALLEGATI

- All. 1: Cartografia delle caratteristiche morfologiche dell'alveo (estratto dallo studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda)
- All. 2: Caratterizzazione della vegetazione (estratto dallo studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda)
- All. 3: Condizioni di uso del suolo (estratto dallo studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda)
- All. 4: Elaborati di calcolo Hec-Ras
- All. 5: Coordinate dei punti delle sezioni topografiche
- All. 6: Album fotografico delle opere spondali esistenti
- Tav. 1: Inquadramento territoriale – scala 1:5.000
- Tav. 2: Individuazione del bacino idrografico -scala1:50.000)
- Tav. 3: Carta geologica – scala 1:5.000
- Tav. 4: Carta geomorfologica – scala 1:5.000
- Tav. 5: Carta idrogeologica – scala 1:5.000
- Tav. 6a-6b: Planimetria dello stato di fatto con ubicazione sezioni di riferimento scala 1:2.000
- Tav. 7a-7b-7c-7d: Sezioni idrauliche dello stato di fatto con livelli idrici attesi per piene con Tr 200 anni - scala 1:500
- Tav. 8: Individuazione della quota di riferimento (1 m sopra la quota di piena con Tr 200 anni) – scala 1:5.000
- Tav. 9a-9b: Zonazione della pericolosità da esondazione - scala 1:2.000
- Tav. 10a-10b: Zonazione del rischio da esondazioni - scala 1:2.000
- Tav. 11a-11b: Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano - scala 1:2.000

