



COMUNE DI ZOGNO
Provincia di Bergamo



**VALUTAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEL
RISCHIO DA ESONDAZIONE NELLE AREE DI FASCIA B DI
PROGETTO DEL PAI IN SPONDA SINISTRA DEL FIUME BREMBO**

RELAZIONE

DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almè, dicembre 2015

INDICE

1	PREMESSA	1
2	FINALITA' E METODOLOGIA DI LAVORO	1
3	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	3
4	INQUADRAMENTO CLIMATICO E GEOLOGICO	3
4.1	LINEAMENTI TERMO-PLUVIOMETRICI	3
4.2	TEMPERATURA	4
4.3	PRECIPITAZIONI	5
4.4	MANTO NEVOSO	8
4.5	VENTI	9
5	LINEAMENTI DI GEOLOGIA	10
5.1	SUBSTRATO ROCCIOSO	10
5.2	DEPOSITI SUPERFICIALI	12
5.3	ASSETTO STRUTTURALE	12
6	IDROGRAFIA	14
6.1	GENERALITÀ	14
6.2	FIUME BREMBO TRA ROMACOLO E BONORE'	17
6.3	DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DELL'ALVEO	21
6.4	AFFLUENTI DEL FIUME BREMBO NEL TRATTO IN ESAME	26
7	OPERE TRASVERSALI ALL'ALVEO E OPERE DI DIFESA SPONDALE PRESENTI NEL TRATTO DI STUDIO DEL FIUME BREMBO	29
7.1	PONTE NUOVO	29
7.2	PONTE VECCHIO	30
7.3	FUNZIONALITÀ DELLE OPERE TRASVERSALI ALL'ALVEO DEL FIUME BREMBO	32
7.4	OPERE DI DIFESA SPONDALE ESISTENTI	33
8	ANALISI IDROLOGICA	35
8.1	GENERALITÀ	35
8.2	STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA	36
8.3	STIME DEI VOLUMI E DELLE ONDE DI PIENA DI ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO	38
9	RILIEVO TOPOGRAFICO	41
9.1	SEZIONI TRASVERSALI	44
10	ANALISI IDRAULICA	45
10.1	METODOLOGIA DI CALCOLO	45
10.2	COEFFICIENTI DI SCABREZZA	48
10.3	DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PIENA T = 200 ANNI	52
10.4	CONDIZIONI AL CONTORNO IN MOTO PERMANENTE	53

11 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE	53
11.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE ESONDABILI	56
11.2 AREE NON SOGGETTE AD ESONDAZIONE.....	58
11.3 AREE IDRAULICAMENTE VERIFICATE CON FRANCO DI SICUREZZA	60
12 ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IN SINISTRA IDROGRAFICA	60
12.1 AREE ESONDABILI.....	62
12.2 AREE NON SOGGETTE AD ESONDAZIONE.....	62
13 ZONAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO	62
13.1 AREE A RISCHIO IDRAULICO MOLTO ELEVATO – R4.....	64
13.2 AREE A RISCHIO IDRAULICO MODERATO – R2.....	64
14 FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO	65
14.1 CRITERI DI ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ	66
14.2 NORMATIVA PER LE AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO.....	66
15 ALLEGATI ED ELABORATI CARTOGRAFICI	84

1 PREMESSA

Il presente studio è stato predisposto per incarico dell'Amministrazione Comunale di Zogno (Bg) ed è volto alla valutazione delle condizioni di rischio idraulico di un'area sita nel centro edificato del Comune, tra le località di Romacolo e di Bonorè, compresa all'interno della Fascia B di progetto definita dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) per il bacino del Fiume Brembo.

L'indagine si propone di individuare le condizioni idrauliche attese nell'area di interesse, valutate a partire dall'assetto attuale del Fiume Brembo e considerando il verificarsi di eventi di piena con tempi di ritorno di 200 anni, per poi arrivare alla definizione del grado di rischio idraulico all'interno della Fascia B di progetto.

2 FINALITA' E METODOLOGIA DI LAVORO

Lo scopo dello studio idraulico è quello di valutare l'entità del rischio idraulico nel territorio del Comune di Zogno ricadente nella Fascia B di progetto del Fiume Brembo nel tratto compreso tra le località di Romacolo e di Bonorè, mediante la metodologia riportata nell'Allegato 4 della d.g.r. 30.11.2011 n. IX/2616 Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano del governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 comma 1 della l.r. 11.03.2005 n. 12" approvati con d.g.r. 22.12.2005 n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28.05.2008 n. 8/7374.

Lo studio si è articolato secondo la seguenti fasi procedurali:

- reperimento dei dati idraulici contenuti nel "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Delimitazione delle fasce fluviali", approvato con Deliberazione n. 18 del 26/4/2001 e nel 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;

- rilievo topografico del tratto di alveo fluviale e delle aree ad esso adiacenti, con individuazione, nel tratto in esame, delle sezioni idrauliche significative, nonché delle opere interferenti e/o delle singolarità (ponti, traverse, salti di fondo, restringimenti), al fine di una corretta valutazione della modalità di propagazione della piena. Le suddette sezioni trasversali sono state battute sia in corrispondenza di quelle già rilevate dal PAI sia in altri punti dell'asta utili per la stesura del modello idraulico;
- rilievo geomorfologico di dettaglio delle sponde fluviali nel tratto di interesse e delle aree adiacenti, supportato dalla base aerofotogrammetrica comunale;
- costruzione del modello idraulico in condizioni di moto permanente utilizzando il software di calcolo HEC-RAS, finalizzato a definire i livelli di piena raggiungibili durante l'evento di riferimento (tempo di ritorno 200 anni) e, conseguentemente, a individuare i tronchi di alveo idraulicamente insufficienti;
- confronto tra i livelli di piena calcolati e la morfologia del territorio al fine di individuare le aree esondabili durante l'evento di piena di riferimento;
- individuazione, all'interno delle aree esondabili, delle zone appartenenti alle classi di rischio (da moderato a molto elevato) previste dalla normativa vigente, con l'indicazione degli interventi di mitigazione necessari a rendere compatibile l'uso del suolo, sia nelle condizioni attuali sia nella fase di pianificazione comunale;
- revisione della carta di fattibilità geologica delle azioni di piano e della normativa riportata nel PGT comunale relativamente alle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico individuate dal presente studio.

3 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area oggetto del presente studio si colloca all'interno del centro edificato del Comune di Zogno (Bg), in sponda sinistra del Fiume Brembo, tra le località di Romacolo e di Bonorè; la zona sottoposta a verifica idraulica è occupata da edifici residenziali e dal complesso religioso delle Suore della Carità.

Cartograficamente la zona è individuata dalla Carta Tecnica Regionale Sezione C4b5 – Zogno di cui si riporta di seguito uno stralcio non in scala.



Ubicazione dell'area in esame

4 INQUADRAMENTO CLIMATICO E GEOLOGICO

4.1 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.

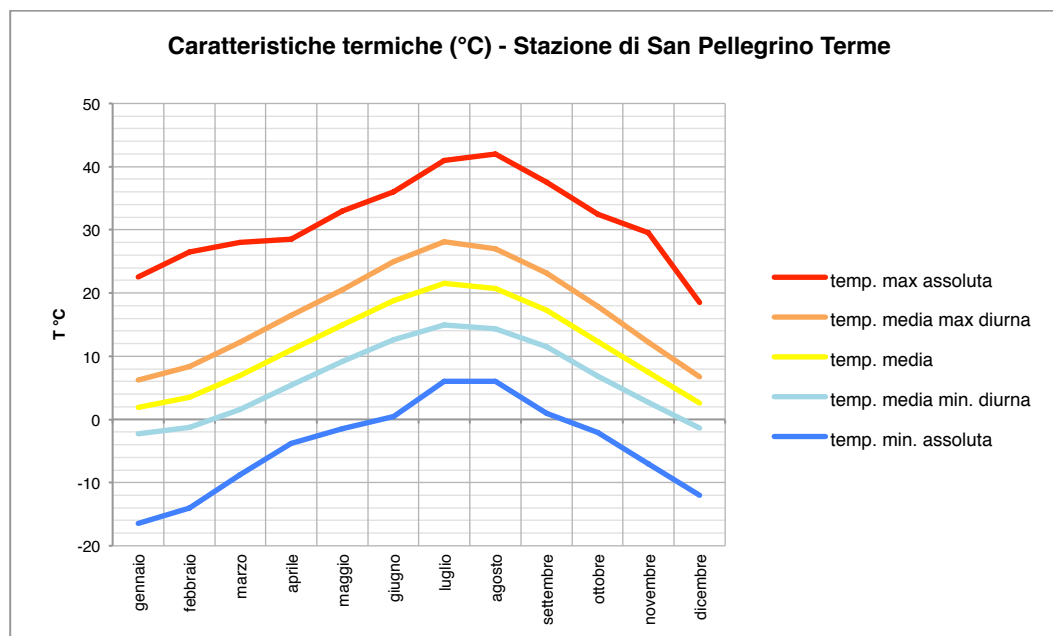
Secondo la classificazione fitoclimatica del Pavari, il territorio appartiene alla zona del "Castanetum", sottozona calda del primo tipo, ovvero senza siccità estiva. L'attribuzione alla sottozona calda è in relazione alla temperatura media mensile del mese più freddo che è generalmente maggiore di 0°.

4.2 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 Precipitazioni

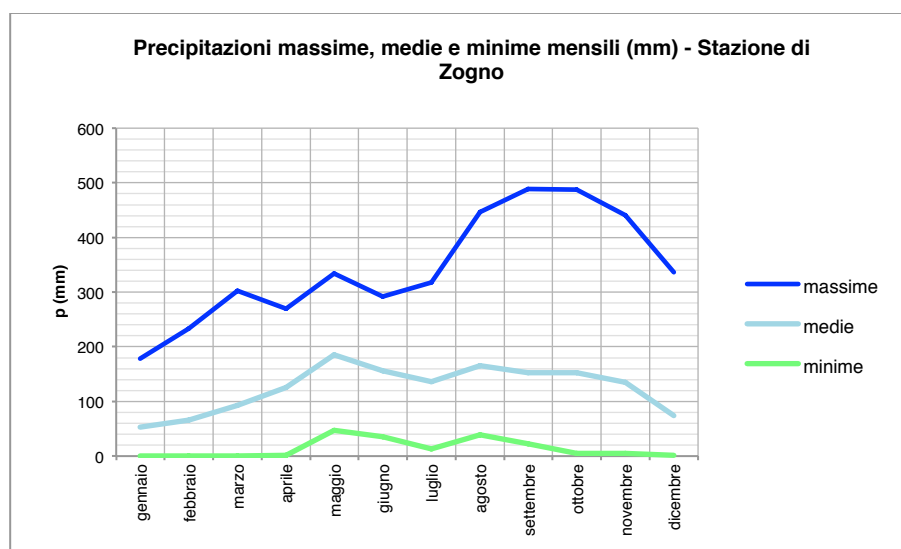
I dati di precipitazione sono quelli forniti dall'Ufficio del Servizio Idrografico di Milano e pubblicati negli Annali Idrogeologici.

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.

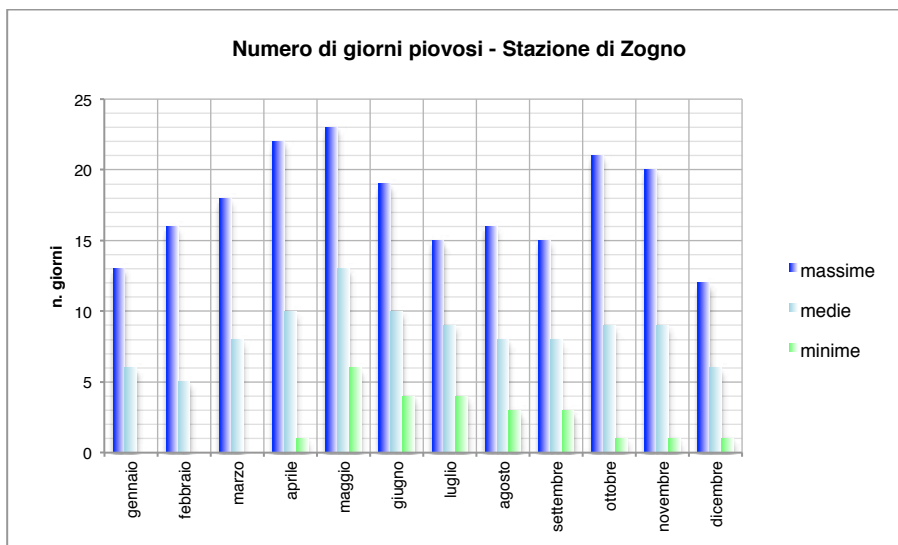
I valori massimi di precipitazione si registrano nel periodo autunnale di settembre-ottobre; l'andamento delle precipitazioni presenta le caratteristiche tipiche del regime pluviometrico continentale alpino, con valori di altezza di pioggia minimi nei mesi invernali.

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



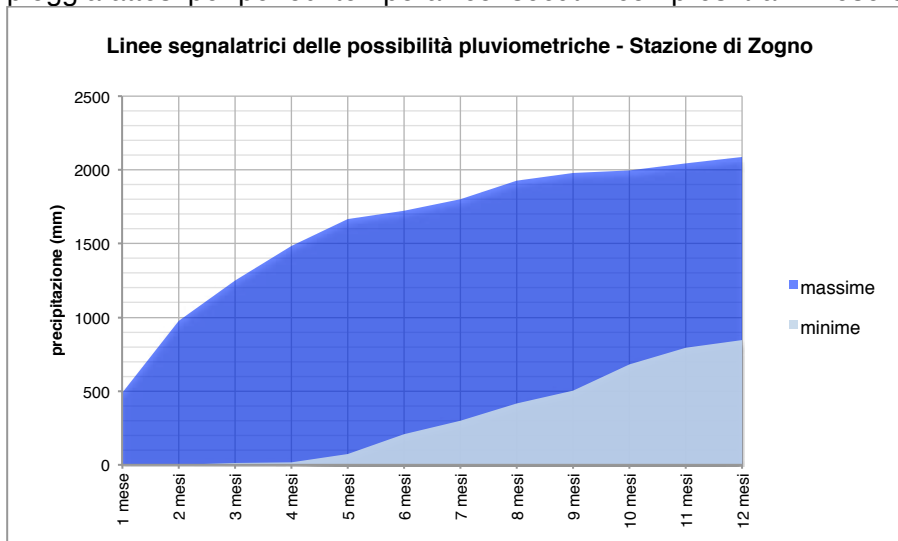
Precipitazioni mensili (mm). Stazione di Zogno (1921/1980)

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.



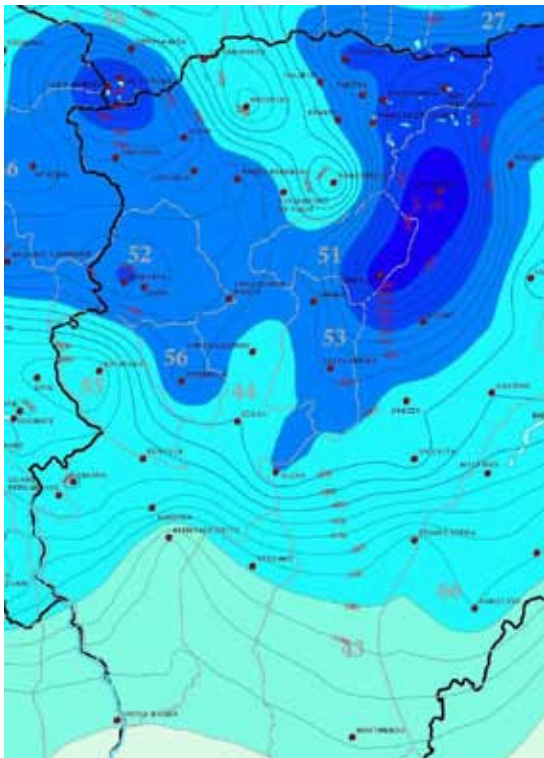
Giorni piovosi (n). Stazione di Zogno (1921/1980)

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, è 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 1.500 mm con un range compreso fra 2.050 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.

4.4 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.

4.5 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 LINEAMENTI DI GEOLOGIA

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 - Calcare di Zorzino - Argillite di Riva di Solto - Calcare di Zu) che, per disomogeneità litologica, hanno condizionato le deformazioni strutturali dell'edificio prealpino. In particolare le Argilliti di Riva di Solto, in litofacies di natura pelitica, a causa della loro plasticità hanno concorso a determinare scollamenti, scivolamenti, accavallamenti delle unità massicce prevalentemente carbonatiche.

In particolare, nel tratto di alveo del Fiume Brembo oggetto del presente studio, affiorano in modo discontinuo i calcari neri dell'Argillite di Riva di Solto; in generale tale formazione 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 inferiore (ARS1), è un'unità informale caratterizzata da argilliti e argilliti marnose nere fogliettate, spesso con laminazioni parallele, ricche di materia organica soprattutto alla base, organizzate in pacchi sino a plurimetrici con base planare. Subordinati sono i livelli di marne e calcari marnosi neri, laminati e con patina d'alterazione ocracea in grossi noduli o singoli strati decimetrici a superficie

ondulata. Sono localmente presenti, con frequenza maggiore verso il tetto della successione, intercalazioni da metriche di calcari micritici neri sovente con laminazioni parallele. Sono frequenti gli slumping e le deformazioni sinsedimentarie.

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

Lo spessore dell' Argillite di Riva di Solto è difficilmente valutabile, a causa dell'estrema plasticità dei litotipi che la costituiscono, e quindi delle frequenti deformazioni, elisioni o raddoppi di natura tettonica. Esso comunque varia, in senso ovest-est, da valori attorno ai 40-80 m lungo il versante occidentale della Valle Imagna - M. Albenza e M. Molinasco - M. Zucco sino a oltre 400 m nelle valli Taleggio e Brembilla; si riduce a non più di un centinaio di m al M. Cavlera, per poi crescere verso est a 600-700 m in Valle Cavallina e a circa 1.000 m nella località tipo.



Argillite di Riva di Solto affiorante in alveo a monte del Ponte Vecchio di Zogno

5.2 Depositi superficiali

Lungo l'asta del Fiume Brembo sono presenti i depositi alluvionali appartenenti all'Unità Postglaciale ascrivibili al Pleistocene superiore – Olocene, 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, con una buona maturità tessiturale.

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.

5.3 Assetto strutturale

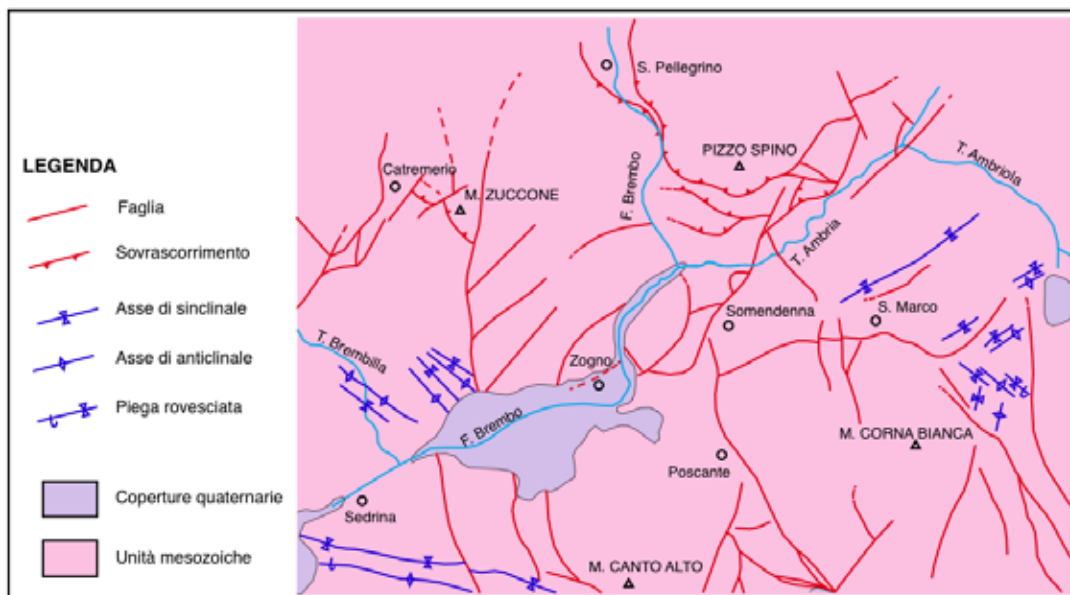
Il territorio comunale di Zogno è caratterizzato dai lineamenti trascorrenti con andamento N-S prevalente del sistema di faglie Roncola - Catramerio - M. Molinasco e della terminazione occidentale della Linea di Albino, che delimitano parte dell'area di interesse.

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 - Catremerio - Monte Molinasco).

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

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

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



Assetto strutturale area di interesse

6 IDROGRAFIA

6.1 Generalità

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

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

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

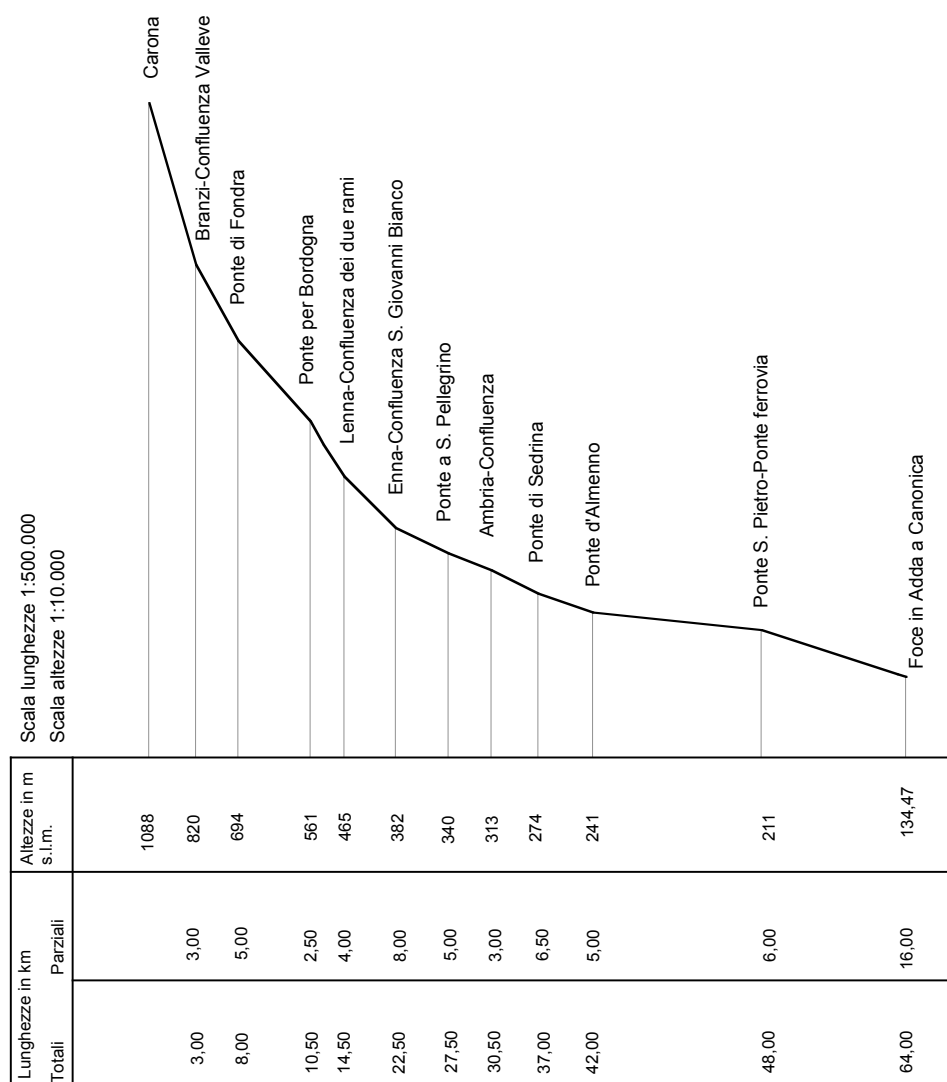
Nei tratti della Media e Bassa Valle Brembana, il Brembo riceve le acque di alcuni importanti affluenti, tra cui il torrente Parina in Comune di Camerata Cornello, il torrente Enna, affluente di destra in Comune di San Giovanni Bianco, il torrente Ambria a monte dell'abitato di Zogno, mentre nei Comuni 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.



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.

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 (BG001), sono largamente utilizzate, per tutto il corso d'acqua dalle origini alla foce in Adda, sia per produzione di forza motrice, sia a scopo irriguo.

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

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.

6.2 Fiume Brembo tra Romacolo e Bonore'

L'area di studio si inserisce in Comune di Zogno, nel tratto del fiume Brembo compreso tra le località di Romacolo e Bonorè.

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

Lo sviluppo planimetrico del fiume è caratterizzato da due direttrici principali: il tratto che costeggia Romacolo e Bonorè ha un andamento all'incirca N-S, mentre quello a valle del Ponte Vecchio, 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 corrispondenza del Ponte Vecchio 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 canale attivo nel tratto di interesse è mediamente compresa tra 40÷50 m circa.

6.2.1 Caratteristiche geomorfologiche dell'alveo e delle sponde fluviali

I rilievi di dettaglio effettuati in sito hanno individuato le principali caratteristiche morfologiche dell'alveo e delle sponde del fiume Brembo nel tratto di interesse. Le opere spondali, ove presenti, sono state univocamente identificate con una sigla, e descritte nelle caratteristiche peculiari nei seguenti paragrafi. Si rimanda alla cartografia allegata al presente studio per la localizzazione delle singole opere.

6.2.2 Alveo

Nel tratto compreso tra il Ponte Nuovo e la località Bonorè, l'alveo del Brembo presenta un andamento monocursale e rettilineo, con fondo piatto e regolare, costituito da materiale alluvionale grossolano (ghiaia e ciottoli); in corrispondenza del Ponte Vecchio di Zogno, l'alveo piega con un'ampia curva in direzione ovest, per poi costeggiare l'area industriale-artigianale di via Locatelli mantenendo un andamento pressoché rettilineo con direzione prevalente W-WSW.

In corrispondenza del Ponte Vecchio, nell'alveo affiorano le bancate calcaree grigio scuro appartenenti all'Argillite di Riva di Solto, che determinano un profilo trasversale e longitudinale del fondo fluviale piuttosto irregolare; in corrispondenza dell'attraversamento, è presente un salto di fondo di circa 1 m.

La pendenza dell'alveo è mediamente di 0,0083 e la larghezza del canale attivo varia da 35 a 50 m circa.



Alveo in corrispondenza del Ponte Vecchio

6.2.3 Sponda sinistra

La sponda in sinistra idrografica immediatamente a valle del Ponte Nuovo è costituita da una fascia boscata a bassa pendenza (10° - 20°), priva di argini e/o muri spondali. In corrispondenza del complesso religioso, il muro di confine dell'area si colloca alla quota topografica di 308 m s.l.m., ad una distanza dall'alveo attivo di circa 15 m.

Verso valle le aree prospicienti il fiume sono state edificate: trattasi di insediamenti residenziali, separati dalla scarpata fluviale da cortili o giardini. Lungo le scarpate sono visibili tratti di scogliera o muri: trattasi per lo più di interventi poco significativi in termini di protezione e salvaguardia delle aree retrostanti da fenomeni di esondazione fluviale.

Immediatamente a monte del Ponte Vecchio, a ridosso dello stesso, l'edificazione lambisce l'alveo attivo del fiume Brembo.



Tratto sponda sinistra, vista da valle

Le opere spondali esistenti lungo il tratto di interesse sono state descritte nei paragrafi successivi e riportate negli elaborati cartografici allegati al presente documento, corredate di idonea documentazione fotografica.

6.2.4 Sponda destra

La scarpata che delimita l'alveo fluviale in destra idrografica presenta un'altezza variabile da 9 m circa (in corrispondenza del parcheggio della pista ciclabile) ai 5÷6 m DEL tratto compreso tra l'area mercato e il Ponte Vecchio; la scarpata è impostata in materiale sciolto riprofilato con una pendenza pari a 35° circa, e risulta essere stabilmente vegetata sia da cespugli e arbusti sia da piante ad alto fusto. Dai sopralluoghi effettuati in sito, non sono stati individuati elementi di instabilità di origine gravitativa (frane) o legati all'azione erosiva delle acque incanalate lungo l'alveo.

Lungo la scarpata del tratto compreso tra il Ponte Nuovo e il Ponte Vecchio non sono presenti opere di difesa spondale.



Panoramica della sponda destra del Brembo – vista dal Ponte Vecchio verso monte

Le opere spondali esistenti lungo il tratto di interesse sono state descritte nei paragrafi successivi e riportate negli elaborati cartografici allegati al presente documento, corredate di idonea documentazione fotografica.

6.3 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.

6.3.1 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 e in corrispondenza della traversa a monte del Ponte Nuovo. 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.

6.3.2 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 a valle del Ponte Vecchio, 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 in allegato le schede dei dati rinvenuti in Comune di Zogno, alle stazioni di interesse.

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Autore:
Data:
Data:

Stato:
Stato:

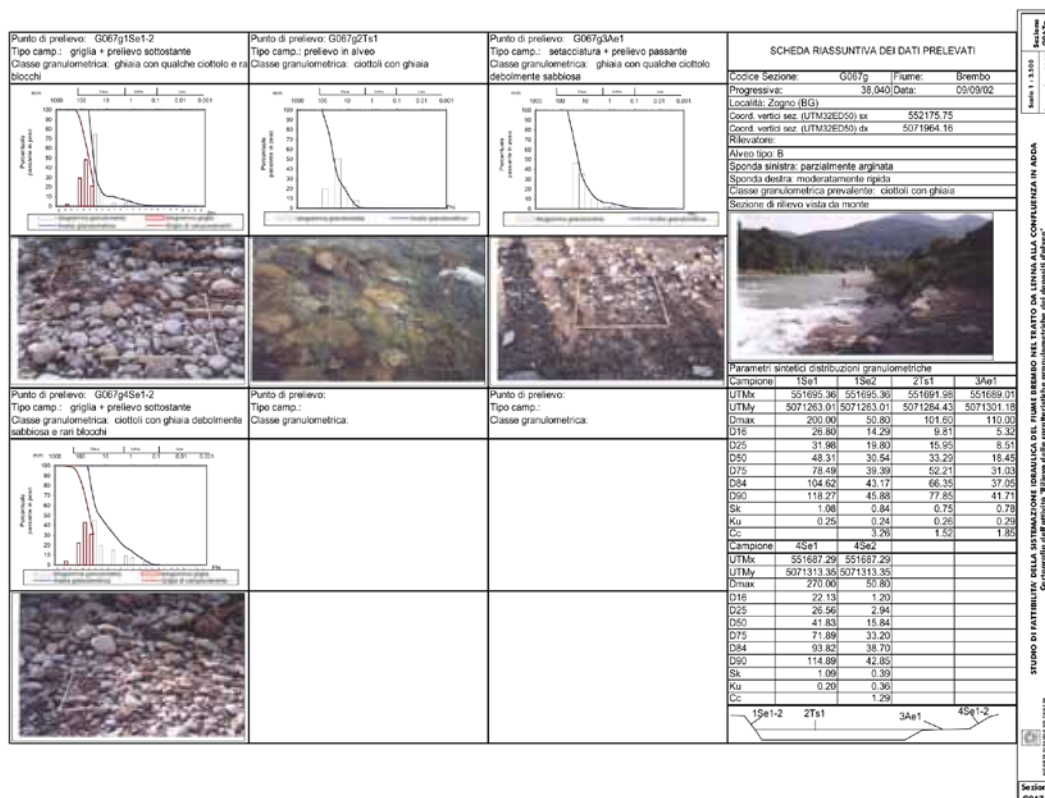
Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:

Stato:
Stato:



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%.

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.

6.3.3 Tendenze evolutive dell'alveo e delle forme fluviali riattivabili

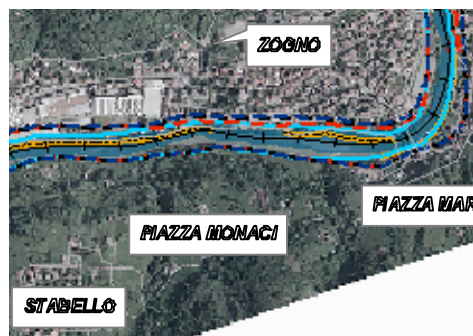
La tendenza evolutiva dell'alveo, nel tratto omogeneo di interesse, è stata valutata a partire dalle variazioni geometriche e morfologiche subite dall'alveo, anche in relazione ad eventuali interventi antropici eseguiti. Tali valutazioni derivano dall'analisi della documentazione cartografica esistente 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". 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 attuali e del secolo scorso (fine '800) non emergono sostanziali variazioni nell'andamento dell'alveo e del full bank nel tratto compreso tra le località Bonoré e Romacolo.

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, con potenziali fasce di divagazione fluviale.

**Corso d'acqua principale**

- Brembo - alveo di magra
- Brembo- alveo full bank

Fasce meandriche

- Spazio di mobilità a breve termine
- Spazio di mobilità a medio termine
- Spazio di mobilità a lungo termine

Spazio di mobilità funzionale

- Spazio di mobilità funzionale

Opere idrauliche in alveo

- Muri o argini spondali
- Difese di sponda longitudinali
- Traverse fluviali
- Briglie e soglie
- Difese di sponda trasversali
- Argini

Modificazioni altimetriche

Il confronto tra le sezioni trasversali contigue effettuate sul tratto di fiume Brembo di interesse, evidenziano una sostanziale stabilità.

6.4 Affluenti del Fiume Brembo nel tratto in esame**6.4.1 Valle Brusada**

Si tratta di un corso d'acqua che si immette in sinistra idrografica nel fiume Brembo a valle del complesso religioso delle Suore della Carità, e rappresenta, in territorio di Zogno, l'affluente del Fiume Brembo più esteso arealmente.

Il bacino sotteso, con direzione est-ovest, è delimitato dal versante settentrionale della Corna Bianca e da quello meridionale del Monte Castello-Sotto Corna. Il reticolo idrografico è ben sviluppato soprattutto nella testata di valle, dove si evidenziano una marcata densità di drenaggio, elevata capacità erosiva e canali con curve di fondo a pendenza medio-alta.

A valle della confluenza del Rio di Valle Bruciata, nell'incisione valliva principale, ha inizio il settore dove prevale la deposizione del materiale trasportato; il torrente presenta un alveo poco inciso e a decorso meandreggiante.

Il substrato roccioso è rappresentato da facies dolomitiche, calcaree, calcareo-marnose, argillitiche, appartenenti alla serie stratigrafica del Trias superiore; i suoli sono a medio impasto con copertura boschiva discontinua e intervallata da aree a pascolo.

Nell'ambito dello studio per l'individuazione del reticolo idrico minore comunale, è stata effettuata una verifica idraulica in prossimità della confluenza nel Brembo, in località Romacolo, all'interno del centro edificato, con sezione di chiusura a quota 312 m s.l.m. circa. La sezione del corso d'acqua, a cielo aperto, è delimitata in destra idrografica da un muro spondale, mediamente alto 5 m ed in sponda sinistra da un rilevato alto circa 2,5 m.

In corrispondenza dell'edificato l'alveo è impostato prevalentemente in roccia affiorante; il materiale detritico trasportato è costituito da ghiaia di media-piccola pezzatura, a testimonianza di un trasporto solido di fondo scarso: nel tratto mediano del torrente è stata infatti effettuata una sistemazione idraulica forestale da parte della Comunità Montana che ha ridisegnato una nuova curva di fondo, con la realizzazione di briglie di trattenuta.

I risultati della verifica idraulica evidenziano l'idoneità della sezione a smaltire una portata di piena attesa con tempo di ritorno di 100 anni.

6.4.2 Rio Grumello de 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 Ponte Vecchio, in sinistra idrografica, in corrispondenza della località Bonorè.

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. Nel tratto compreso tra Bonorè e il Brembo, l'alveo presenta un andamento rettilineo e fondo piatto, costituito da blocchi, ciottoli e ghiaia, delimitato da muri spondali di diversa altezza.

6.4.3 Valle di Piazza Martina

La Valle di Piazza Martina è solcata da una incisione torrentizia che drena complessivamente un bacino esteso da quota 700 m circa a quota 306 m s.l.m.,

considerato come punto di immissione nel fiume Brembo, poco più a monte del Ponte Vecchio di Zogno, in sponda sinistra.

La parte a monte dell'abitato è impostata in un substrato roccioso calcareo-marnoso con intercalazioni argillitiche, mascherato da un suolo poco profondo a medio impasto. Il nucleo storico di Piazza Martina occupa un terrazzo preservato dall'erosione, impostato in depositi alluvionali alterati e profondamente decarbonatati.

Il torrente attraversa l'edificato, in corrispondenza del quale è stato coperto per un breve tratto; a valle dell'abitato l'alveo si presenta piuttosto incassato, nell'ultimo tratto, prima della confluenza nel fiume Brembo, risulta per un tratto canalizzato e successivamente tombato, con recupero di un accesso carrale.

Nell'ambito dello studio per l'individuazione del reticolo idrico minore comunale sono state effettuate due verifiche idrauliche: la prima ha interessato la copertura in corrispondenza del nucleo edificato di Piazza Martina, con sezione di chiusura alla quota di 378 m s.l.m.; la seconda è stata volta alla verifica del tratto terminale del torrente, compreso tra il ponte della strada comunale per Poscante alla confluenza nel fiume Brembo, con sezione di chiusura alla quota di 316,50 m s.l.m. In tale tratto l'alveo risulta in parte canalizzato con una sezione larga mediamente 1,2 m e profonda 1,1 m, con fondo impermeabilizzato, e in parte tubata con un diametro di 1 m. Da quanto riportato nella relazione tecnica allegata al suddetto studio, entrambe le sezioni considerate, garantiscono il deflusso delle portate idriche di piena attese, calcolate con tempi di ritorno $Tr=100$ anni.

6.4.4 Roggia Traini – scarico di troppo pieno

A valle del Ponte Vecchio di Zogno, in destra idrografica, è presente uno scarico di troppo pieno della Roggia Traini; la roggia si origina in località Barnebot e termina in corrispondenza della zona industriale di via Locatelli, ove avviene la immissione nella Val Grande ed a mezzo di questa nel fiume Brembo.

Attualmente la Roggia è di proprietà comunale (atto di acquisto del 1983) come pure la gestione di tutte le servitù attive e passive, le concessioni relative a diritti di superficie e di copertura ereditate. Non risulta iscritta in nessun elenco ufficiale delle derivazioni in essere dal fiume Brembo.

7 OPERE TRASVERSALI E OPERE DI DIFESA SPONDALE NEL FIUME BREMBO

7.1 Ponte Nuovo

Trattasi di un ponte ad arco in calcestruzzo armato, a campata unica, di lunghezza pari a 150 m, di collegamento tra il centro abitato di Zogno e via Romacolo, da cui si stacca la viabilità locale in direzione delle numerose frazioni presenti in sinistra idrografica del Brembo.

L'impalcato presenta una larghezza di 10 m e la quota del piano stradale varia tra 323÷325 m s.l.m.; la quota dell'intradosso – nella porzione centrale – è compresa tra 322÷323 m s.l.m.; il dislivello tra l'alveo del Brembo e l'opera è di 18 m circa.

Entrambe le pile, caratterizzate da una sezione trasversale a V, poggiano su plinti in CA realizzati lungo le sponde, al di fuori dell'alveo attivo; il plinto in sinistra affiora dalla scarpata in corrispondenza della quota di 308,52 m s.l.m., mentre quello in destra è visibile dalla quota di 307,91 m s.l.m.; a protezione del plinto in destra idrografica, è stata realizzata una scogliera in blocchi, ciottoli e cls larga in sommità 2,0÷2,5 m, interessata da fenomeni di erosione e scalzamento al piede.

IIdraulicamente il ponte non risulta perpendicolare rispetto alla corrente, ma inclinato di circa 17° (skew angle).



Base della pila in destra idrografica

7.2 Ponte Vecchio

Ponte in pietrame e cls con profilo ad arco a doppia luce, che collega via Pietro Ruggeri e via Ponte Zogno; la larghezza del piano stradale è di 4 m per uno sviluppo longitudinale di 50 m; in base al rilievo topografico effettuato, emerge che la quota dell'estradosso dell'impalcato – nella porzione mediana della curvatura di ciascuna campata – è di 311,50 m s.l.m. circa, mentre quella dell'intradosso è di 310,20 m s.l.m. circa. Le quote del fondo dell'alveo, in corrispondenza della sezione in asse con il ponte, indicano valori piuttosto eterogenei, per la presenza di roccia (Argillite di Riva di Solto); indicativamente, le quote variano tra un minimo di 297,44 m e un massimo di 298,98 m s.l.m. Il dislivello tra l'intradosso dell'impalcato e il fiume si attesta pertanto tra 11 e 12 m circa.

La pila centrale che sostiene le due campate poggia direttamente in alveo, dove affiorano le bancate di roccia calcarea dell'Argillite di Riva di Solto; il pilastro ha una sezione rettangolare di larghezza pari a 4 m e lunghezza uguale a 9,5 m, con speroni a base triangolare per deviare il flusso dell'acqua attorno alla pila stessa.



Ponte Vecchio

La spalla sinistra del ponte poggia su un muro in pietrame e cls fondato su roccia, protetto al piede da un doppio piastrone di cls, ciottoli e blocchi largo 5 m circa, intensamente eroso dalla corrente.

La spalla in destra poggia anch'essa su un muro in cls, protetto al piede da una scogliera di ciottoli, blocchi e cls, con funzione antierosiva, avente uno sviluppo longitudinale – partendo dal ponte verso valle – di circa 53 m e larghezza pari a 1,5÷2,0 m circa. Allo stato attuale, la mantellata della scogliera risulta in parte danneggiata a causa degli intensi fenomeni di erosione e scalzamento legati alla dinamica idraulica del Brembo.



Dettaglio del piede della spalla in sinistra idrografica



Scogliera danneggiata alla base della spalla in destra idrografica

7.3 Funzionalità delle opere trasversali all'alveo del fiume Brembo

In base allo “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 – Valutazioni delle condizioni attuali di sicurezza del sistema difensivo” redatto dal PAI nel 2004, emerge che il Ponte Nuovo (sez. 66 PAI) risulta adeguato mentre il Ponte Vecchio (sez. 64 PAI) risulta non adeguato dal punto di vista funzionale, ovvero a monte dell’opera il profilo della superficie libera rigurgitata determina un franco inferiore al metro rispetto ai cigli della sezione trasversale delle aree a monte.

Nel suddetto studio viene inoltre evidenziata che in corrispondenza del Ponte Vecchio la corrente, pur passando al di sotto dell’impalcato con franco adeguato, vi passa in condizioni critiche (condizione idraulica estremamente delicata dal punto di vista funzionale).

7.4 Opere di difesa spondale esistenti

Le opere presenti lungo la sponda sono state identificate con un codice alfanumerico progressivo, partendo dal Ponte Nuovo, in direzione di valle. Si rimanda alla cartografia e agli allegati per l’ubicazione e la documentazione fotografica delle singole opere.

7.4.1 Sponda sinistra

BR_RO_01

A partire dallo sbocco della Valle Brusada, per una lunghezza di 58 m, è presente una scogliera in massi ciclopici e cls in buono stato di conservazione; il piede dell’argine poggia per lo più direttamente all’interno dell’alveo attivo del fiume e non risulta essere interessato da fenomeni di erosione e/o scalzamento. Il tratto terminale dell’opera, si stacca di qualche metro dalla sezione bagnata dell’alveo ed è stato realizzato in corrispondenza di un tratto di sponda in materiale sciolto (ghiaia e ciottoli), ben vegetata.

BR_RO_02

Scogliera in massi ciclopici di lunghezza pari a 93 m circa, in continuità longitudinale con la BR_RO_01; il dislivello tra la sommità delle due scogliere è pari a 80 cm; nel complesso, l’opera risulta in un buono stato conservativo.

BR_RO_03

Muro verticale in cls di recente costruzione, di lunghezza pari a 19 m, realizzato in continuità sia a monte che a valle con le opere spondali esistenti; in sommità al muro è stato realizzato a sbalzo parte del piazzale di manovra (1,0 m circa) delle autorimesse poste al piano terra di un condominio.

BR_RO_04

Muro in cls di lunghezza pari a 33 m, sormontato da recinzione metallica; il piede del muro è parzialmente protetto dall'erosione da pietrame annegato nel cls.

BR_RO_05

Scogliera in massi ciclopici sormontata da un terrapieno la cui sommità coincide con il piano campagna retrostante (307,20 m s.l.m. circa); tale opera – realizzata nel presente anno – ha una lunghezza di 32 m circa.

BR_RO_06

Muro in pietrame, ciottoli e malta, di modesta consistenza strutturale, impostato sulla roccia affiorante nell'alveo; tale manufatto costeggia la sponda destra della Valle di Grumello de Zanchi nel tratto terminale, in località Bonorè, e prosegue lungo il Brembo per una lunghezza di 20 m e altezza di 3 m circa. Al piede del muro è presente una fascia mediamente vegetata, con cespugli e arbusti.

BR_RO_07

Muro in pietrame e cls di lunghezza pari a 77 m e altezza uguale a 4 m circa, impostato sulla roccia presente in alveo (Argillite di Riva di Solto); l'opera termina in corrispondenza dell'edificio adiacente al Ponte Vecchio, le cui murature si innalzano direttamente dal costone roccioso presente nell'alveo in corrispondenza della spalla sinistra del ponte.

Dalle osservazioni effettuate in sito, non si evidenziano fenomeni di erosione e/o scalzamento al piede dell'opera. Tra i muri BR_RO_06 e BR_RO_07 è presente una scaletta di accesso all'alveo del fiume. Alla base del muro sono presenti alcuni alberi ad alto fusto.

BR_RO_08

A valle del Ponte Vecchio, per una lunghezza di 11 m, è presente un muro in pietrame e cls avente un'altezza tra 7 e 8 m circa, con parapetto metallico in sommità, a protezione del parcheggio della trattoria Al Ponte; sul lato esterno del muro, è stata agganciata una scala metallica che consente l'accesso all'alveo del fiume. Considerata la presenza di roccia al piede dell'opera, non si rileva la presenza di fenomeni di erosione e/o scalzamento.

BR_RO_09

Muro in pietrame e cls di lunghezza pari a 72 e altezza di 3 m circa, realizzato a partire dal piano seminterrato del ristorante fino all'estremità dell'area verde adiacente, attualmente utilizzata come campo da calcetto. Tra la base del muro e l'alveo attivo, è presente un'ampia fascia mediamente vegetata.

7.4.2 Sponda destra

BR_RO_10

Scogliera di ciottoli, blocchi e cls, avente uno sviluppo longitudinale – a partire dal Ponte Vecchio verso valle – di circa 53 m e larghezza pari a 1,5÷2,0 m circa. Allo stato attuale, il paramento esterno di tale opera risulta in parte danneggiato a causa degli intensi fenomeni di erosione e scalzamento legati alla dinamica idraulica del Brembo.

8 ANALISI IDROLOGICA

8.1 Generalità

Nel presente paragrafo vengono descritte le elaborazioni effettuate ed i principali risultati ottenuti dall'analisi idrologica svolta nell'ambito del bacino del fiume Brembo, per la valutazione delle portate di massima piena attese nella zona di interesse, ubicata tra le località di Romacolo e di Bonorè, in Comune di Zogno.

L'analisi idrologica ha avuto come base di partenza la valutazione 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 $T_r=200$ 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 idraulico.

8.2 Stima delle portate al colmo di piena

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.

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.

Le portate utilizzate 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 le stime delle portate al colmo in m^3/s , per tempo di ritorno assegnato $T_r=200$ anni nelle stazioni di riferimento di San Pellegrino Terme, Zogno e Ponte di Briolo:

	San Pellegrino T.	Zogno	Ponte Briolo
portata al colmo (m^3/s)	1.249	1.355	1.594

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 $T_r = 200$ anni	
Dati PAI	Studio di fattibilità della sistemazione idraulica
1.130 m^3/s	1.594 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.

8.3 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

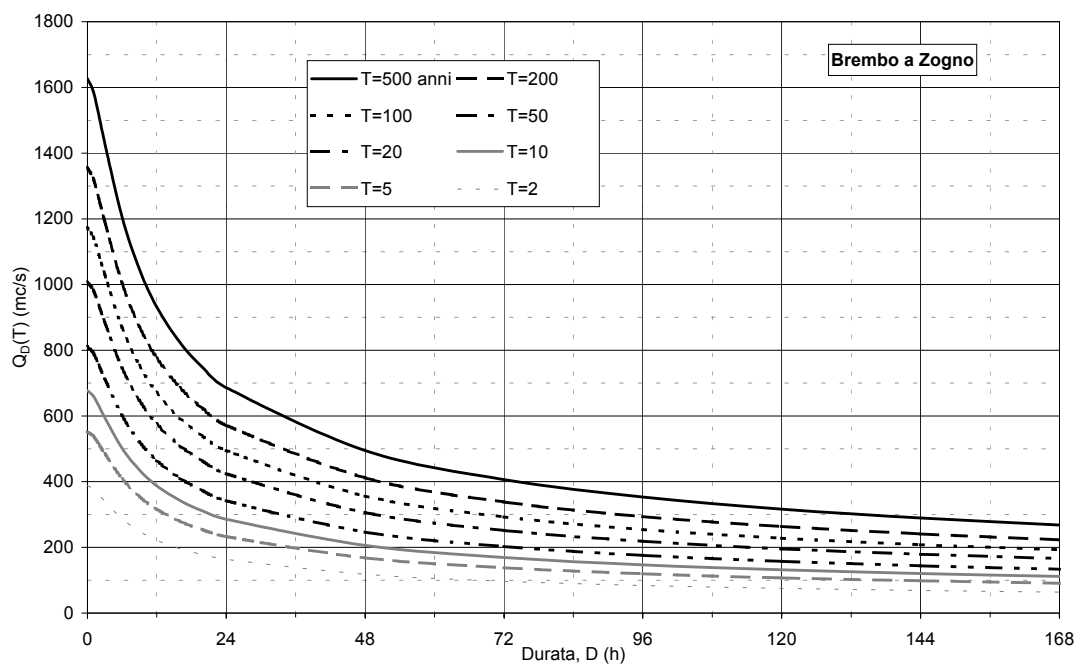
120	75	107	132	158	196	228	263	316
144	69	98	120	144	179	208	241	289
168	64	91	111	133	166	193	223	268

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:

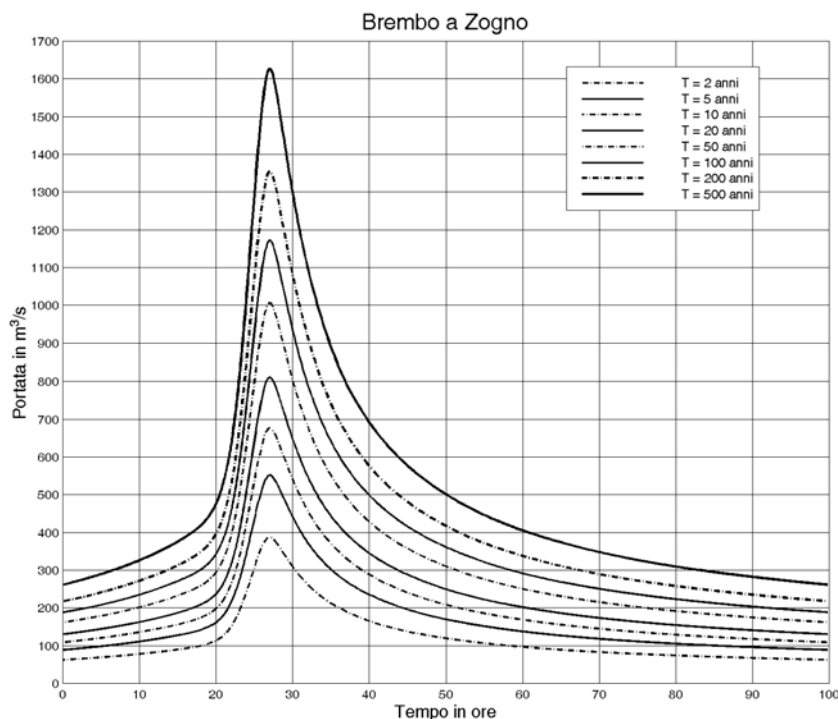
	Tempo di ritorno (anni)				
	5	10	20	50	100
Portata max (m ³ /s)	710	830	950	1.110	1.220

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/s, a fronte di una portata media annua di 30,0 m³/s.

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:



9 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 compreso tra i ponti denominati "nuovo" e "vecchio" di collegamento tra l'abitato di Zogno ed i centri di Endenna, Romacolo e Stabello. Sono state rilevate n. 16 sezioni topografiche: 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. Le sezioni sono identificate con numeri progressivi decrescenti da monte a valle.

Il rilievo è stato eseguito in scala 1:500 con restituzione grafica in forma numerica; sono stati rilevati gli elementi significativi presenti sul territorio, in

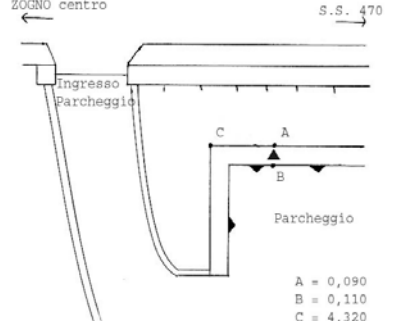
particolare: sponde fluviali con relative quote di ciglio e piede, fondo alveo in un numero di punti sufficienti a definirne l'andamento, argini, muri e recinzioni.

In corrispondenza dei ponti presenti nel tratto in esame sono state battute specifiche sezioni per poter definire con precisione la geometria del manufatto (dimensioni delle pile, luce, quota dell'intradosso e del piano viabile).

Facendo stazione sul caposaldo n. 033612 della Regione Lombardia, posto in comune di Zogno, appartenente ai punti trigonometrici nazionali dell'Istituto Geografico Militare, è stato orientato il rilievo a Nord e, utilizzando le coordinate piane dello stesso caposaldo di stazione, è stato possibile referenziare il rilievo alla Carta Tecnica Regionale.

L'area rilevata è compresa nel raggio di circa 1500 m dal caposaldo di appoggio; la distanza media tra le sezioni realizzate è di circa 50 m.

La poligonale è stata effettuata con stazioni a centramento forzato e letture coniugate; la misura delle distanze di ciascun lato è stata ripetuta almeno 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 <i>Territorio e Urbanistica</i>	Localita'	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.: Q.s.l.m. H= 395,483 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: Centrinio 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 					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 1,0", 0,1 mgon

Misura della distanza con riflettore

Deviazione standard 2 mm + 2 ppm

Tempo di misura	1,0 s
Misura della distanza senza riflettore	
Deviazione standard	3 mm + 2 ppm
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).

9.1 Sezioni trasversali

Le geometrie dell'alveo e delle sponde del tratto fluviale di interesse sono state ricostruite sulla base del rilievo topografico effettuato.

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. Complessivamente, le sezioni trasversali all'asta fluviale ricavate dal rilievo sono 16.

Le sezioni sono identificate con numeri progressivi decrescenti 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 (*sezioni interpolate)
66	16
	15
	14
	13

65	12
	11
	10
64_01	9
	8
	7
	6
64	5
	4
	3
	2
	1

10 ANALISI IDRAULICA

10.1 Metodologia di calcolo

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;

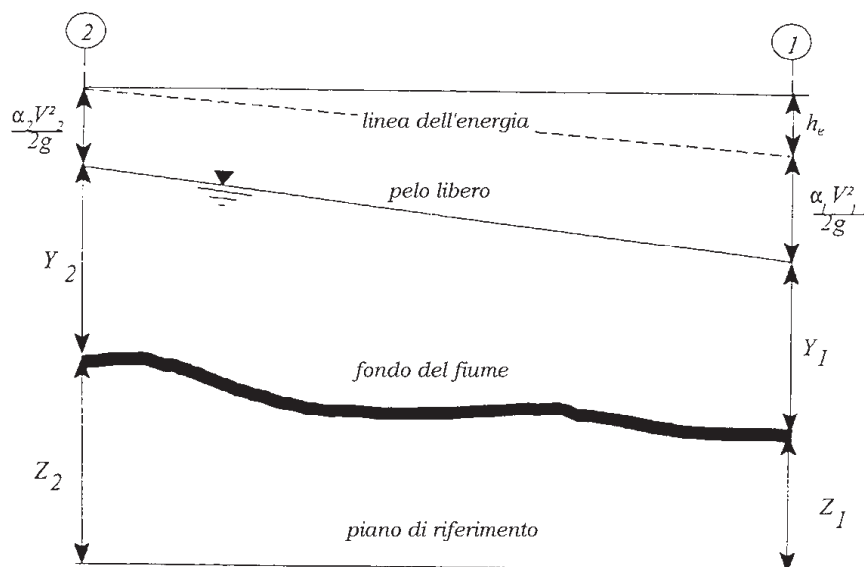
h_e = perdite di carico totale nei singoli tratti considerati;

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

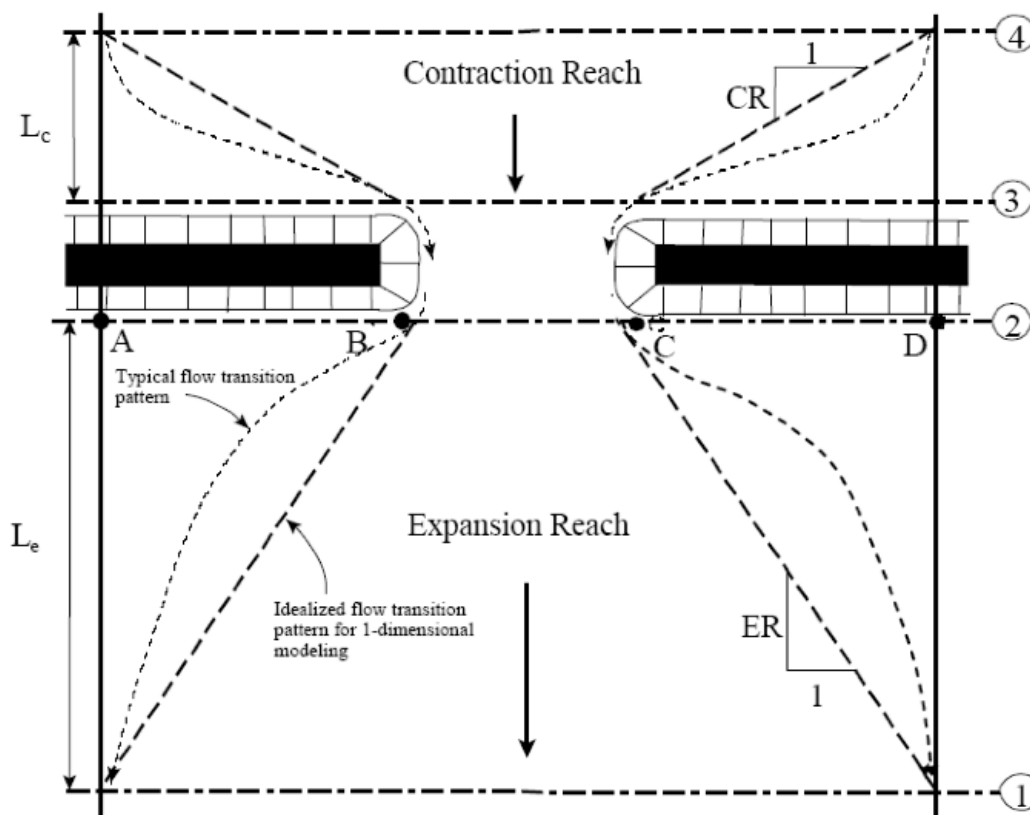
Nelle valutazioni effettuate nel presente studio con l'applicazione del software HEC-RAS, ciascuna sezione dell'alveo è stata considerata composta (tipica dei corsi d'acqua naturali), ovvero suddivisa in tre o più parti ove la velocità

media dell'acqua può essere ritenuta costante: a tali aree sono stati assegnati diversi valori del coefficiente di Manning, come dettagliato nei paragrafi successivi.

Oltre alle perdite di carico valutate attraverso il coefficiente "n" di Manning (perdite per attrito), il codice di calcolo HEC-RAS consente di valutare le perdite che si originano nell'attraversamento di ponti. In genere, in corrispondenza degli attraversamenti fluviali la perdita di energia è suddivisa in 3 componenti:

- nella sezione di valle si ha una eventuale perdita di energia per brusco allargamento della corrente fluida;
- nella sezione intermedia, la quale può essere modellata in maniera da ridurre i fenomeni turbolenti;
- nella sezione di monte in cui avviene una eventuale contrazione della corrente e la conseguente formazione di moti vorticosi.

Per rendere definito il problema, nei casi in cui la sezione sotto il ponte sia contratta rispetto a quelle a monte e a valle, occorre inserire 4 sezioni trasversali, due delle quali rispettivamente a monte e a valle dell'interferenza in cui siano trascurabili i fenomeni dovuti alla contrazione della corrente (sezioni 4 e 1 della figura sottostante), e le altre due immediatamente a monte e a valle del manufatto (sezioni 2 e 3 della figura sottostante); in queste ultime 2 sezioni è necessario imporre un'area inefficace.



Contrazione e espansione del deflusso in corrispondenza di un ponte secondo il HEC-RAS

Nello specifico, il software utilizza i seguenti coefficienti di contrazione (CR) ed espansione (ER):

- CR = 0,1 e ER = 0,3 nel caso di graduale transizione dell'area di deflusso (condizione che si verifica tra le varie sezioni del modello);
- CR = 0,3 e ER = 0,5 nel caso più generale di ponti e attraversamenti;
- CR = 0,6 e ER = 0,8 in presenza di brusche transizioni.

10.2 Coefficienti 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, le scarpate che lo delimitano e 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 del 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.

Per la stima del valore di n_0 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 n_0 con le caratteristiche granulometriche dell'area sommersa, con particolare riferimento al diametro mediano (D_{50}) 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.

Considerate le caratteristiche morfologiche complessive dell'alveo inciso, il coefficiente di sinuosità m_5 è stato considerato pari a 1.

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
n_4 effetto della vegetazione	vegetazione assente	0,000
	arbusti ed alberi in percentuale <20%	0,007
	arbusti ed alberi in percentuale >20% e <40%	0,015
	arbusti ed alberi in percentuale >40%	0,030
m_5 grado di sinuosità dell'alveo	modesto	1,000
	apprezzabile	1,150
	elevato	1,300

Dopo aver assegnato una configurazione preliminare dei valori di resistenza al moto con la procedura 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.

Si riportano nei seguenti paragrafi i valori del coefficiente di Manning assegnati distinguendo l'alveo dalle scarpate e dalle aree adiacenti.

10.2.1 Alveo

L'alveo del fiume Brembo, nel tratto di studio, è costituito sia da depositi sciolti grossolani (ghiaie con ciottoli debolmente sabbiose) sia da roccia (affiorante, unitamente ai depositi, a partire dalla sezione 9 fino al ponte vecchio); le forme di fondo e le dimensioni delle sezioni trasversali si mantengono piuttosto omogenee lungo il tratto tra la sezione 16 e la 9, mentre nel tratto dove affiora la roccia, il profilo delle sezioni trasversali dell'alveo diventa piuttosto irregolare.

Per convergere verso un'unica soluzione dell'equazione dell'energia totale, il software HEC-RAS possiede una routine geometrica (modello a corde) che consente l'interpolazione di sezioni trasversali tra due sezioni rilevate. Le sezioni interpolate aggiuntive sono n. 40, per un totale di 56 sezioni da sottoporre a verifica idraulica.

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

<i>Alveo attivo</i>	
sezione	coefficiente di Manning $n \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$
16÷9.6*	0,033
9.4*÷1.8*	0,039÷0,043
1.6*÷1	0,033÷0,041

10.2.2 Scarpate e aree adiacenti

I valori dei coefficienti di resistenza al moto per le sponde e le aree golenali adiacenti sono stati definiti sulla base dei sopralluoghi effettuati in sito: si riportano nella seguente tabella i coefficienti assegnati:

<i>Scarpate e aree adiacenti</i>		
sezione	coefficiente di Manning $n \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$	
	Sponda destra	Sponda sinistra
16÷14.2*	0,058	0,043
14÷12	0,058	0,035
11.75*÷10.8*	0,058	0,025

10.6*÷9.6*	0,058	0,032÷0,038
9.4*÷6	0,058	0,025÷0,027
5	0,025÷0,058	0,025÷0,035
4÷2.25*	0,025	0,035÷0,039
2÷1	0,029÷0,043	0,040÷0,043

10.3 Definizione delle portate di piena T = 200 anni

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. 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 (m^3/s)
16÷12	1.342,61
12÷9	1.346,33
9÷6	1.349,47
6÷1	1.351,75

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 utilizzate nella presente modellizzazione idraulica sono superiori ai valori registrati durante gli eventi di piena del 1987 e del 2002.

10.4 Condizioni al contorno in moto permanente

Nelle simulazioni idrauliche effettuate sono state introdotte le pendenze dell'alveo nei tratti a monte e a valle (normal depth), rispettivamente pari a 0,0015 e 0,00817, in un regime di corrente mista, vista la presenza di salti di fondo in corrispondenza del Ponte Vecchio.

11 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

I livelli idrici al colmo delle sezioni per tempi di ritorno $T_r=200$ anni sono stati calcolati su tutte le sezioni disponibili, a partire dalle portate di massima piena considerate: $Q=1.342,61 \text{ m}^3/\text{s}$, calcolata al punto di chiusura di interesse (sez. 16) e $Q=1354,26 \text{ m}^3/\text{s}$, calcolata in corrispondenza della prima sezione di riferimento per il tratto di studio (sez. 1).

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 sinistra del fiume Brembo.

Lo scopo del documento è consentire la valutazione di compatibilità idraulica delle previsioni degli strumenti urbanistici e fornire un primo quadro del rischio nelle attuali condizioni di utilizzo, rimandando, per quanto di competenza, al Piano di Emergenza comunale di Protezione Civile.

I risultati ottenuti sono di seguito riportati:

Sezione	Sezione di riferimento PAI	Portata al colmo utilizzata (m^3/s)	Quota del pelo libero calcolata (m s.l.m.)
16	66	1.342,61	310,79
15.8*		1.342,61	310,39
15.6*		1.342,61	310,44
15.4*		1.342,61	310,06
15.2*		1.342,61	309,70
15		1.342,61	309,79
14.8*		1.342,61	309,50

14.6*		1.342,61	309,32
14.4*		1.342,61	309,25
14.2*		1.342,61	309,22
14		1.342,61	309,16
13.75*		1.342,61	308,98
13.50*		1.342,61	308,90
13.25*		1.342,61	308,81
13		1.342,61	308,74
12.75*		1.342,61	308,62
12.50*		1.342,61	308,48
12.25*		1.342,61	308,34
12		1.346,33	308,10
11.75*		1.346,33	308,07
11.50*		1.346,33	308,10
11.25*		1.346,33	308,25
11		1.346,33	308,41
10.8*		1.346,33	308,34
10.6*		1.346,33	308,06
10.4*		1.346,33	307,97
10.2*		1.346,33	307,91
10		1.346,33	307,96
9.8*		1.346,33	307,76
9.6*		1.346,33	307,77
9.4*		1.346,33	307,83
9.2*		1.346,33	307,88
9		1.349,47	307,92
8.8*		1.349,47	307,90
8.6*		1.349,47	307,89
8.4*		1.349,47	307,88
8.2*		1.349,47	307,87
8		1.349,47	307,87
7.8*		1.349,47	307,72
7.6*		1.349,47	307,59

7.4*		1.349,47	307,42
7.2*		1.349,47	307,21
7		1.351,75	306,85
6		1.351,75	306,33
5		1.351,75	306,23
5		1.351,75	306,04
4		1.351,75	305,29
3		1.351,75	305,52
2.75*		1.351,75	305,45
2.50*		1.351,75	305,39
2.25*		1.351,75	305,33
2		1.351,75	304,88
2.8*		1.351,75	304,28
2.6*		1.351,75	304,00
2.4*		1.351,75	303,74
2.2*		1.351,75	303,55
1		1.351,75	303,40

La quota del pelo libero (water surface) raggiunta a partire dai valori di portata utilizzati, è riportata con segno grafico blu 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 $Tr=200$ anni, per le sezioni considerate lungo il tratto d'asta fluviale di studio, 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, 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.

11.1 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 $T_r=200$ 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 rilevate in sito, unitamente alle caratteristiche 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 evidenziali sulle tavole planimetriche, parte integrante del presente studio.

11.1.1 Sponda sinistra

In sponda sinistra, all'interno dell'area che definisce il centro edificato, partendo dalla sezione di verifica di monte (dopo il ponte nuovo) si segnala la presenza di possibili allagamenti di limitata larghezza, potenzialmente in grado di lambire il muro perimetrale dell'area di pertinenza del convento. La fascia potenzialmente allagabile tra le sezioni di riferimento 16 e 15 coincide con la fascia A del PAI; l'acqua sopraeleva la sponda sinistra con tirante medio di circa 2 m ed una velocità di 1,8 m/s.

Scendendo, tra le sezioni 14 e 12, sono possibili allagamenti a tergo della sponda naturale del Brembo che non è sufficiente a garantire il contenimento della piena di riferimento: il tirante calcolato per quest'area è prossimo ad 1 m sulla sezione 14 e diminuisce fino a circa 20 cm in corrispondenza della sezione 12. In tale tratto l'esonazione riguarda alcuni giardini privati e potrebbe coinvolgere, con

fenomeno indiretto, un edificio ad uso residenziale, ubicato tra le sezioni 13 e 12, dove è stato calcolato un tirante di circa 50 cm ed una velocità prossima a 0,4 m/s.

Proseguendo verso valle, le sezioni rilevate 11, 10, 9 e 8 e quelle intermedie di interpolazione, evidenziano come l'alveo, malgrado la presenza di un muro spondale e di una scogliera, non sia sufficiente al contenimento della piena duecentennale: all'altezza di località Bonoré è possibile il verificarsi di fenomeni esondivi significativi in termini di velocità e tirante idrico e vulnerabilità delle aree coinvolte. A partire dai risultati delle verifiche idrauliche realizzate, sono stati valutati in sito i possibili percorsi di divagazione delle acque e perimetrare le aree di esondazione diretta e potenziale esondazione indiretta. Nell'individuazione dei percorsi di divagazione si è tenuto conto delle caratteristiche morfologiche della zona, valutando criticamente la presenza di ostacoli in grado di contenere potenziali fenomeni di espansione delle acque. Il tirante idrico massimo per tale area è di 1,2 m con velocità di oltre 2 m/s, con possibile coinvolgimento di alcuni edifici residenziali e cortili privati perimetrati.

A partire dalla sezione 7.6 (al termine della fascia individuata come B di progetto), in corrispondenza del ponte vecchio ed a valle dello stesso, le sezioni risultano verificate, ovvero idonee al contenimento della piena calcolata con $T_r=200$ anni.

11.1.2 Sponda destra

Nel tratto oggetto di studio la sponda destra è interessata da limitate aree soggette ad esondazione diretta: trattasi di allagamenti potenziali che interessano areali limitati, lungo le scarpate fluviali vegetate e per lo più contenuti entro la fascia A del PAI.

Lungo il tratto di monte, compreso tra il ponte nuovo e la sezione 9.4, le superfici allagate sono limitate alle scarpate fluviali che raccordano l'alveo con il piazzale retrostante, utilizzato come parcheggio (area mercato).

Con gli eventi di piena aventi i tempi di ritorno assegnati, il fiume può esondare occupando un'area più vasta tra le sezioni 9, 8 e 7, fino a lambire le abitazioni di via Pietro Ruggeri ed il muro perimetrale della chiesetta di N.S. del Sacro Cuore. In tale tratto il tirante idrico può raggiungere 1 m e le velocità di deflusso calcolate sono prossime a 0,6 m/s.

A valle del ponte vecchio, e fino alla sezione 1, l'acqua va ad occupare superfici arealmente limitate, contenute all'interno della fascia A del PAI.

11.2 Aree non soggette ad esondazione

La funzionalità del sistema spondale è stata valutata verificando l'adeguatezza idraulica e strutturale dei tratti di sponda naturale e delle arginature. La sponda naturale o protetta mediante opere di difesa è stata considerata idraulicamente verificata quando i livelli idrici della piena duecentennale ammettono un franco di sicurezza residuo (altezza positiva rispetto alla quota di piena) non inferiore a un metro, secondo le indicazioni contenute nella direttiva dell'AdBPo contenente i criteri per la valutazione della 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.

11.2.1 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, hanno un franco di sicurezza (nella medesima accezione definita nel capitolo precedente) inferiore ad 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 ciascun tratto, 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.

11.2.2 Sponda sinistra

In sponda sinistra, procedendo da monte, tra le sezioni 14 e 11.25, è stata definita una fascia di terreno, di limitata ampiezza, priva di franco di sicurezza: trattasi di un'area continua che interessa prevalentemente cortili di pertinenza di civili abitazioni e lambisce la cortina di case edificate lungo via Romacolo.

A valle, la fascia priva di franco di sicurezza si estende sempre per un'ampiezza limitata a partire dalla sezione 10.8 fino alla sezione 8.8.

e prosegue con ampiezza all'incirca costante, prossima a 5 m, fino alla chiusura in corrispondenza della sezione 8.8. Sono presenti due abitazioni, cortili e giardini privati.

11.2.3 Sponda destra

In sponda destra è stata perimetrata una fascia in continuità lungo tutto il tratto di studio, caratterizzata dall'assenza del franco di sicurezza di 1 m, tra la quota di piena ed il piano campagna.

Tra le sezioni 1 e 11 è stata definita un'area che risulta prevalentemente compresa nella fascia A del PAI.

Tra le sezioni nn. 10.8 e 5 (ponte vecchio), la zona priva di franco si amplia e comprende parte del parco giochi ed i prati adiacenti la chiesetta e alcune abitazioni situate lungo+ via Pietro Ruggeri.

A partire dal ponte vecchio e per tutto il tratto di valle valutato, la fascia priva di franco è interna alla fascia A del PAI.

11.3 Aree idraulicamente verificate con franco di sicurezza

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

11.3.1 Sponda sinistra

A tergo della fascia B di progetto, la cortina di edifici prospicienti via Romacolo risulta verificata con franco di sicurezza di 1 m.

12 ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IN SINISTRA IDROGRAFICA

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.

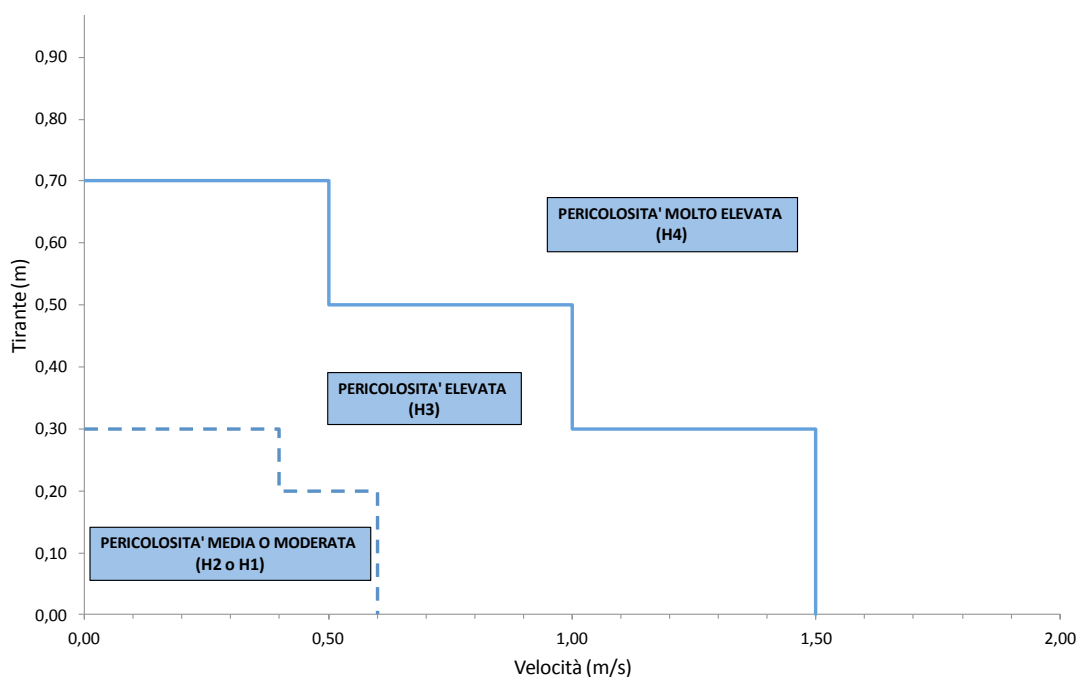
Lo studio idraulico redatto per la valutazione e zonazione della pericolosità delle aree in fascia B di progetto del PAI, ha portato alla individuazione di zone potenzialmente allagabili direttamente ed indirettamente in caso di piena con tempi di ritorno di 200 anni. All'interno delle aree esondabili individuate in sponda sinistra, 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".

Le procedure di cui all'allegato 4 consentono la mappatura della pericolosità e del rischio che ne consegue, esclusivamente all'interno dei centri edificati, sulle aree ricadenti in fascia A, B e B di progetto.

La zonazione della pericolosità è stata effettuata ai sensi dell'allegato 4 in sinistra idrografica, su superfici ricadenti all'interno del centro edificato e comprese nelle fasce A e B di progetto del PAI.

Non è stata assegnata una pericolosità alle aree esondabili in destra idrografica: trattandosi di esterne al centro edificato ad esse non può essere applicata la normativa di riferimento; la potenziale esondazione verrà direttamente recepita nella carta di fattibilità geologica per le azioni di piano.

La stesura della normativa inerente la pianificazione urbanistica (Fattibilità geologica per le azioni di piano) terrà conto dei risultati dello studio e delle condizioni e modalità di applicazione dello stesso, previste dall'art. 39 delle NtA del PAI.



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

12.1 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 un'area di possibile esondazione del corso d'acqua in località Romacolo e Bonorè. Alle aree allagabili individuate sono stati applicati gradi di pericolosità diversa da elevata – H3 a molto elevata – H4, in funzione delle altezze di tirante attese e della velocità dell'acqua nella porzione allagata.

12.2 Aree non soggette ad esondazione

12.2.1 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, 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, anche tramite adeguamento o rifacimento delle opere difese spondali che garantiscano il franco di 1 m sulla piena.

12.2.2 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 1 metro rispetto alla quota massima della piena di riferimento, sono state considerate idraulicamente verificate e non soggette a pericolo.

13 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, come 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 il fiume Brembo, nel tratto di studio, sono urbanizzate; nelle zone soggette a potenziale esondazione, applicando la correlazione tra danno ed elementi a rischio di cui sopra, 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.

13.1 Aree a rischio idraulico molto elevato – R4

Quanto specificato nel precedente paragrafo evidenzia un reale rischio di esondazione lungo le aree perimetrate come “B di progetto”. Il tratto di sponda compreso tra le sezioni 14 e 8 può essere parzialmente sommersa da un battente massimo d’acqua di 2,0 m; la velocità dell’acqua di esondazione è stata stimata in circa 1,5 m/s. Alcune aree situate a distanza e quota altimetrica maggiore rispetto all’alveo, potrebbero essere interessate da esondazione con tiranti inferiori e velocità mediamente non superiori a 0,5 m/s: in questi casi, pur avendo riconosciuto un grado di pericolosità inferiore, la presenza di elementi vulnerabili unitamente alla potenzialità del danno arrecato, hanno portato a determinare l’attribuzione di un grado di rischio elevato.

Le aree tra Romacolo e Bonorè sono a rischio idraulico molto elevato ed è stato attribuito un grado di rischio R4.

13.2 Aree a rischio idraulico moderato – R2

Le aree non sono soggette ad esondazione diretta od indiretta non sono soggette ad un rischio idraulico diretto. Tuttavia nelle zone ove non è garantito il franco di 1 m tra il livello idrico T200 e la quota topografica, è stato assegnato un grado di rischio moderato – R2.

Le aree idraulicamente verificate 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.

14 FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

Lo studio ha riguardato le aree prospicienti un tratto del fiume Brembo posto nel territorio comunale di Zogno, compreso fra i cosiddetti "ponte nuovo" e "ponte vecchio".

L'area retrostante la sponda sinistra è inserita nella "fascia C del PAI alla quale si applicano le norme di fascia B" (definita come "B di progetto") ed è quasi totalmente compresa nel perimetro del centro edificato vigente, definito dal comune (salvo una piccola porzione in fascia A, nel tratto più a valle).

Le aree in sponda destra sono comprese sia in fascia A, che in fascia B e C del PAI, ma esterna al perimetro del centro edificato (tranne una piccola area).

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.

Sulla base delle risultanze idrauliche, nelle aree oggetto di studio interne al perimetro del centro edificato, sono state rivalutate le classi di fattibilità geologica attribuite dallo studio geologico di supporto al P.G.T. comunale; tale rivalutazione non interviene né modifica le perimetrazioni delle fasce e "A" e "B" del PAI.

14.1 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, così come indicato nella Variante n. 1 del PGT comunale.

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 fiume 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 fiume Brembo	3c I
Fascia C del PAI Aree non esondabili con franco di sicurezza superiore ad 1 m rispetto alla quota di piena duecentennale del fiume Brembo	2 I

La classe di fattibilità 3aI non è presente nell'area di studio; per completezza è comunque contemplata nella tabella soprariportata.

14.2 Normativa per le aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

14.2.1 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.

14.2.2 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, come di seguito riportato:

- 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.

14.2.3 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 200 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 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 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.

14.2.4 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 ovolume, 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.*

14.2.5 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 culturali, 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.

14.2.6 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), indicata nella Tav. 5 allegata al presente studio.

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 sinistra 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 sinistra tra le località di Romacolo e Bonorè, 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, purché 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, purché 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).

14.2.7 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 Legge 24 febbraio 1992, n. 225 (art. 31 delle NdA del PAI) e s. m. i.

DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almé, dicembre 2015

15 ALLEGATI ED ELABORATI CARTOGRAFICI

- All. 1: Album fotografico delle opere spondali esistenti
- All. 2: Coordinate dei punti delle sezioni topografiche
- All. 3: Elaborati di calcolo Hec-Ras

- Tav. 1: Inquadramento territoriale – scala 1:2.000
- Tav. 2: Carta geologica – scala 1:2.000
- Tav. 3: Planimetria dello stato di fatto con ubicazione sezioni – scala 1:2.000
- Tav. 4a-4b-4c: Sezioni idrauliche dello stato di fatto con livelli idrici attesi per piene con Tr 200 anni – scala 1:500
- Tav. 5: Aree esondabili con Tr = 200 anni – scala 1:2.000
- Tav. 6: Individuazione della quota di riferimento (1 m sopra la quota di piena con Tr = 200 anni) – scala 1:2.000
- Tav. 7: Zonazione della pericolosità da esondazione – scala 1:2.000
- Tav. 8: Zonazione del rischio da esondazioni – scala 1:2.000
- Tav. 9: Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano – scala 1:2.000