



**Comune di Villa d'Almé
Provincia di Bergamo**



**Valutazione di compatibilità idraulica e delle
proposte di uso del suolo nelle aree a rischio
idraulico in località Ghiaie**

RELAZIONE

ING. GIOVANNI BOSI

DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Bergamo, febbraio 2008

PREMESSA

Il presente studio è stato predisposto per incarico dell'Amministrazione Comunale di Villa d'Almé (Bergamo) ed è volto alla valutazione delle condizioni di rischio idraulico di un'area sita nel centro edificato del comune di Villa d'Almé, in località Ghiaie, che ricade in fascia A e, parzialmente, in fascia C del PAI. L'indagine si ripropone di individuare le possibili condizioni idrauliche attese nella zona di interesse, valutate a partire dall'assetto attuale del fiume Brembo e considerando tempi di ritorno di 200 anni, per poi arrivare alla definizione del reale grado di rischio idraulico all'interno della classificazione riportata dal PAI per le fasce fluviali "A" e "C".

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

1 FINALITÀ, METODOLOGIA E CONTENUTI

Lo scopo dello studio idraulico è quello di individuare le aree potenzialmente interessate da eventi di piena, calcolati con tempi di ritorno di 200 anni, nella zona specifica di località Ghiaie in Comune di Villa d'Almé. In particolare il lavoro si propone di ridurre il rischio idraulico a livelli compatibili con gli usi del suolo attualmente in atto, individuando eventuali interventi integrativi o di manutenzione delle opere spondali esistenti, finalizzati al contenimento delle piene ovvero alla stabilizzazione di tratti di scarpata fluviale. Lo studio evidenzia inoltre gli aspetti naturali della regione fluviale da salvaguardare.

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

La definizione del rischio idraulico, con conseguente revisione della normativa tecnica che

vincola l'area, costituisce un importante supporto alla pianificazione urbanistica in quanto permette di effettuare scelte che tengano conto del valore del territorio e di intraprendere un percorso per la tutela ed il miglioramento delle sue caratteristiche.

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

L'acquisizione dei dati di base si è sviluppata a partire dalla ricerca bibliografica per proseguire con rilievi direttamente sul terreno. Lo studio ha previsto una prima fase di inquadramento territoriale dell'area, con descrizione delle caratteristiche generali del bacino idrografico e di dettaglio dell'area di interesse; sono stati riportati i dati relativi alle portate di piena ed al trasporto solido (ripresi dallo Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda), le valutazioni idrauliche, le perimetrazioni delle aree esondabili e le conseguenti valutazioni di compatibilità idraulica.

La corografia generale del bacino idrografico del fiume Brembo è stata effettuata sulla base topografica in scala 1:50.000; la cartografia di inquadramento dell'area, in un intorno significativo della stessa, è stata redatta su base C.T.R. restituita alla scala 1:5.000; l'individuazione delle aree esondabili e degli interventi di progetto è stata effettuata sul rilievo topografico in scala 1:1.000 e sulle relative sezioni, realizzate con interasse di circa 80 m a copertura del tratto di interesse. Le sezioni sono state posizionate sulla medesima traccia delle sezioni riportate dal PAI (individuate con le sigle 41 01, 41, 40 01, 40 e 39), riferendo le quote al sistema regionale; per garantire un maggiore dettaglio, tra le sezioni sopra indicate sono state realizzate ulteriori 5 sezioni topografiche (graficamente individuate con le sigle A, B, C, D, E).

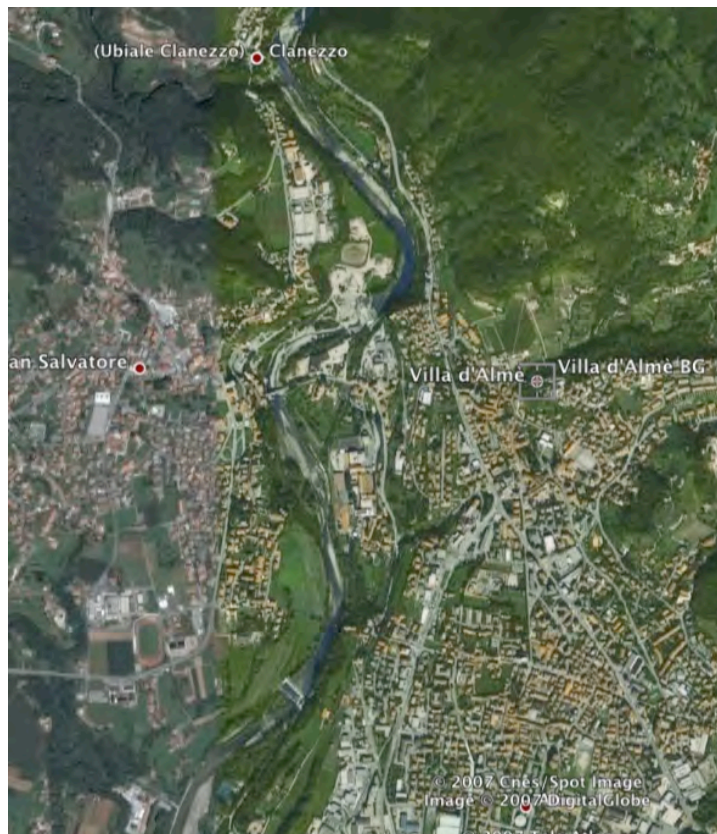
INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area di interesse, perimetrata all'interno del centro edificato del Comune di Villa d'Almé (Bergamo), è sita sulla sponda sinistra del fiume Brembo e ricompresa tra le strade denominate via Gotti e via Ghiaie.

La zona sottoposta a verifica idraulica è parzialmente interessata da un'area residenziale; su buona parte del sito insiste l'insediamento industriale del Linificio Canapificio Nazionale S.p.A.

Cartograficamente la zona è individuata dalla Carte Tecnica Regionale Sezione C5a1 – Almenno San Salvatore.



3 AMBITI PAESISTICI

Il territorio della Valle Brembana fino all'abitato di Villa d'Almé, è caratterizzato da ambiti a diversa valenza paesistica, sono riconoscibili contesti di notevole valore naturalistico ed aree

urbanizzate o fortemente antropizzate.

La porzione più settentrionale del territorio, costituita da un ambito d'alta montagna, è caratterizzata da paesaggi ad elevato valore naturalistico, connotati da elementi tipici delle alte quote alpine quali vedrette e nevai, pascoli e praterie montani, zone umide in corrispondenza di laghi di origine glaciale.

A quote inferiori, il paesaggio naturale è fortemente connotato dalla presenza di versanti boscati con interposte aree prative e cespugliati, talora interessati da una edificazione sparsa con presenza di limitate infrastrutture (strade).

Il paesaggio montano e collinare, debolmente antropizzato, si intervallava e compenetra con gli insediamenti di versante e fondovalle: le aree urbanizzate sono prevalenti e caratterizzano fortemente il paesaggio lungo l'asta del fiume Brembo. I contesti antropizzati si caratterizzano per la presenza di centri e nuclei storici attorno ai quali si sono sviluppate e consolidate aree urbanizzate.

4 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

4.1 Inquadramento strutturale

Il bacino del fiume Brembo si trova nelle Alpi Meridionali (Subalpino), porzione di catena alpina collocata a sud della Linea Insubrica. Il Subalpino si configura come una fascia di rilievi interessati da pieghe e sovrascorrimenti disposti in direzione circa est-ovest. I sovrascorrimenti hanno coinvolto basamento e copertura, producendo un progressivo ribassamento da nord a sud dei corpi rocciosi più antichi, dai 3.000 m delle Alpi Orobiche agli oltre 10 km di profondità al di sotto della Pianura Padana.

Settore del basamento cristallino

A ridosso della Linea Insubrica, il basamento cristallino affiora sino alle più alte cime delle Alpi Orobiche; i litotipi maggiormente rappresentativi della zona sono costituiti da micascisti e gneiss (basamento cristallino metamorfico).

L'area è delimitata a nord dalla Linea Insubrica e, verso sud, dalla Linea Orobica; a tali strutture principali sono associati sovrascorrimenti minori e sistemi pervasivi di pieghe aperte, orientate circa E-O.

In bergamasca le Unità del Basamento sovrascorrono verso sud, attraverso un fascio di

faglie dirette circa E-O note come appunto come Linea Orobica, accavallandosi alle cosiddette anticlinali Orobiche.

Zona delle anticlinali orobiche

La zona individuata comprende la porzione di territorio compresa tra la linea orobica, a nord, e la linea Valtorta-Valcanale, verso sud. La linea Valtorta-Valcanale è caratterizzata da un piano di faglia, immergente verso sud, a tetto del quale si accavalla una serie di anticlinali che coinvolgono unità litologiche di età triassica ed hanno asse orientato circa E-O. Nel settore più occidentale del bacino di alimentazione del fiume Brembo (zona di Foppolo), le anticlinali presentano un assetto complesso, assumendo un andamento a sovrascorrimenti embricati, esposto tra i Passi di San Simone e di Porcile.

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

Zona del Parautoctono sudalpino

La zona del parautoctono è delimitata a nord dalla linea Valtorta –Valcanale e, verso sud, dal fronte meridionale della dolomia principale, ben esposto in località Zogno: nel settore affiorano rocce calcareo-dolomitiche di età mesozoica, sulle quali sono sovrascorse le Unità appartenenti all'anticlinale Orobica.

L'assetto strutturale è dato dalla sovrapposizione di elementi tettonici di copertura, separati da piani di sovrascorrimento impostati in corrispondenza di orizzonti litologici meno competenti (argilliti e gessi): la principale caratteristica di tale zona, nella porzione settentrionale, è costituita da una successione di sovrascorrimenti embricati costituiti da unità triassiche, compresi tra due principali livelli di scollamento, rappresentati dalla Carniola di Bovegno e dai gessi di San Giovanni Bianco. A nord la successione di sovrascorrimenti descritti ricopre il fianco meridionale delle anticlinali orobiche; a sud la zona è ricoperta, con un contatto suborizzontale debolmente vergente a sud, dalla Dolomia Principale.

I litotipi affioranti nel settore descritto sono stati coinvolti in sovrascorrimenti e piegamenti a carattere regionale; anche la Dolomia Principale è stata interessata da raddoppi tettonici, esposti nella porzione medio-bassa della Valle Brembana. A causa della notevole rigidità, la Dolomia Principale è segmentata da sistemi di faglie trascorrenti orientati principalmente da NE-SO fino a NO-SE (in località Selvino e San Pellegrino Terme-Zogno).

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

Settore frontale

La zona del Parautoctono lascia spazio, verso sud, ad un'area a pieghe sudvergenti e faglie con asse orientato in direzione O-E che coinvolge formazioni giurassiche e cretache prevalentemente costituite da calcari, marne, argilliti e selci, tipiche di ambienti di sedimentazione marini profondi. A sud della Flessura Pedemontana (piega a ginocchio sudvergente) i rilievi collinari cretacei si raccordano alla pianura alluvionale.

4.2 Inquadramento stratigrafico ed evoluzione paleogeografia

Le rocce sedimentarie affioranti nel bacino brembano, fino al territorio comunale di Villa d'Almé, hanno età compresa tra il Permiano ed il Cretacico, con predominanza di litotipi carbonatici triassici. Tali successioni appoggiano in discordanza sul basamento cristallino, già interessato da fenomeni deformativi.

Il basamento cristallino affiora limitatamente alla porzione più settentrionale del bacino, lungo lo spartiacque con la Valtellina ed è costituito prevalentemente dalle formazioni note in letteratura come "Gneiss di Morbegno" e "Scisti di Edolo".

A tetto del basamento cristallino affiora il "Conglomerato Basale", caratterizzato dalla presenza di clasti proventi dal basamento stesso, a testimonianza di una fase deposizionale aerea, in ambiente continentale; in base alla loro posizione stratigrafica tali depositi sono stati ascritti al Carbonifero superiore e al Permiano inferiore.

Il conglomerato basale è ricoperto in concordanza stratigrafica da una successione vulcanico-sedimentaria costituita da depositi vulcanici intercalati a sedimenti arenacei, argillosi e conglomeratici, appartenenti alla Formazione di Collio (Permiano); affiora in continuità nella fascia areale sviluppata in direzione E-O, compresa tra lo spartiacque valtellinese e la linea Valtorta-Valcanale. Le rocce appartenenti a tale formazione testimoniano l'inizio di un'importante attività tettonica e vulcanica; l'ambiente deposizionale è di tipo fluviale-lacustre.

Con il triassico ha inizio la sedimentazione marina, che si protrarrà fino a parte del Cenozoico: nel corso del Triassico si evidenziano tre cicli sedimentari prevalenti, costituiti da fasi

alternate di trasgressione-regressione marina, con conseguente deposizione di sedimenti prevalentemente carbonatici con litotipi caratterizzanti condizioni di clima arido (gessi ed evaporiti) e ambienti deposizionali costituiti da piccoli bacini chiusi o dalla sedimentazione di depositi terrigeni (argilliti).

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

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

Le successioni rocciose mioceniche non sono visibili in affioramento nell'area di interesse.

Durante il Pliocene inferiore un evento trasgressivo ha portato ad una nuova avanzata del mare sulle terre emerse, testimoniata da depositi marini e deltizi rinvenuti, nella zona di interesse, sui territori comunali di Almenno San Salvatore, Clanezzo e Villa d'Almé in località Ghiaie. I sedimenti marini sono suturati a tetto da depositi conglomeratici di origine fluviale.

5 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

5.1 Ambito morfologici

Il territorio di interesse, comprendente l'intero bacino idrografico del fiume Brembo a monte del Comune di Villa d'Almé, si estende in un ambito morfologico vallivo collinare, di media ed alta montagna: il territorio si estende da una quota minima di circa 240 m, posta a sud di località Ghiaie di Villa d'Almé, fino ad un massimo di 2.914 m della cima del Pizzo del Diavolo.

Da un punto di vista morfologico il territorio può essere diviso in tre ambiti principali, uno

montuoso più settentrionale fino all'abitato di Lenna, uno centrale, di media montagna, individuabile fino al territorio comunale di Zogno ed il terzo, collinare, in zona di raccordo con l'alta pianura bergamasca.

Ambito morfologico settentrionale

L'ambito morfologico settentrionale è prevalentemente montuoso, le cime più elevate sono ubicate lungo il crinale orobico che divide l'area Brembana dal territorio Valtellinese; la presenza di buona parte dell'area a quote superiori ai 1.800 m s.l.m. impedisce la crescita della vegetazione di alto fusto e consente pertanto di apprezzare meglio le morfologie della zona.

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

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

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

La "Carta di localizzazione probabile delle valanghe" (C.L.P.V.), redatta dalla Regione Lombardia a cura del Centro Nivometeorologico di Bormio (scala 1:25.000) ed il PAI individuano una distribuzione delle aree caratterizzate da pericolosità per valanghe piuttosto uniforme su tutto il territorio montano.

La C.L.P.V. riporta e suddivide (con l'utilizzo di colori diversi), le valanghe individuate mediante fotointerpretazione da quelle effettivamente osservate sul territorio: tale documentazione cartografica non fornisce alcuna indicazione previsionale circa il grado di rischio o la frequenza dei fenomeni di distacco, riportando semplicemente la localizzazione probabile dei siti valanghivi.

In alcune zone abitate interessate da fenomeni valanghivi, sono stati realizzati interventi antropici di mitigazione del rischio (Comuni di Foppolo, Isola di Fondra, Carona, Valleve).

Ambito morfologico centrale

A sud di Lenna il decorso del fiume Brembo diventa unico, assume direzione prevalente di scorrimento nord-sud e si inserisce in un ambito di media montagna; gli elementi morfologici principali sono costituiti dai due versanti che racchiudono il fondovalle percorso dal fiume Brembo: essi si estendono in direzione prevalente N-S e si caratterizzano per un andamento abbastanza omogeneo con pendenze da medie a consistenti. Tali versanti collegano il fondovalle alle quote di circa 1700÷2000 m.

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

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

Ambito morfologico meridionale

Verso valle, ci si approssima ai rilievi collinari di raccordo con la pianura bergamasca; l'elemento che maggiormente caratterizza morfologicamente tale tratto areale è la presenza del fiume Brembo che entra nell'alta pianura formando un canyon mediamente inciso all'altezza dell'abitato di Ponte San Pietro.

L'ambito morfologico meridionale (compreso tra gli abitati di Zogno e di Villa d'Almé – località Ghiaie) si presenta fortemente antropizzato, ove l'attività umana ha talora modificato la topografia naturale, soprattutto in corrispondenza del fondovalle del fiume Brembo.

5.2 Processi gravitativi

Sui versanti sono presenti diffusi elementi morfologici di origine gravitativa; le forme più diffuse sono rappresentate dai coni e dalle falde di detrito: esse sono presenti sia allo stato inattivo sia attivo. Quelle attive indicano la presenza di un processo gravitativo in atto costituito dal

distacco di singole porzioni di roccia (caduta massi) o da distacchi in massa (frane di crollo) dalle pareti soprastanti.

In carta sono stati riportati i fenomeni gravitativi già evidenziatisi quali frane, caduta massi e coni detritici. In particolare l'individuazione di alcune zone interessate da frane attive non fedelmente cartografabili é stata indicata anche in corrispondenza del Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - interventi sulla rete idrografica e sui versanti - art. 17 L. n. 183 del 18 maggio 1989, redatto a cura dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Il PAI riporta su base topografica a scala 1:25.000 la delimitazione delle aree in dissesto in riferimento a rischi di natura idraulica ed idrogeologica nonché di origine gravitativa o legati a fenomeni valanghivi.

Su ampie aree dei versanti spesso non si rinvencono evidenti processi gravitativi in atto; tuttavia, viste le condizioni morfologiche (pendenze elevate, spesso superiori a 40°) ed i materiali costitutivi, è possibile che si possano verificare fenomeni gravitativi talora ampi.

6 IDROGRAFIA

L'area di interesse si inserisce nell'ambito del bacino del fiume Brembo, in Valle Brembana.

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

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

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

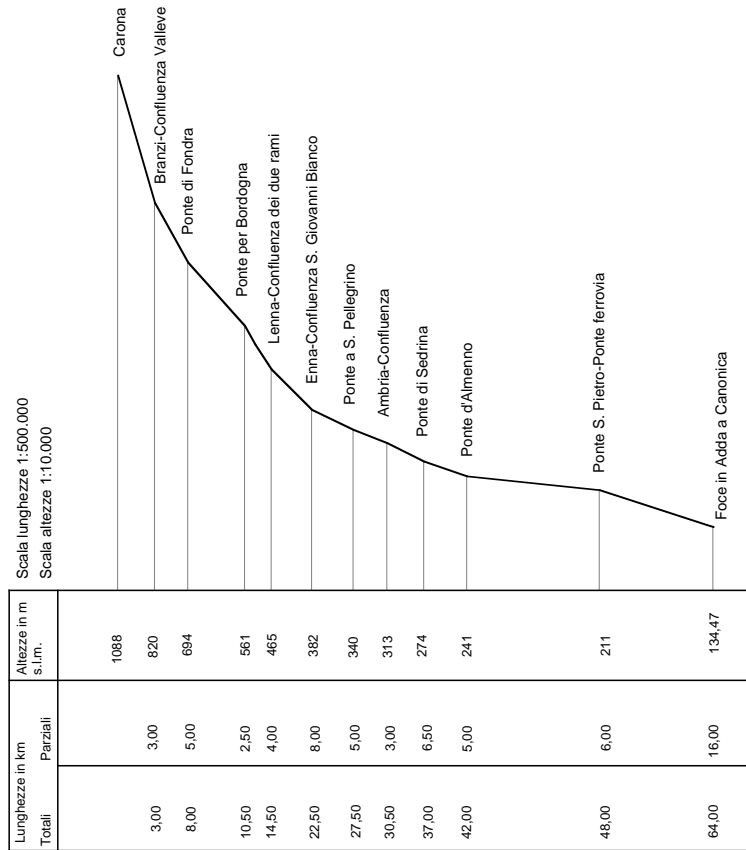
Nei tratti della Media e Bassa Valle Brembana, il Brembo riceve le acque di alcuni importanti affluenti, tra cui il torrente Parina in Comune di Camerata Cornello, il torrente Enna,

affluente di destra in Comune di San Giovanni Bianco, il torrente Ambria confluisce nel fiume Brembo a monte dell'abitato di Zogno, mentre nei Comuni di Brembilla e Villa d'Almé confluiscono nel Brembo le acque dei torrenti Brembilla ed Imagna.

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

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

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



profilo longitudinale del fiume Brembo – pelo dell'acqua

6.1 Utilizzazioni in atto

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

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

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

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

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

LINEAMENTI TERMO-PLUVIOMETRICI

7 CLIMA

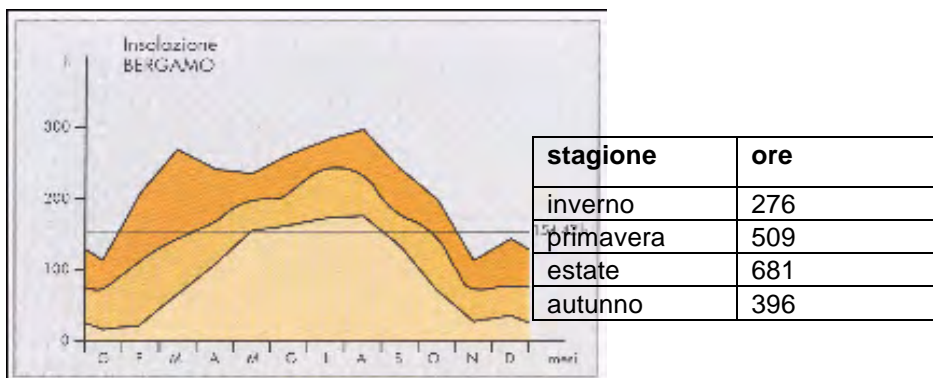
Il territorio comunale di Villa d'Almé è situato immediatamente a ridosso degli ultimi rilievi collinari, allo sbocco della Valle Brembana. Considerando l'intero bacino a monte dell'area di interesse, il clima del territorio bergamasco è di tipo temperato subcontinentale per le aree limitrofe all'alta pianura, mentre è di tipo alpino per le aree montane.

I dati storici disponibili, relativi ad osservazioni di 120 anni per la stazione meteorologica di Bergamo, indicano un continuo aumento delle temperature medie mentre le precipitazioni ed il numero medio dei giorni piovosi si sono mantenuti pressoché costanti.

8 INSOLAZIONE

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

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



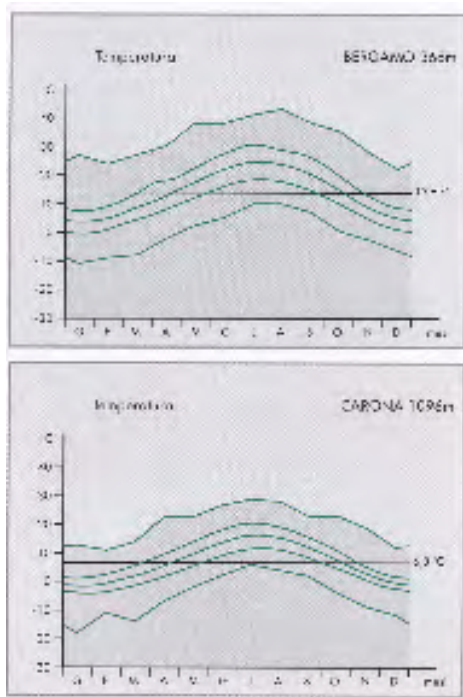
L'insolazione è condizionata dalla nebulosità, elaborando i dati relativi ai giorni sereni,

nuvolosi e parzialmente nuvolosi, per ogni mese dell'anno, si evidenzia che il massimo numero di giorni sereni si registra in luglio, il minimo in novembre.

9 TERMICA ATMOSFERICA

Le stazioni indicative per l'analisi dei dati termometrici, sono quelle di Bergamo e Carona per un periodo di osservazione compreso tra 1955÷1984.

Sono state tabellate e diagrammate le temperature massima assoluta, media delle massime, media, media delle minime e minima assoluta di ogni mese dell'anno, per le due stazioni: i grafici evidenziano il massimo in luglio ed la temperatura minima nel mese di gennaio. La temperatura media annua risulta di 13,6°C per la stazione di Bergamo e di 6,8°C per la stazione di Carona (come evidenziato nei diagrammi allegati, dalla retta parallela all'asse delle ascisse).

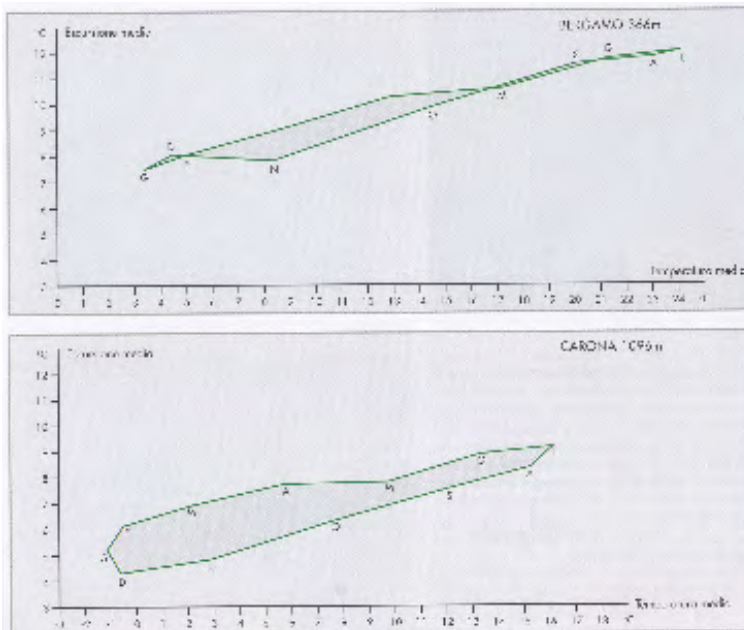


temperature nelle stazioni di Bergamo e Carona (da studi e analisi per il PTCP provinciale)

Per le due stazioni esaminate sono stati successivamente valutati i valori dell'escursione termica media diurna durante ogni mese dell'anno (espressa in °C); tali dati, unitamente alle temperature medie diurne, hanno consentito la costruzione dei climatogrammi successivamente riportati.

Si evidenzia come l'escursione termica media diurna risulta massima nei mesi estivi e

minima nei mesi invernali, aumentando da gennaio a luglio.



Climatogrammi delle stazioni di Bergamo e Carona (da studi e analisi per il PTCP provinciale)

10 PRECIPITAZIONI

Per il territorio ricompreso nel bacino del fiume Brembo, a monte del Comune di Villa d'Almé si hanno a disposizione dati riguardanti le precipitazioni misurati in diverse stazioni di rilevamento meteo-climatico, presenti soprattutto nella media e alta Valle Brembana. I valori utilizzati, riportati dall'Ufficio Idrografico del fiume Po, sono relativi alle stazioni di Carona (1069 m s.l.m.) e Bergamo (366 m s.l.m.) che, oltre a disporre di una serie pluviometrica di alcuni decenni, forniscono un quadro significativo della situazione pluviometrica dell'area e delle sue variazioni areali ed altimetriche.

Per la stazione di Carona é stata presa in esame la serie pluviometrica relativa agli anni 1921-1984; per Bergamo il periodo di osservazione é compreso tra il 1936 ed il 1985.

I dati elaborati indicano valori maggiori di precipitazione media annua, pari a 1.629 mm, presso la stazione ubicata a quota altimetrica di Carona; a Bergamo il dato annuale medio è pari a 1.247 mm.

In entrambe le stazione le precipitazioni si distribuiscono in due periodi di massima piovosità: uno primaverile nel mese di maggio-giugno ed uno autunnale nei mesi di ottobre-novembre. Apporti piovosi minimi si hanno durante la stagione invernale (nei mesi di gennaio e febbraio), caratteristica costante di tutta la regione padano-alpina. La frequenza media dei giorni

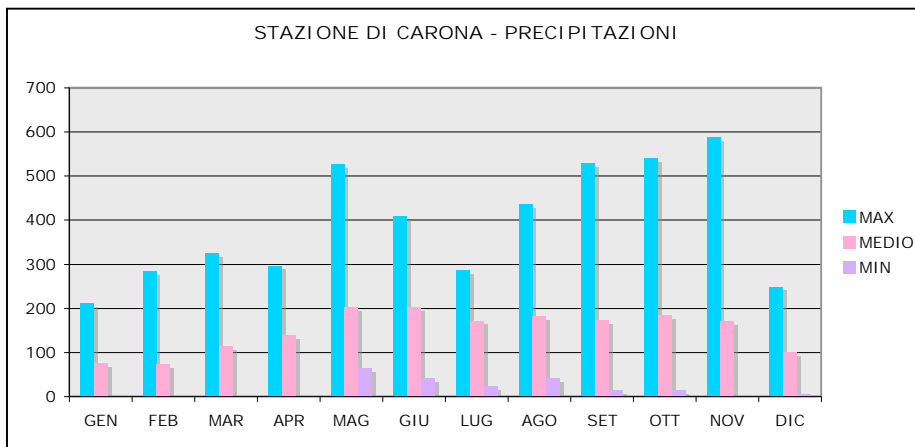
piovosi è variabile tra circa 110 e 128 giorni (dati misurati rispettivamente nelle stazioni di Bergamo e Carona).

Il trend evolutivo delle precipitazioni, dal punto di vista quantitativo, è negativo, ovvero vi è una tendenza alla diminuzione dell'afflusso meteorico medio nel corso degli ultimi anni esaminati.

Sono stati riportati i dati relativi alle precipitazioni massime, medie e mensili, misurate alle stazioni di Carona e Bergamo, espresse in mm di pioggia.

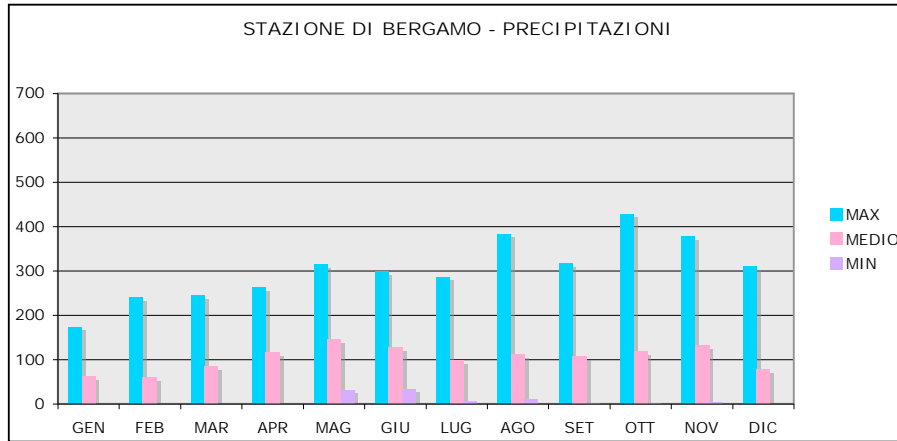
STAZIONE DI CARONA - precipitazioni in mm (1921-1984)

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
MAX	211	283	325	296	526	408	285	435	528	540	588	248	2709
MEDIO	76,1	73,3	114,2	138,9	203,1	201,9	171,7	182,7	172,3	183,5	169,9	100,3	1629
MIN	0	0	0	0	64	41	24	41	14	14	0	4	760

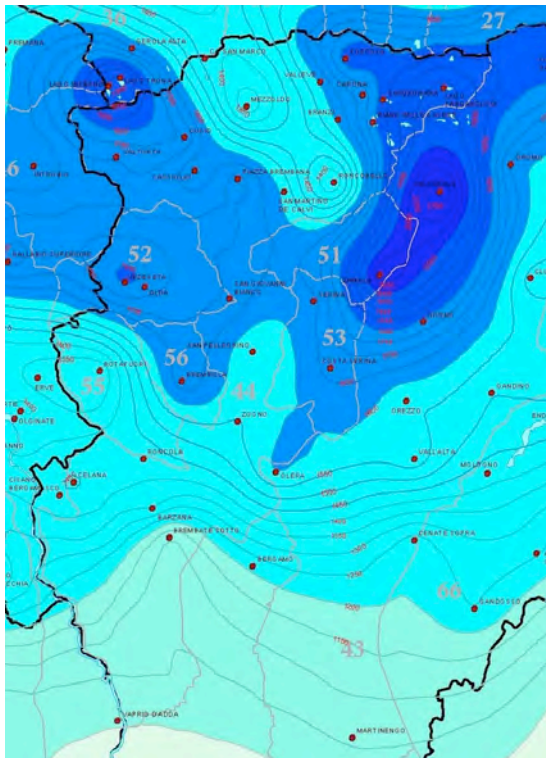


STAZIONE DI BERGAMO - precipitazioni in mm (1936-1985)

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
MAX	175	241	245	264	316	300	287	384	318	430	379	312	2117
MEDIO	62	61	85	117	146	128	99	113	107	119	133	78	1247
MIN	1	0	0	0	33	35	6	12	3	2	5	0	762



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



Carta delle isoiete medie annue

11 MANTO NEVOSO

Nel periodo di osservazione compreso tra il 1955 ed il 1984, sono state attive sul territorio provinciale di Bergamo più di trenta stazioni nivometriche: i dati disponibili sono talora discontinui ovvero riferiti a periodi di osservazione brevi, pertanto non significativi.

Sulla porzione di territorio di interesse, le stazioni di Carona (1906 m s.l.m.) e Laghi Gemelli (2023 m s.l.m.) presentano un discreto numero di osservazioni, dalle quali sono state ricavate indicazioni sulla permanenza del manto nevoso, sul numero di giorni di precipitazione e sull'altezza media del manto nevoso al suolo.

I valori massimi della permanenza media mensile del manto nevoso al suolo si verificano nel mese di gennaio presso la stazione di Carona, a dicembre nella zona dei Laghi Gemelli; la distribuzione media del numero di giorni di precipitazione nevosa segue l'andamento della permanenza del manto nevoso, con valori massimi compresi tra i mesi di dicembre e gennaio.

Per lo spessore della neve al suolo, i dati a disposizione nonché studi condotti sul territorio dell'Alta Valle Brembana, hanno dimostrato che vi è una relazione diretta fra quota altimetrica ed altezza del manto nevoso: le elaborazioni effettuate partendo dai dati registrati, hanno permesso di ricavare un gradiente medio pari a 15 cm di spessore della neve al suolo ogni 100 m di quota.

I dati a disposizione per la presente indagine, basati su di un periodo di osservazione di oltre un ventennio, evidenziano discreti apporti di neve nelle stazioni di Carona e Laghi Gemelli. Le tabelle ed i diagrammi successivamente riportati evidenziano valori massimi nel bimestre gennaio-febbraio con spessori medi della neve al suolo prossimi ai 50 cm nella stazione di Carona, spessori di poco inferiori ai 200 cm presso la stazione Laghi Gemelli nei mesi di febbraio e marzo.

ALTEZZA MANTO NEVOSO MENSILE MASSIMA, MEDIA, MINIMA

espressa in cm

PERIODO DI OSSERVAZIONE 1960-1984

		O	N	D	G	F	M	A	M
L.Gemelli	Max	58	90	125	240	260	350	250	200
	Med	26	39	91	167	189	197	155	69
	Min	0	0	18	88	103	85	90	0
Carona	Max	0	38	75	120	123	78	15	0
	Med	0	6	19	43	46	26	1	0
	Min	0	0	11	20	18	0	0	0

Come precedentemente riportato, i valori più elevati si registrano in corrispondenza delle stazioni di rilevamento site a quote altimetriche più elevate; i dati a disposizione provenienti da

altre stazioni (meno significative, delle quali si dispone talora di periodi di osservazione brevi) indicano i seguenti valori medi (riferiti ai periodi di maggiore apporto per ciascuna stazione):

Roncobello (1009 m s.l.m.)	28 cm
Sardegna (1750 m s.l.m.)	120 cm;
Pian delle Casere (1832 m s.l.m.)	140 cm
Fregaborgia (1960 m s.l.m.)	176 cm.

I dati nivometeorologici disponibili non hanno evidenziato apporti di neve stagionalmente precoci.

12 NEBBIA

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

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

13 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 Est-Norddest-Ovest-Sudovest: 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.

CARATTERISTICHE DELL'AREA DI INTERVENTO

I caratteri del territorio sono stati analizzati e descritti nel dettaglio, in un intorno significativo dell'area di studio, al fine di capire le dinamiche attive sul territorio che intervengono direttamente ed indirettamente nella definizione del rischio idraulico.

14 GEOLOGIA

Le formazioni rocciose ed i depositi superficiali sono stati indicati utilizzando la denominazione istituita nella "Carta Geologica della Provincia di Bergamo" redatta in scala 1:50.000. I dati bibliografici disponibili sono stati integrati con le osservazioni effettuate durante i rilievi di campagna.

14.1 Substrato roccioso

Le unità del substrato roccioso presenti sul territorio di interesse hanno età compresa tra il Triassico superiore ed il Cretaceo e sono caratterizzate da litotipi prevalenti marnoso-argillosi e marnoso-calcarei.

Dolomia a Conchodon (Retico sup. – Hettangiano)

Si tratta di una formazione costituita da calcari grigio-nocciola, massiva o in strati e banchi amalgamati.

Il limite inferiore è netto con il calcare di Zu, quello superiore è pure netto, situato in corrispondenza della comparsa di calcari grigi e grigio scuri stratificati, localmente con lenti fossilifere del Calcare di Sedrina.

La Dolomia a Conchodon affiora lungo la strada della Valle Brembana tra le località Casino e Ca dell'Ora.

Calcare di Sedrina (Hettangiano - Pliensbachiano)

Il Calcare di Sedrina è costituito da una successione ben stratificata di calcari bioclastici, talora dolomitici, calcari oolitici e calcari marnosi con noduli di selce di colore variabile da grigio a nerastro.

A tetto la formazione può essere coronata da un intervallo al massimo decametrico intensamente silicizzato di colore bianco o grigio scuro fino a nero. All'interno della Formazione

sono quasi ovunque riconoscibili due livelli riccamente fossiliferi, nella parte inferiore e nella parte superiore.

Affiora a tetto della Dolomia a Conchodon ed è visibile lungo la Strada provinciale in località Ca dell'Ora e Casino.

Calcarea di Moltrasio (Pliensbachiano)

È costituito da una successione di calcari marnosi grigio scuri a stratificazione piano parallela, con noduli e liste di selce, con frequenti intercalazioni marnose.

Il limite inferiore della formazione può essere netto a tetto dei livelli silicizzati del Calcarea di Sedrina; anche se generalmente il passaggio è dato dalla maggiore frequenza e spessore delle intercalazioni marnose e dal colore nero delle selci.

L'unità affiora estesamente in località Campana in Comune di Sedrina e, in destra idrografica, lungo la strada di collegamento tra gli abitati di Ubiale e Clanezzo ed in corrispondenza dei versanti del Monte Ubione.

Calcarea di Domaro (Pliensbachiano)

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

Il limite inferiore è graduale, corrispondendo al passaggio da calcari marnosi scuri con selci nere, ad una successione caratterizzata da colori più chiari e stratificazione regolare. Localmente tale limite precede stratigraficamente di pochi metri un intervallo ricco in intercalazioni di calcilutiti rosate e marne argillose rosse o verdi a noduli micritici.

Esso si rinviene estesamente lungo la valle del Giongo, affiora in corrispondenza della cima del monte Unione e lungo una porzione del versante meridionale del monte Albenza.

Formazione di Sogno (Toarciano – Baiociano Inf.)

La Formazione di Sogno comprende marne, calcari marnosi ed argilliti, a stratificazione variabile da sottile a media, piano parallela, di colore variabile da grigio a rosso verde, con noduli e liste di selce più abbondanti nella parte superiore.

Il limite inferiore, con il sottostante Calcarea di Domaro, è netto, e corrisponde al passaggio tra calcilutiti bioturbate grigie, con selce, e marne argillose rossastre, verdi e grigie, con pochi livelli calcarei. In prossimità del limite inferiore della Formazione è presente un caratteristico orizzonte di argilliti nere ricche in materia organica.

Gruppo del Selcifero Lombardo (Batoniano Sup. – Titoniano)

Nel gruppo del Selcifero Lombardo appartengono sia le Radiolariti che il Rosso Aptici.

Litologicamente le Radiolariti sono caratterizzate da una successione di selci a stratificazione decimetrica, piano-parallela o piano-ondulata, di colore rosso, verde o bruno, con interstrati argillosi e marnosi e livelli marnoso-calcarei, questi ultimi più frequenti nella metà superiore della Formazione.

Il limite inferiore presenta caratteri differenti a seconda della posizione paleogeografica e strutturale. Infatti, l'intero Gruppo del Selcifero Lombardo rappresenta un orizzonte di scollamento tra le unità giurassiche inferiori e superiori, risultando mancante, ridotto o raddoppiato per ragioni tettoniche.

Affiora lungo la fascia sommitale del versante del Monte Bastia.

Il Rosso ad Aptici è costituito da una successione di calcari marnosi, marne calcaree e marne, a stratificazione sottile e media, piano-parallela, piano-ondulata o pseudo-nodulare, con liste e noduli di selce. I colori variano da rosso violacei a grigio rosati, a bianchi.

Il limite inferiore è graduale nelle successioni più complete nei settori bacinali, risultando determinato dal progressivo decremento degli strati selciferi e dal passaggio a colorazioni più diffusamente rosse. Nei settori di alto strutturale lo stesso limite si presenta netto, e talora associato ad una discontinuità stratigrafica.

Affiora lungo parte del versante occidentale del Monte Bastia, dalla valle del Giongo fino alla località Ventolosa.

Maiolica (Titoniano Sup. – Aptiano Inf.)

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

Il limite inferiore è generalmente stratigrafico e netto sul sottostante Rosso ad Aptici.

La formazione affiora estesamente costituendo il versante orientale del Monte Bastia a partire dalla valle del Giongo fino a San Mauro, Viola e Ventolosa.

Marne di Bruntino (Aptiano Inf. – Albiano Sup.)

Le Marne di Bruntino comprendono una successione di argilliti, marne, siltiti ed areniti fini torbiditiche, con sporadiche intercalazioni di corpi conglomeratici lenticolari.

Il limite inferiore della Marna di Bruntino può essere netto o graduale sulla sottostante Maiolica.

Questa formazione affiora in una fascia ristretta dalla località Colle, passando da Bruntino

alto fino alla valle del Giongo. Il suo spessore massimo è di circa un centinaio di metri, misurabili sulle pendici del Monte Giacoma.

Sass de la Luna (Albiano Sup.)

Il Sass de la Luna è una successione di torbiditi marnoso-calcaree a stratificazione variabile da sottile a molto spessa, di colore grigio o bruno, con intercalazioni marnoso-argillose.

Il limite inferiore della formazione è transizionale e viene normalmente collocato in corrispondenza della scomparsa degli orizzonti marnoso-argillosi colorati (rosso, verde, nero) più tipici della sottostante Marna di Bruntino.

La formazione affiora estesamente dalla zona di Coriola in Comune di Villa d'Almè.

14.2 Assetto strutturale

Il territorio di interesse si inserisce nel settore del fondovalle brembano nel comparto meridionale (definito a partire a sud di Zogno): esso è caratterizzato da una serie di ampi piegamenti con direttrici prevalenti N130° che coinvolgono tutta la successione sedimentaria compresa tra il Triassico ed il Cretaceo che si raccordano, verso SE, con analoghi piegamenti che interessano la successione giurassico - cretacea della fascia pedemontana.

In questa successione piegata rivestono importanza regionale le due anticlinali asimmetriche del M. Ubiale–Canto Alto e di Clanezzo–Villa d'Almè: si tratta di strutture che tendono a rovesciarsi verso est e che risultano interrotte dallo sciame di dislocazioni del Canto Basso e della faglia Roncola–Catremerio–Monte Molinasco.

Verso nord ed est la successione sedimentaria descritta si raccorda con la Dolomia Principale del M. Zucco di S. Pellegrino, tramite la faglia trascorrente destra della Val Carubbo o con la Dolomia Principale della Corna Bianca–M. Podona.

14.3 Depositi superficiali

I depositi superficiali costituiscono una porzione rilevante del tratto areale lungo l'asta del Fiume Brembo.

Conglomerato di Madonna del Castello (Pliocene Sup.)

Sono conglomerati a supporto di matrice arenacea e arenarie conglomeratiche clinostatificate a forte cementazione. I ciottoli sono derivanti quasi esclusivamente delle formazioni carbonatiche mesozoiche.

Tale deposito affiora unicamente lungo un tratto di scarpata sul Brembo fra le località Ghiaie e Casino; costituisce anche parte dell'ossatura della scarpata del terrazzo fluvioglaciale su cui sorge l'abitato di Villa d'Almè, ed è visibile lungo i versanti della via Dante.

Unità di Brembate (Pleistocene Medio)

L'Unità è costituita da ghiaie a prevalente supporto clastico, con matrice limoso-argillosa; i ciottoli, di dimensioni medie attorno ai 10 cm, sono arrotondati, con forme discoidali ed ellissoidali. Si osservano accenni di stratificazione suborizzontale.

La superficie delle ghiaie, fortemente inclinata a scala metrica e quindi erosionale, è saturata da limi argillosi massivi con spessori da 0,5 a 2,5 m.

La presenza di ciottoli e clasti diffusi, organizzati in orizzonti discreti, è inoltre indice dei processi di risedimentazione che hanno interessato, in più occasioni, questi sedimenti.

Costituisce il terrazzo fluvioglaciale superiore su cui sorge parte dell'abitato di Villa d'Almè, fino alle pendici dei primi rilievi collinari; prosegue poi ampiamente verso sud.

Complesso del Brembo (Pleistocene Sup.)

Si tratta di depositi di diversa origine legati al bacino del Brembo: nell'area considerata essi sono presenti come depositi fluvioglaciali e alluvionali, costituiti da ghiaie a ciottoli arrotondati a supporto clastico o di matrice sabbiosa.

La superficie limite superiore è caratterizzata da morfologie ben conservate anche se talora erose, profili di alterazione inferiori a 1,6 metri, scarsa alterazione dei clasti e copertura loessica assente.

Costituisce il terrazzo fluviale intermedio in località Ghiaie.

Complesso di Palazzago (Pleistocene Medio-Sup.)

Si tratta del residuo insolubile dell'alterazione chimico-fisica operata dagli agenti meteorici sul substrato roccioso. Si presenta costituito da clasti spigolosi di dimensioni centimetriche immersi in matrice abbondante limoso-sabbiosa, di colore nocciola-marrone.

Costituisce la porzione di raccordo dei versanti con la pianura; gli spessori sono variabili da decametrici a metrici: la presenza di tale deposito assume così un significato non solo agronomico, ma anche geologico-tecnico.

Su tale deposito diventa importante l'attività antropica, sia per il rimodellamento delle originarie morfologie operato ai fini agricoli (vigneti o prato stabile), sia per l'urbanizzazione.

Si rinviene alla base dei pendii collinari, in particolare lungo la piana del torrente Rino e in località Ronco Basso.

Unità Postglaciale (Pleistocene sup.-Olocene)

I depositi dell'unità Postglaciale presentano caratteristiche differenti a seconda del settore, montano o di pianura, in cui si trovano.

L'Unità Postglaciale è costituita da:

Depositi di versante

Si tratta di diamicton a supporto di matrice a clasti spigolosi e blocchi, con matrice fine sempre molto abbondante. I clasti riconoscibili in questi materiali sono riferibili, dal punto di vista petrografico, ai litotipi affioranti sui versanti che alimentano il deposito.

Nella zona di interesse i depositi di versante si rinvengono in sottili fasce nelle zone di raccordo fra pianura e le aree collinari e localizzati lungo porzioni di versanti a media acclività.

Depositi alluvionali

I depositi alluvionali sono costituiti da ghiaie e sabbie a ciottoli e blocchi con matrice sabbiosa. Le ghiaie sono in prevalenza a supporto clastico e ciottoli ben arrotondati; la maturità tessiturale del sedimento è minore in corrispondenza di corsi d'acqua caratterizzati da portate ridotte e nelle zone di alimentazione.

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.

Tali depositi, ampiamente presenti nell'area oggetto di studio, costituiscono l'alveo attivo del Brembo e la piana in località Ghiaie.

Depositi eluviali

Deriva dall'alterazione fisico-chimica del substrato roccioso sottostante ed è costituito da spessori variabili di terreno a granulometria fine, sabbiosa e limosa, con frammenti, generalmente spigolosi, di bedrock. Gli spessori di tali coperture sono generalmente inferiori al metro e la loro estensione areale è discontinua, in quanto in relazione con le caratteristiche morfologiche. L'eluvio è diffuso prevalentemente nelle porzioni di territorio corrispondenti ai rilievi collinari e montani.

14.4 Aspetti pedologici

Le caratteristiche pedologiche dei terreni presenti sul territorio di interesse, in un intorno significativo dell'area di studio, sono state riassunte dai dati disponibili in bibliografia ed in parte desunte dal lavoro dell'ERSAL "Progetto Carta Pedologica".

Lungo i versanti collinari e montuosi caratterizzati dalla presenza di un substrato

prevalentemente carbonatico (calcari, calcari marnosi, marne calcaree, calcari selciferi) si rinvennero suoli profondi 50÷80 cm con poco scheletro e franco limoso: si tratta di suoli adatti al pascolo e alla forestazione. Sono presenti lungo alcuni tratti dei versanti dei monti Bastia, Ubione e Castra.

Suoli moderatamente profondi con scheletro comune a tessitura media e reazione acida con saturazione molto bassa si rinvennero su substrati flyschoidi pelitico e arenacei a stratificazione da media a sottile. Si tratta anche in questo caso di suoli utilizzabili per il pascolo e la forestazione; si rinvennero in corrispondenza dei rilievi collinari e dei tratti di versante che caratterizzano le porzioni meridionali dei Comuni di Villa d'Almé ed Almenno San Salvatore.

Suoli profondi fino a 80 cm, generalmente privi di scheletro in superficie, saturi a reazione neutra o subacida con superficie poco rocciosa e pietrosa si rinvennero in corrispondenza di substrato roccioso flyschoidi pelitico e arenaceo e sono utilizzabili per attività silvo-pastorali.

Suoli profondi circa 100 cm, senza scheletro, franco argilloso, saturo con reazione subacida o neutra, sono presenti lungo alcuni tratti vallivi di corsi d'acqua attivi a fondo piatto ed alveo a limitata pendenza. Si tratta di suoli generalmente a drenaggio lento che limitano la scelta colturale.

15 GEOMORFOLOGIA

La morfologia del territorio è il risultato della combinazione di diversi fattori geologici (litologia e tettonica), di fattori climatici (precipitazioni, temperature, umidità) e di agenti di modellamento superficiale (acque libere e incanalate, forza di gravità, cicli di gelo e disgelo) che comprendono anche l'azione antropica, talora prevalente. L'elemento che maggiormente caratterizza morfologicamente l'area di interesse è il corso del fiume Brembo.

15.1 Rilievi

I versanti che caratterizzano la zona settentrionale del territorio di interesse, in sinistra e destra idrografica, sono prevalentemente rocciosi, con pendenze generalmente elevate e suoli da poco sviluppati ad assenti.

La morfologia dei versanti è controllata dalle caratteristiche litologiche della roccia e dal suo assetto strutturale (spaziatura, giacitura della stratificazione, stato di fratturazione): in corrispondenza di litotipi marnoso argillosi più facilmente erodibili si osservano morfologie dolci

caratterizzate da pendii poco acclivi, variamente incisi da corsi d'acqua a regime torrentizio, con aste poco sviluppate longitudinalmente (versante orientale del Monte Bastia).

I pendii più acclivi, caratterizzati da presenza di roccia subaffiorante, sono talora interessati da crolli localizzati con distacchi di blocchi dagli orli di scarpate rocciose: in questo contesto agiscono efficacemente, sovrapponendosi ai caratteri strutturali della roccia, i cicli di gelo e di disgelo, l'azione erosiva delle acque di ruscellamento superficiale e della loro infiltrazione nonché la forza disgregante delle radici. Lungo una fascia areale circoscritta alle pendici settentrionali del Monte Bastia nonché lungo alcuni tratti dei versanti del Monte Ubione, sono visibili forme ondulate e depressioni a contorno prevalentemente circolare (doline) e grotte riconducibili a fenomeni di tipo carsico.

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

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

Le zone collinari altimetricamente meno elevate, in parte modificate dall'intervento antropico, sono caratterizzate da versanti con spessori metrici di depositi eluvio-colluviali, per i quali l'agente di accumulo è principalmente la forza di gravità, oltre alla disgregazione in posto del substrato roccioso. Questi versanti sono in genere stabili su basse pendenze (minori di 30°), mentre man mano aumenta la pendenza ed il contenuto argilloso del sedimento, si manifestano soliflussi, piccole erosioni e solcature legati alla presenza di circolazione di acque superficiali libere.

La cartografia disponibile presso il servizio territoriale regionale evidenzia la presenza di alcune frane di cui si hanno testimonianze storiche lungo il versante occidentale del Monte Bastia, sui versanti sudorientali dei Monti Ubione e Castra; possibili scivolamenti legati prevalentemente a movimenti superficiali sono stati segnalati lungo il versante meridionale del Monte Ubione ed in località Cimaer del Comune di Clanezzo. La presenza di colate detritiche è stata segnalata lungo il conoide allo sbocco della Valle del torrente Tornago nel fiume Brembo, al limite meridionale dell'area di interesse.

15.2 Fascia di raccordo rilievi-pianura

La fascia di raccordo rilievi-pianura definisce la zona debolmente terrazzata ed ondulata delle piane e dei pendii poco acclivi presenti a ridosso dei rilievi e delle aree collinari. Attualmente queste zone risultano intensamente urbanizzate, tanto che la loro originaria morfologia è sovente mascherata. In generale si tratta di aree stabili, non interessate da fenomeni di dissesto in atto o potenziali.

15.3 Pianura

In tale settore si comprende la piana terrazzata di origine alluvionale e fluvioglaciale che si sviluppa nella porzione meridionale dell'area di interesse, solcata dal fiume Brembo. Essa è caratterizzata da ordini di terrazzamenti che si sviluppano parallelamente all'alveo del Brembo e che denotano la sua azione erosiva nel tempo. Il dislivello massimo fra il terrazzo più elevato e l'alveo del Brembo è di circa 40 m, in quanto si passa dalla quota topografica di 285 m s.l.m a 240 m s.l.m. I terrazzi alluvionali sono separati tra loro dalla presenza di un orlo e relativa scarpata: non sempre questi passaggi sono visibili, talora restano soltanto frammenti di orli a causa delle modificazioni antropiche succedutesi nel tempo.

Gli orli dei terrazzi si sviluppano in direzione nord-sud: la porzione più esterna delle linee di terrazzamento delimita il livello fondamentale della pianura tramite una scarpata di dislivello di circa 38 m. All'interno di tale scarpata è visibile un altro terrazzamento che ha un dislivello di circa 8 m dalla piana fluviale. Un secondo ordine di terrazzamenti, meno visibili, è presente all'interno della piana alluvionale recente e separa l'area di alveo attivo dalla piana più prossima al fiume e, in alcuni tratti, interessata da fenomeni esondivi.

Le zone di pianura sono state sede di importanti interventi antropici ove le caratteristiche morfologiche originarie non sono talora rintracciabili. Tali aree si presentano generalmente stabili.

15.4 Asta del fiume Brembo

L'analisi morfologica dell'asta del fiume Brembo evidenzia una sostanziale differenza fra il tratto del Brembo compreso tra i territori comunali di Sedrina ed Ubiale-Clanezzo (a monte), fino all'inizio di via Ventolosa in Comune di Villa d'Almé (verso sud) ed il successivo tratto fino al confine con Almè.

Tratto omogeneo di monte

Il corso d'acqua in tale tratto omogeneo è inserito nella porzione montana del bacino ove scorre sul fondo, a tratti stretto, di una valle piuttosto incassata con profilo dell'alveo a "V". La larghezza dell'alveo è compresa tra circa 50÷150 m.

L'alveo ha caratteristiche di monocursali: l'andamento del talweg è pressochè N-S con una morfologia sinuosa in cui si evidenzia la presenza di una curvatura in località Casino, determinata dal controllo strutturale operato dal substrato roccioso. Le pendenze del corso d'acqua sono piuttosto elevate; sono assenti aree di laminazione.

Il dislivello tra l'alveo ed il piano campagna circostante è prossimo ai 40 m, determinati da una scarpata acclive impostata in roccia; non sono presenti in tale porzione opere di difesa spondale.

La piana fluviale corrisponde all'alveo attivo del fiume stesso; è presente un ristretto terrazzo alluvionale (località Fonderia) leggermente rialzato rispetto alla quota di normale deflusso delle acque.

Tratto omogeneo di valle

A partire dal tratto direttamente a monte del ponte per Almenno San Salvatore, il fiume Brembo inizia il suo decorso nella pianura bergamasca. Esso mantiene le caratteristiche di monocursalità derivanti, in questo tratto, da una trasformazione relativamente recente dei caratteri di pluricursalità. La sezione dell'alveo diventa più ampia, compresa tra circa 100÷180 m, il fondo piatto e la pendenza diminuisce.

La differente morfologia tra i due tratti omogenei individuati è determinata dal passaggio dalla zona montana, quindi più acclive (dove l'azione erosiva delle acque è preponderante su quella deposizionale), a quella di pianura, dove il fiume ha potuto divagare costruendo le piane alluvionali adiacenti.

Il Fiume Brembo è derivato per due brevi tratti, nelle località Casino e Ghiaie del Comune di Villa d'Almé.

Il canale in località Casino deriva le acque del Brembo in corrispondenza del ponte pedonale per Clanezzo e le restituisce al corso d'acqua principale circa 800 m a valle. Per assicurare l'ingresso dell'acqua, all'inizio del canale è presente una traversa in alveo; a monte del canale una paratoia regolabile limita la portata in ingresso a quella consentita dalla effettiva sezione dell'opera.

Il canale realizzato a monte di località Ghiaie deriva le acque del fiume Brembo per mezzo di una traversa in alveo e di una paratia di regimazione nel tratto iniziale dello stesso. Dopo un tratto di 70 m, l'acqua viene ripartita tra il canale principale, che deriva l'acqua all'interno del Linificio e Canapificio Nazionale (industria tessile) ed un ramo secondario che riporta parte delle acque al Fiume Brembo. A circa 250 m dall'opera di presa, il canale di derivazione è ulteriormente regimato mediante la realizzazione di un tratto a sfioro sul ramo principale.

15.5 Forme, processi e depositi

15.5.1 Forme, processi e depositi legati alla gravità

Sono stati individuati i fenomeni legati alla gravità che si riconoscono lungo i versanti ed in prossimità delle aste fluviali.

Fenomeni franosi

Si tratta di fenomeni legati al crollo di masse rocciose (versanti settentrionale ed occidentale del Monte Bastia e versanti dei monti Ubione e Castra). Le frane storiche, segnalate dall'Inventario dei Dissesti redatto dalla Regione Lombardia, sono principalmente riconducibili a frane di crollo che hanno coinvolto limitate porzioni rocciose.

Fenomeni di scivolamento sono stati individuati lungo il versante sud-orientale del monte Castra.

La maggior parte dei movimenti franosi registrati nella zona interessa limitate porzioni areali, si tratta pertanto di fenomeni non fedelmente cartografabili.

Orli di scarpata e/o di frana

Sono stati evidenziati i cambiamenti di pendenza dei versanti ed i cigli dei depositi fluvioglaciali dove è più frequente l'azione della forza di gravità; alcuni di essi sono in retrogressione (attivi), pertanto possono nel tempo causare il distacco di blocchi. Sono presenti lungo l'asta del Brembo, in alcuni tratti sui versanti dei Monti Bastia, Ubione e Castra, nelle località Cimaer e Duno.

Alcuni orli mostrano uno stato di attività non recente e non si può escludere una riattivazione nel tempo.

Distacco di blocchi

Sono stati indicati i punti di possibile distacco di blocchi isolati da pareti rocciose; tale fenomeno è favorito dalla fratturazione del bedrock, dall'azione meccanica della vegetazione e dalla conformazione morfologica del versante (acclività). Nella zona sono possibili distacchi lungo

la scarpata sul Brembo e in corrispondenza delle pareti rocciose del Monte Bastia in località Campana e del Monte Ubione, versante meridionale.

Soliflusso

Si tratta di piccoli movimenti caratterizzanti la coltre superficiale su pendii mediamente acclivi.

15.5.2 Forme, processi e depositi legati al carsismo

Lungo i versanti carbonatici dei Monti Ubione e Bastia si rilevano porzioni areali con morfologie legate ai fenomeni carsici: doline e grotte. Si tratta di forme derivate dall'azione dissolutiva dell'acqua sotterranea sulle rocce calcaree; l'evoluzione di tali morfologie può provocare dissesti importanti sul terreno a causa di crolli sotterranei.

Dolina

Sono depressioni a contorno subcircolare e sezione conica, corrispondenti a inghiottitoi carsici.

Grotta

Sono cavità dovute all'evoluzione di forme carsiche in rocce calcaree particolarmente fessurate.

15.5.3 Forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali

Nella porzione di territorio di interesse è presente un reticolo idrografico ben sviluppato, caratterizzato da corsi d'acqua a carattere torrentizio.

I corsi d'acqua presenti lungo i versanti sono impostati direttamente in roccia e denotano una prevalente azione erosiva dell'acqua; le valli sono caratterizzate da un fondovalle generalmente inciso, con forma a V. Lungo i versanti sono visibili fenomeni legati allo scorrimento incanalato delle acque superficiali, in taluni casi con possibile trasporto di materiale, generalmente fine.

I corsi d'acqua nelle aree pianeggianti scorrono entro sedimenti granulari, sciolti.

Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia

Sono spesso riconoscibili orli di scarpata lungo le aste fluviali, legati all'azione erosiva dei torrenti che, in alcuni tratti, continuano la loro attività erosiva arrivando talora a compromettere la stabilità delle scarpate.

Ruscellamento diffuso

Si tratta di forme diffuse sottoforma di solcature del terreno causate dallo scorrimento

disordinato delle acque superficiali. Interessano in modo particolare le fasce collinari del territorio.

Ruscellamento concentrato

Sono fenomeni che avvengono in corrispondenza di acque incanalate in alvei ad elevata pendenza; le acque agiscono aumentando la solcatura del talweg con conseguente possibilità di instabilizzare le scarpate laterali. Talora il ruscellamento concentrato è associato a trasporto di materiale solido verso gli sbocchi dei torrenti.

Vallecole a fondo a "V" e "U":

Sono state classificate le vallecole sulla base della forma dell'alveo (più o meno incassato).

15.5.4 Forme, processi e depositi di origine poligenica

Sono stati definiti anche dei fenomeni poligenici in quanto generati dalla concomitanza di più fenomeni. Sono state individuate le principali linee di crinale, generalmente coincidenti con gli spartiacque superficiali.

Orlo di scarpata

Si tratta di cambi di pendenza formati a seguito del controllo strutturale operato dalle caratteristiche litologiche del substrato unitamente all'azione erosiva di vari agenti atmosferici, nonché all'azione antropica.

15.5.5 Forme, processi e depositi antropici

Sono state mappate le opere di difesa idraulica, i punti di possibile ostruzione del naturale deflusso dei corsi d'acqua, i riporti di materiale quando per estensione hanno assunto anche un significato morfologico. Sono stati sottolineati gli orli di origine antropica e i terrazzamenti agrari, questi ultimi probabilmente impostati su originarie morfologie del territorio.

Reti paramassi e consolidamenti in parete

Opere di protezione a ridosso di pareti rocciose che presentano pericolo di distacchi di blocchi si osservano lungo la strada provinciale della Valle Brembana; consolidamento di pareti in roccia, effettuato mediante la tecnica del cemento spruzzato semplice ovvero armato di rete metallica, è visibile nei pressi della località Casino.

Protezioni e difese spondali longitudinali

Si tratta di arginature ed opere di difesa delle sponde fluviali dall'erosione presenti sul territorio comunale di Villa d'Almé, in sinistra idrografica, tra le progressive chilometriche 48+160 e 47+600.

Sono individuabili due tratti arginati, uno direttamente a monte dell'area di interesse, caratterizzato da un muro arginale, con ciglio a quota pari a 254.35 m s.l.m., parzialmente scalzato al piede; il secondo, in corrispondenza della sezione 41_01, è costituito da un argine in materiale sciolto, senza protezione al paramento e con quota del ciglio di 248,6 m s.l.m..

A protezione del tratto di sponda in corrispondenza della sezione 40_01, in sinistra idrografica, sono presenti gabbionate per uno sviluppo lineare prossimo ai 170 m.

Opere interferenti

Trattasi di opere in alveo che interferiscono con il normale deflusso delle acque.

A monte della zona di studio sono presenti opere di regimazione idraulica poste trasversalmente alla direzione del corso d'acqua; trattasi di due traverse in alveo che alimentano due canali idrici in località Casino ed a monte di località Ghiaie.

Il ponte di collegamento tra gli abitati di Almenno San Salvatore e Villa d'Almé è caratterizzato da una luce minima di 16.5 m con un delta tra la quota di fondo e la quota di intradosso pari a circa 7,5 m.

Possibile ostruzione di deflusso

Si tratta di punti in cui si verificano restringimenti della sezione di deflusso degli alvei per cause naturali o antropiche; sono frequenti lungo i corsi d'acqua minori, in corrispondenza di tratti tombinati o intubati.

16 IDROGEOLOGIA

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

16.1 Struttura idrogeologica

La struttura idrogeologica nel territorio di interesse è condizionata dai rilievi prospicienti l'area pianeggiante: i depositi pleistocenici di origine prevalentemente fluvio-glaciale e fluviale poggiano su un substrato roccioso di età giurassica e cretacea, la cui morfologia ha condizionato la sedimentazione. Tali depositi sono stati successivamente incisi dai corsi d'acqua che

attualmente attraversano il territorio.

L'analisi della zona e le stratigrafie dei pozzi esistenti hanno permesso di evidenziare come la struttura idrogeologica principale sia determinata dai depositi fluviali e fluvioglaciali del Brembo; la struttura idrogeologica dei corsi d'acqua secondari è indipendente dalla struttura del fiume principale. In entrambi i casi gli acquiferi sono vincolati lateralmente dalla presenza del substrato roccioso.

Il sistema idrogeologico del Brembo, in un intorno significativo dell'area di studio, è caratterizzato dalla presenza di un primo acquicludo, di tipo freatico, individuabile nei depositi alluvionali affioranti e un secondo livello acquifero ridotto in spessore, di tipo artesiano, compreso fra il substrato roccioso e uno strato argilloso di notevole entità. La ricarica dell'acquifero avviene per infiltrazione diretta dai terreni circostanti, trattandosi di materiale grossolano discontinuamente ricoperto da terreno limoso.

Nelle valli secondarie l'andamento del tetto del substrato roccioso è articolato localmente per la presenza di morfologie sepolte (tipo paleocanyon) suturate da depositi argillosi e ghiaioso-conglomeratici; la ricarica dell'acquifero in tali casi dipende dall'andamento del substrato roccioso nelle strutture sepolte e dalla geometria dei depositi superficiali. La ricarica dell'acquifero avviene per infiltrazione diretta dalle formazioni rocciose di monte, trattandosi di litotipi a permeabilità secondaria elevata (connessa con il sistema di fratturazione e con i fenomeni di carsificazione). Lo spessore dell'acquifero (artesiano) è in stretta relazione con la morfologia sepolta in cui si sono impostate le valli secondarie.

16.2 Piezometria

Il territorio in esame è caratterizzato da diversi bacini idrogeologici indipendenti fra loro: i pozzi della zona indicano una struttura idrogeologica legata alla presenza di depositi fluvioglaciali del Brembo in località Ghiaie, l'affioramento di roccia fin dai primi metri di scavo in alcune porzioni collinari del Comune di Villa d'Almé (località Foresto II) e montane di Ubiale-Clanezzo, la presenza di morfologie sepolte (paleocanyon) con presenza di substrato profondo nelle porzioni interne dell'abitato di vila d'Almé.

Analizzando comunque i livelli piezometrici relativi ai soli pozzi ubicati nei pressi del fiume Brembo si evince che:

la soggiacenza della falda è circa 1,5 m;

il fiume Brembo è un limite idrogeologico, infatti i livelli piezometrici sono in linea con la

quota topografica dell'alveo, ciò consente di definire un'azione alimentante del fiume verso l'acquifero di subalveo;

allontanandosi dall'alveo è possibile invece che esso venga alimentato da infiltrazioni dirette da monte tramite i depositi fluvioglaciali;

l'andamento della superficie piezometrica ha presumibilmente una direzione all'incirca N-S con andamento parallelo al corso d'acqua;

l'andamento della superficie piezometrica è condizionata lateralmente dalla presenza del substrato roccioso.

16.3 Permeabilità dell'acquifero

La permeabilità dei depositi costituenti l'acquifero freatico è stata valutata sulla base di studi presenti in bibliografia. Sono state distinte le aree sulla base delle caratteristiche di permeabilità dei depositi sciolti e del substrato roccioso.

- Terreni con permeabilità da elevata a buona ($K > 0,1$ cm/sec): alluvioni ghiaiose del Brembo e dei principali corsi d'acqua. Questi terreni si rinvencono in corrispondenza della fascia alluvionale del Brembo.
- Terreni e rocce con permeabilità da buona a media ($0,001 < K \leq 0,1$ cm/sec): conglomerati; rocce calcaree, marnose, con stratificazione verticale e/o fratturazione pervasiva, talvolta carsificate.
- Terreni e rocce con permeabilità da media a scarsa ($0,00001 < K \leq 0,001$ cm/sec): riporti, depositi eluvio-colluviali e fluvioglaciali con suoli limoso-argillosi; calcari, marne, alternanze di arenarie con subordinate siltiti ed argilliti con fratturazione poco pervasiva. Tali rocce sono presenti in modo diffuso in tutto il territorio comunale.
- Terreni e rocce impermeabili ($K \leq 0,00001$ cm/sec): aree coperte dall'urbanizzazione e/o pavimentate; siltiti, argilliti, alternanze di arenarie e argilliti in strati poco inclinati e non fratturati.

Le aree urbanizzate sono prevalenti nella zona pianeggiante del territorio comunale, mentre le rocce impermeabili sono limitate e corrispondono a fasce coinvolte nelle sinclinali.

16.4 Vulnerabilità dell'acquifero

La vulnerabilità intrinseca dell'acquifero esprime la caratteristica con cui un inquinante

generico riesce a raggiungere la falda trasportato dall'acqua che contamina.

Il grado di vulnerabilità dipende essenzialmente da vari fattori:

Permeabilità della zona non satura: la protezione della falda è condizionata dallo spessore e dalla permeabilità del terreno sopra la falda e dalla presenza di suoli argillosi. Il territorio comunale è principalmente costituito da substrato roccioso di varia natura, con permeabilità intrinseca del materiale bassa e ricoperto da depositi eluvio-colluviali o di versante generalmente a matrice fine. La permeabilità in tal caso è condizionata dal grado di fratturazione e dalla struttura tettonica del substrato roccioso. Tale situazione garantisce comunque una buona protezione della falda (vulnerabilità medio-bassa). La porzione di territorio pianeggiante è costituita da depositi fluvioglaciali ricoperti da uno spessore discontinuo di terreno limoso-argilloso, che offre sufficienti garanzie di protezione, dove presente (vulnerabilità medio-bassa). L'unica situazione che risulta più vulnerabile è l'area di pertinenza fluviale costituita da depositi ghiaiosi senza terreni di copertura (vulnerabilità medio-alta).

Soggiacenza della falda: i valori di soggiacenza sono valutabili solo nel settore di competenza del Brembo avendo a disposizione i dati relativi ai pozzi presenti in tale area: il livello freatico è circa 1,5 m.

Caratteristiche idrogeologiche dell'acquiclude: l'acquifero freatico (considerando quello principale del Brembo) possiede permeabilità elevata ma è vincolato a letto da depositi argillosi che impediscono eventuali diffusioni di inquinanti; gli orizzonti acquiferi dei sistemi idrogeologici delle valli minori sono generalmente contenuti da orizzonti argillosi che ne garantiscono la protezione.

Presenza di corpi idrici superficiali: in corrispondenza della piana alluvionale del Brembo, il grado di vulnerabilità è elevato a causa della funzione alimentante del fiume rispetto all'acquifero.

17 IDROGRAFIA

Sono state individuate le caratteristiche dell'asta fluviale del Brembo e dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore nella zona di studio, in un intorno significativo della stessa. Sono state individuate le aree di esondazione del Brembo e dei torrenti secondari che caratterizzano la zona.

17.1 Fiume Brembo

Il tracciato del fiume Brembo può essere diviso in due tratti omogenei principali, montano e di pianura, in relazione alle caratteristiche morfologiche del territorio in cui si inserisce. In particolare nella porzione di pianura possono essere individuati diversi ambiti, con caratteristiche morfometriche e profili dell'alveo simili. L'area di studio si inserisce nel tratto tra Filago (km 62+150) e Villa d'Almé (km 47+460); la zona si inserisce in un contesto pianeggiante pur costituendo l'area di passaggio alla zona di monte.

Il corso d'acqua nel tratto di interesse ha un andamento monocursale e sono presenti opere di protezione longitudinale (località Ghiaie di Villa d'Almé) ed opere trasversali, traverse fluviali, realizzate a monte dell'area di studio e briglie, esistenti a valle.

L'alveo si presenta ampio, l'estensione dell'alveo di piena è prossima ai 150 m nella zona di interesse, mediamente compresa tra 100÷200 m in un intorno significativo della stessa. Sono localmente presenti barre fluviali alimentate dagli apporti di materiale da monte; sono stati evidenziali possibili fenomeni erosivi localizzati al piede della scarpata del terrazzo più interno: si evidenzia a tale proposito che, lungo parte del tratto di studio, per una lunghezza di circa 170 m, sono state realizzate gabbionate finalizzate alla difesa di una porzione di sponda sinistra.

A monte il fiume Brembo assume i caratteri di corso montano, con larghezza del full bank ridotta a 40÷70 m ove sono assenti i fenomeni erosivi delle scarpate spesso in roccia ed i sedimenti che si depositano lungo l'alveo derivano principalmente dagli apporti dei principali affluenti.

17.1.1 Determinazione delle caratteristiche granulometriche dell'alveo

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

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

Metodologia

I dati granulometrici disponibili per il tratto di interesse, sono stati ricavati da un'indagine diretta effettuata nel corso dell'anno 2002 sull'alveo del fiume Brembo. Il materiale è stato prelevato dal fondo alveo e dalle sponde, in corrispondenza della sezione di rilievo topografico "MagisPo 1992" individuata con la sigla 041_02, ubicata in località Cà Quasso del Comune di Villa d'Almé. Complessivamente, in corrispondenza della sezione indicata, trasversalmente all'alveo, sono stati prelevati ed analizzati n. 7 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.

Per il campionamento dei depositi in alveo è stato utilizzato apposito campionatore a benna.

Caratteristiche granulometriche

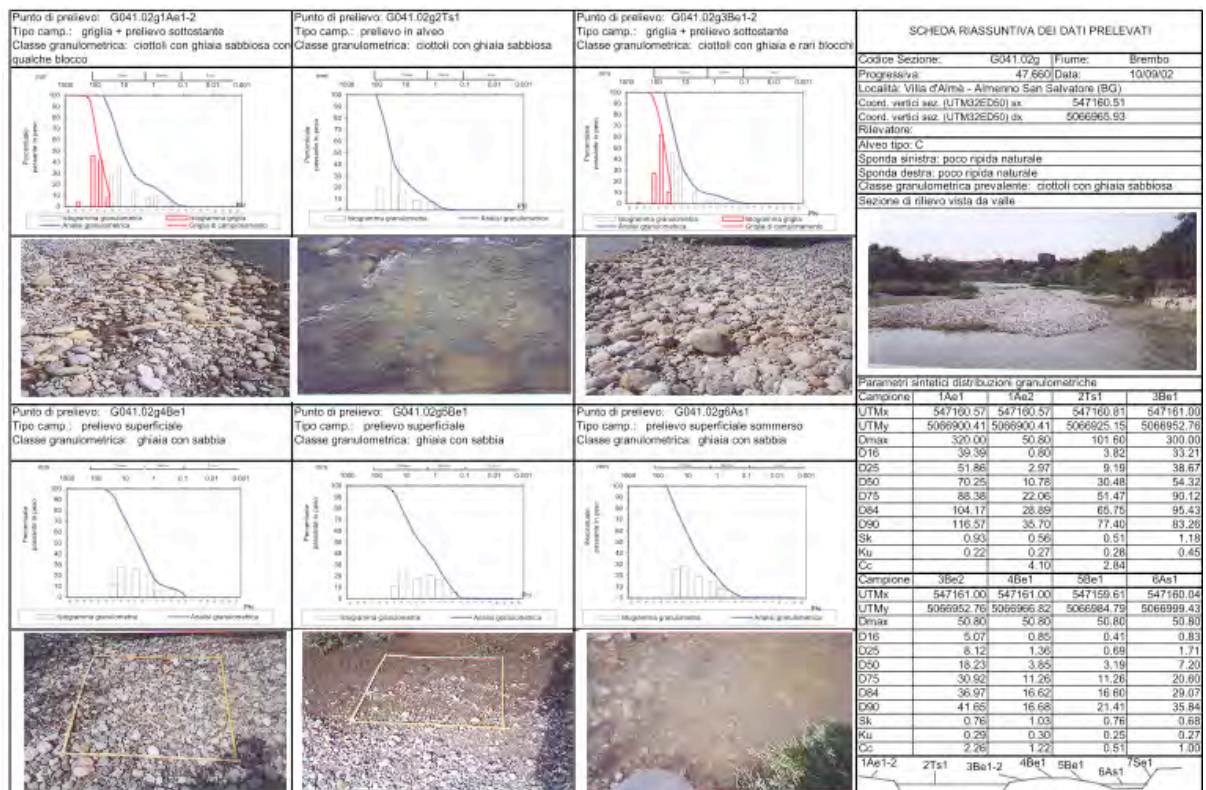
Lungo il tratto di monte del fiume Brembo, fino all'area oggetto del presente studio, il trasporto solido e le caratteristiche granulometriche dei sedimenti rinvenibili lungo l'alveo sono fortemente dipendenti dalle pendenze del fondo e dalla portata liquida, con presenza di materiale più grossolano 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 Brembo nonché all'esistenza di opere idrauliche trasversali, che influenzano le modalità deposizionali, favorendo l'accumulo di materiali fini a monte delle stesse.

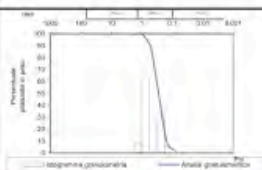


Nel tratto di studio i dati disponibili evidenziano la presenza di sedimenti prevalenti sabbiosi in sponda destra; verso l'alveo (porzione destra) aumenta la frazione grossolana, ove

anche l'analisi effettuata in tale ambito indica la presenza di ghiaia con sabbia. Lungo l'alveo attivo prevalgono nettamente i ciottoli, sia all'interno sia all'esterno dell'alveo di magra: tale caratteristica è riscontrabile lungo tutta l'asta a monte della zona di interesse; banchi di sabbia e ghiaia sono localmente presenti all'interno dell'alveo attivo. In sponda sinistra sono presenti depositi sabbiosi; nell'area di studio, per un tratto significativo, sono visibili le opere di difesa idraulica descritte nel paragrafo precedente.

I campionamenti dalla porzione d'alveo in destra idrografica e dalla barra fluviale sono stati effettuati con la metodologia della griglia regolare: è stato individuato uno strato definito "corazzato", ovvero costituito da ciottoli e ghiaie, direttamente al di sotto del quale (ad una profondità pari al diametro medio dei clasti superficiali), si ha un progressivo aumento della frazione sabbiosa unitamente a ghiaie e ciottoli di minori dimensioni.

Si riporta successivamente la scheda riassuntiva dei dati rinvenuti in Comune di Villa d'Alme', alla stazione di interesse.



<p>Punto di prelievo: G041_02g7Se1 Tipo camp.: prelievo superficiale Classe granulometrica: sabbia</p> 	<p>Punto di prelievo: Tipo camp.: Classe granulometrica:</p>	<p>Punto di prelievo: Tipo camp.: Classe granulometrica:</p>	<p>SCHEDA RIASSUNTIVA DEI DATI PRELEVATI</p> <p>Codice Sezione: G041_02g Fiume: Brembo Progressiva: 47.660 Data: 10/09/02 Località: Villa d'Almé - Almèno San Salvatore (BG) Coord. vertice sez. (UTM32E.D50): sx 547160.51 Coord. vertice sez. (UTM32E.D50): dx 5066965.93 Rilevatore: Alveo tipo: C Sponda sinistra: poco ripida naturale Sponda destra: poco ripida naturale Classe granulometrica prevalente: ciottoli con ghiaia sabbiosa Sezione di rilievo vista da valle</p> 																																																				
			<p>Parametri sintetici distribuzioni granulometriche</p> <table border="1"> <tr><td>Campione</td><td>7Se1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>UTMx</td><td>547160.51</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>UTMy</td><td>5067008.96</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dmax</td><td>2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D16</td><td>0.17</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D25</td><td>0.19</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D50</td><td>0.28</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D75</td><td>0.41</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D84</td><td>0.48</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D90</td><td>0.58</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Sk</td><td>1.00</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ku</td><td>0.26</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Cc</td><td>0.86</td><td></td><td></td></tr> </table>	Campione	7Se1			UTMx	547160.51			UTMy	5067008.96			Dmax	2			D16	0.17			D25	0.19			D50	0.28			D75	0.41			D84	0.48			D90	0.58			Sk	1.00			Ku	0.26			Cc	0.86		
Campione	7Se1																																																						
UTMx	547160.51																																																						
UTMy	5067008.96																																																						
Dmax	2																																																						
D16	0.17																																																						
D25	0.19																																																						
D50	0.28																																																						
D75	0.41																																																						
D84	0.48																																																						
D90	0.58																																																						
Sk	1.00																																																						
Ku	0.26																																																						
Cc	0.86																																																						
			<table border="1"> <tr><td>Campione</td><td>7Se1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>UTMx</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>UTMy</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dmax</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D16</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D25</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D50</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D75</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D84</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D90</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Sk</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ku</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Cc</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	Campione	7Se1			UTMx				UTMy				Dmax				D16				D25				D50				D75				D84				D90				Sk				Ku				Cc			
Campione	7Se1																																																						
UTMx																																																							
UTMy																																																							
Dmax																																																							
D16																																																							
D25																																																							
D50																																																							
D75																																																							
D84																																																							
D90																																																							
Sk																																																							
Ku																																																							
Cc																																																							
			<table border="1"> <tr><td>Campione</td><td>7Se1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>UTMx</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>UTMy</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dmax</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D16</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D25</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D50</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D75</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D84</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D90</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Sk</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ku</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Cc</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	Campione	7Se1			UTMx				UTMy				Dmax				D16				D25				D50				D75				D84				D90				Sk				Ku				Cc			
Campione	7Se1																																																						
UTMx																																																							
UTMy																																																							
Dmax																																																							
D16																																																							
D25																																																							
D50																																																							
D75																																																							
D84																																																							
D90																																																							
Sk																																																							
Ku																																																							
Cc																																																							

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

- il numero della sezione topografica (041_02);
- 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).

17.1.2 Tendenze evolutive dell'alveo e delle forme fluviali riattivabili

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

Evoluzione planimetrica

Il fiume Brembo a monte del territorio comunale di Villa d'Almé rientra nella porzione definita come "tratto omogeneo di monte" ove la valle Brembana assume la conformazione tipica degli ambiti fluviali montani con profilo a "V". Il corso d'acqua si presenta piuttosto incassato;

l'alveo, generalmente stretto, è stabile, non sono state evidenziate sostanziali variazioni dell'andamento del thalweg o della conformazione dell'alveo.

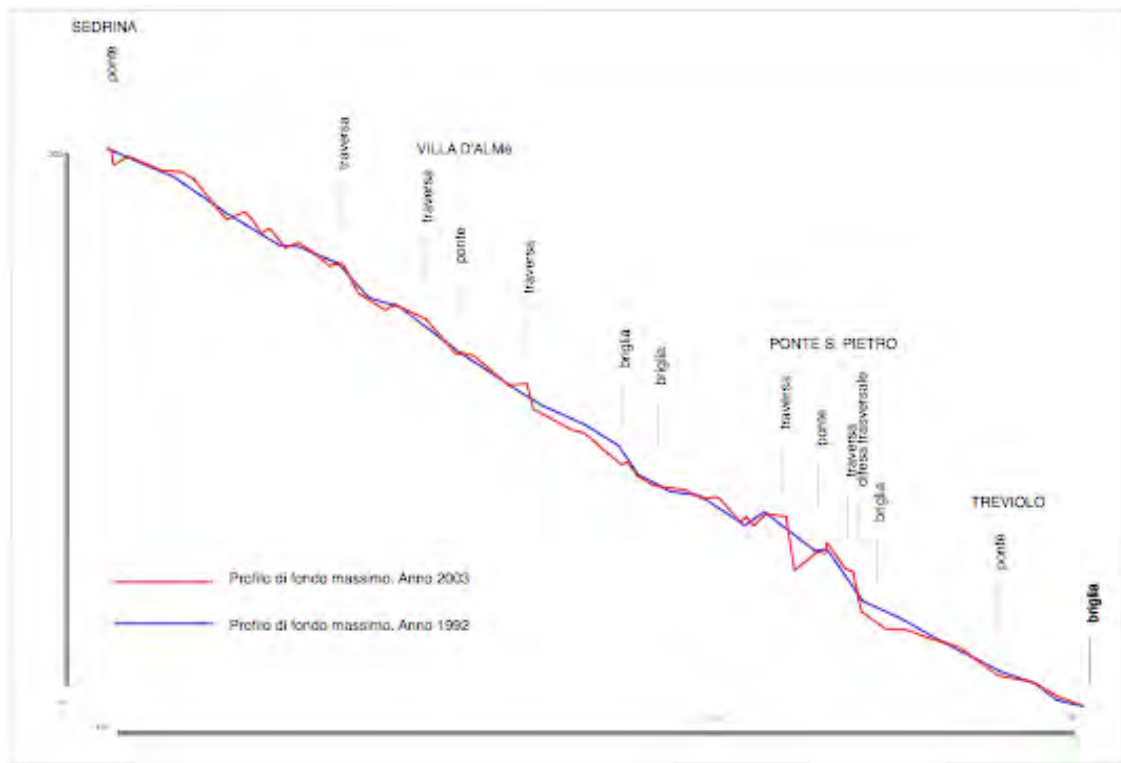
Nel tratto direttamente a monte del Comune di Villa d'Almé non si rilevano fenomeni erosivi significativi; si esclude la riattivazione di forme relitte ove lo spazio di mobilità funzionale coincide in gran parte con l'alveo di piena ordinaria attuale, ad eccezione di alcune limitate porzioni in corrispondenza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

La zona di studio rientra nella zona omogenea di pianura, ubicata direttamente a valle dell'area omogenea montana. In particolare nel tratto compreso tra Villa d'Almé e Ponte San Pietro, l'alveo presentava, fino agli anni '80, carattere di pluricursalità con tendenza alla progressiva riduzione fino all'attuale alveo monocursale.

Nel tratto a valle di Almenno San Salvatore, in località Colombaia è possibile il verificarsi di fenomeni erosivi in sponda destra, con arretramento della stessa ipotizzato in 60÷70 m nel lungo periodo. Lo spazio di mobilità funzionale in questo tratto coincide con l'attuale alveo in destra orografica mentre in sinistra si ha una situazione analoga a quella registrata a monte dell'abitato di Villa d'Almé.

Modificazioni altimetriche

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



17.2 Torrente Imagna

Il torrente Imagna è un affluente di destra del fiume Brembo, scorre lungo il confine tra i territori di Ubiale e Clanezzo e confluisce nel Brembo in località Ponte di Clanezzo.

Il torrente Imagna regola il sistema della rete di deflusso delle acque superficiali della Valle Imagna; è caratterizzato da un alveo mediamente inciso, delimitato da scarpate a medio-elevata acclività. Sono numerosi gli affluenti del torrente Imagna, caratterizzati prevalentemente da corsi d'acqua con alvei a V caratterizzati da un regime torrentizio con portate molto variabili, direttamente correlabili con gli eventi meteorologici.

Nell'ultimo tratto del suo corso, l'Imagna scorre in direzione SudEst, con andamento sinuoso ed è caratterizzato da un alveo piuttosto ampio, delimitato da scarpate stabili, impostate in versanti in roccia.

17.3 Torrente Giongo

Il torrente Giongo, confluyente del Fiume Brembo, scorre lungo il confine comunale tra i territori di Villa d'Almè e Sedrina, si origina dai versanti della Corna dell'Uomo e scorre in direzione

E-O con alveo incassato nel substrato roccioso e morfologia quasi meandriforme nel primo tratto, rettilinea nella porzione di valle, fino alla sua immissione nel Brembo, in sinistra idrografica. Trattasi di un corso d'acqua caratterizzato da un'asta con importante sviluppo lineare, alimentato da un bacino idrografico piuttosto esteso che garantisce un consistente apporto idrico.

Lo scorrimento nel tratto terminale è condizionato dalle opere di regimazione realizzate nel tempo con la finalità di diminuire la velocità delle acque e favorire la sedimentazione del materiale preso in carico dalle stesse, soprattutto in occasione di eventi di piena.

17.4 Reticolo Idrico Minore

Torrente Gaggio

Il torrente Gaggio, affluente di sinistra del Fiume Brembo, nasce dai versanti meridionali del Monte Bastia ed in parte del Monte Giacoma, in Comune di Villa d'Almé. Il suo bacino idrografico ha un'estensione limitata la cui quota massima è 597 m s.l.m.; si configura come corso d'acqua vero e proprio a partire dalla località Colle dove percorre il territorio con andamento NE-SW fino alle prime case della località Gaggio (quota 290,9 m s.l.m.): da qui il torrente è intubato e incanalato fino alla sua immissione nel Brembo in località Ghiaie, a monte dell'area di studio.

Il suo decorso, a monte di via Gaggio, è condizionato dalla litologia presente lungo i versanti: i tratti impostati sui versanti più acclivi risultano più definiti, pressochè rettilinei, con fondo a V e poco incisi; i tratti impostati nei depositi superficiali, più erodibili, sono più incassati con scarpate in materiale sciolto in condizioni di precaria stabilità.

Torrente Rino

Il torrente Rino, confluyente del Fiume Brembo, scorre all'interno dell'abitato di Villa d'Almé nella porzione di territorio fra le località Ronco Alto e Ronco Basso. Esso si origina dai versanti meridionali del Monte dei Giubilini e del Monte Giacoma, percorre il territorio con andamento NE-SW fino alle prime abitazioni della località Ronco Alto, dove è incanalato (da quota 295,7 m s.l.m.) fino al confine con Almè: da qui il torrente è intubato e coperto, attraversa il centro di Almè fino all'immissione nel Brembo in sinistra idrografica, a valle della zona di studio.

La morfologia del talweg è condizionata dalle caratteristiche litologiche dell'area: i tratti iniziali, lungo i versanti più acclivi, sono pressochè rettilinei con asta ben definita e fondo a V impostato in roccia; ove i versanti sono costituiti da spessori importanti di depositi sciolti, l'andamento del torrente Rino si articola, si generano delle scarpate più incise e talora in condizioni di precaria stabilità.

Torrente Armisa

La valle Armisa attraversa l'abitato di Almenno San Salvatore in direzione NordOvest-SudEst, ospita un corso d'acqua a carattere torrentizio, caratterizzato da un alveo a tratti piuttosto incassato e direttamente impostato in roccia; ove i versanti sono costituiti da depositi sciolti, l'andamento del torrente si articola, si individuano cambi di direzione e porzioni di scarpata localmente instabili.

Il torrente confluisce nel fiume Brembo a valle dell'area di interesse in Comune di Almenno San Bartoloneo.

18 CARATTERI NATURALSTICI ED USO DEL SUOLO

18.1 Vegetazione

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

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

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

terrazzi più elevati, sommersi solo in caso di eventi di piena eccezionale, compaiono le formazioni arboree ripariali aperte e degradate, a dominanza di robinia pseudoacacia e populus nigra.

18.1.1 Sponda destra

Nella porzione territoriale presa in esame (dall'abitato di Ubiale-Clanezzo fino a valle di località Ghiaie in comune di Villa d'Almé), le formazioni naturali sono costituite prevalentemente da piccoli nuclei di saliceti arbustivi di greto, in associazione con formazioni degradate di salix alba e populus nigra, poste a quote leggermente superiori.

Lungo i versanti più acclivi presenti nel tratto tra i comuni di Sedrina e Villa d'Almé, si individuano coperture arboree a dominanza di ostrya carpinifolia e fraxinus ornus, tipici dei versanti freschi, alternati a quercus pubescens prevalenti sui pendii sud-vergenti, maggiormente assolati e caldi.

Le formazioni naturali appaiono frammentate in relazione all'espansione antropica verificatasi lungo l'alveo.

18.1.2 Sponda sinistra

In analogia con la sponda destra, le formazioni riparie sono costituite da piccoli nuclei di saliceti arbustivi di greto cui sono frequentemente associate formazioni degradate a salix alba e populus nigra.

Sui versanti acclivi si individuano formazioni il cui corteggio flogistico mostra una condizione di passaggio da specie tipiche di versanti nord-vergenti (ostrya carpinifolia e fraxinus ornus) a formazioni caratteristiche di versanti maggiormente assolati (quercus pubescens).

18.2 Uso del suolo

L'analisi dell'uso del suolo evidenzia una condizione di organizzazione del territorio prevalentemente naturale nel tratto a monte dell'abitato di Villa d'Almé: le fasce fluviali sono infatti costituite da sponde a media ed elevata acclività ove è trascurabile lo sfruttamento antropico.

Segni di alterazione del territorio sono più marcati nella porzione meridionale dell'abitato di Villa d'Almé, determinata principalmente dalle modificazioni subite dalle aree a stretto contatto con la fascia riparia fluviale, a seguito dell'espansione di impianti industriali e nuclei residenziali.

18.2.1 Sponda destra

La sponda destra del fiume Brembo nel tratto di interesse è caratterizzata da un uso

complesso, misto tra residenziale, produttivo e naturale. Aree boscate sono presenti sul territorio comunale di Ubiale-Clanezzo; verso sud sono invece prevalenti insediamenti produttivi. Le formazioni naturali sono poi presenti in nuclei isolati, in prossimità dell'alveo attivo tra i Comuni di Almenno San Salvatore e San Bartolomeo.

18.2.2 Sponda sinistra

Nel tratto di monte le formazioni naturali sono presenti con nuclei significativi, più frammentati rispetto alla situazione osservata in sponda destra. Un maggiore impatto antropico è evidente nella porzione meridionale, ove si individuano gli insediamenti residenziali e produttivi di Villa d'Almé.

ANALISI IDROLOGICA

Nel presente paragrafo vengono descritte le elaborazioni effettuate ed i principali risultati ottenuti dalle attività di analisi idrologica svolte nell'ambito del bacino del fiume Brembo, per la valutazione delle portate di massima piena attese nella zona di interesse, ubicata in località Ghaie del Comune di Villa d'Almé. Le attività idrologiche hanno avuto come base di partenza le stime delle portate di piena effettuate dall'Autorità di bacino negli studi idrologici condotti per la redazione del PAI e dai successivi aggiornamenti ed approfondimenti riportati dallo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda" redatto a cura dell'Autorità di bacino del fiume Po e completato nel corso dell'anno 2006.

In particolare, sono state riportate le determinazioni delle portate al colmo massime annuali aventi 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 del rischio idraulico.

19 DATI IDROLOGICI

Lungo l'asta del Fiume Brembo ha operato con una buona continuità la stazione idrometrica di misura di Ponte Briolo, posta in corrispondenza della località Briolo, in prossimità dell'abitato di Brembate di Sopra. Il bacino imbrifero sotteso ha un'estensione di circa 765 km², con un'altitudine massima di 2.914 m.s.l.m., l'altezza media del bacino è pari a circa 1.140 m.s.l.m.

La serie storica disponibile ed utilizzata, si compone delle osservazioni dei massimi annuali della portata al colmo per il periodo dal 1950 al 1977, escluso il 1974, per un totale di 26 anni di osservazione. Successivamente anche tale serie è stata validata e ne sono state effettuate ampie integrazioni in base alle informazioni rese disponibili dalla raccolta dei tracciati idrometrografici delle principali piene verificatesi durante il periodo di osservazione.

Il regime dei deflussi del fiume Brembo, nella porzione a monte del Comune di Villa d'Almé, 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.

20 PORTATE AL COLMO DI PIENA NELLE SEZIONI DI INTERESSE

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.

La portata media annua nel trentennio 1940-1970 è stata di $31 \text{ m}^3/\text{sec}$, tale portata scende fino a $8 \text{ m}^3/\text{s}$, mediamente, nei periodi di magra; dalle registrazioni disponibili si ricavano valori delle portate al colmo delle massime onde di piena annuali compresi tra 206 e $908 \text{ m}^3/\text{sec}$.

In particolare per il calcolo della portata alla stazione di chiusura in località Ponte di Briolo, 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 esumibili dalla raccolta dati sugli idrogrammi di piena storici (previo accurato controllo dell'attendibilità degli stessi) e da quella svolta con specifico riferimento alle portate massime annuali.

Nella valutazione delle condizioni di rischio idraulico in località Ghiaie del Comune di Villa d'Almé, sono stati cautelativamente utilizzati i valori di portata al colmo con tempo di ritorno pari a 200 anni calcolati nel capitolo "definizione delle portate di piena di riferimento" parte integrante dello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda". Il confronto tra le stime delle portate al colmo ottenute nel citato studio e quelle adottate nell'ambito del PAI, evidenzia infatti alcune differenze: le portate del 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
1130 m ³ /s	1594 m ³ /s

Gli involuppi delle quote del pelo libero e le caratteristiche idrauliche della corrente, hanno permesso di calcolare la quota del pelo libero dell'acqua alle diverse progressive, lungo l'asta del fiume Brembo.

ANALISI IDRAULICA

21 PREMESSA

Le condizioni di rischio idraulico nell'area di interesse sono state valutate a partire dalle caratteristiche morfologiche del tratto d'area in località Ghiaie di Villa d'Almé, tenuto conto dei dati idrometrici ottenuti per la porzione d'asta fluviale di interesse.

La morfologia della zona è stata ricostruita mediante realizzazione di un rilievo topografico di dettaglio, a partire dal quale sono state redatte alcune sezioni trasversali all'alveo, utilizzate per le successive valutazioni idrauliche.

22 RILIEVO TOPOGRAFICO

Il rilievo topografico, eseguito a cura del Geom. Alberto Milesi, iscritto all'Albo del Collegio dei Geometri della provincia di Bergamo col n. 2477, ha riguardato il tratto d'alveo del fiume Brembo a valle del ponte di collegamento tra gli abitati di Villa d'Almé ed Almenno San Salvatore, fino al confine tra i Comuni di Villa d'Almé ed Almé. Sono state rilevate l'asta fluviale e le aree circostanti, per un tratto significativo.

Il rilievo è stato eseguito per una planimetria in scala 1:1000, con restituzione grafica in forma numerica; l'elevato dettaglio dello stesso ed il cospicuo numero di punti battuti ne consentono una restituzione anche in scala 1:500. Sono stati rilevati tutti gli elementi caratteristicamente significativi presenti sul territorio, ed in particolare: fabbricati, muri, recinzioni, strade e marciapiedi, manufatti, tralicci, limiti dei terreni boscati, canali, vallette, scarpate, argini naturali e artificiali.

Facendo stazione sul caposaldo n. 033621 della Regione Lombardia, posto in comune di Almenno San Salvatore, appartenente alla rete di raffittimento dei punti trigonometrici nazionali dell'Istituto Geografico Militare, è stato possibile osservare il trigonometrico del Santuario di Sombrero in comune di Paladina. Ciò ha permesso di orientare il rilievo a Nord e quindi, utilizzando le coordinate piane dello stesso caposaldo di stazione, secondo il sistema UTM-WGS84 e la relativa quota s.l.m., è stato possibile referenziare il rilievo alla Carta Tecnica Regionale.

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"

La poligonale è stata effettuata con stazioni a centramento forzato e letture coniugate; la misura delle distanze di ciascun lato è stata ripetuta minimo tre volte da ciascun vertice (andata e ritorno). Grazie alla strumentazione utilizzata, all'accurata esecuzione delle misure e messa in

stazione dello strumento e dei prismi riflettori, è stato possibile ottenere una precisione stimabile nell'ordine di cm 3,0 per Km, ampiamente inferiore ai limiti di tolleranza, calcolati con le formule consuete.

L'area rilevata è compresa nel raggio di 1000 m dal caposaldo di appoggio ed ha una superficie di circa 315.000 m². Sono state ricavate alcune sezioni trasversali rispetto all'andamento del fiume, restituite in scala 1:1.000 (longitudinalmente) ed in scala 1:200 (altimetricamente), realizzate ad una distanza di circa 80 m tra di loro.

23 SIMULAZIONI IDRAULICHE NELLE SEZIONI DI INTERESSE

In fase di esecuzione del rilievo topografico di dettaglio della zona, sono state rintracciate le medesime sezioni utilizzate dall'Autorità di Bacino del fiume Po per la definizione delle fasce fluviali del PAI, implementando le stesse con sezioni intermedie che consentissero di ottenere una discreta e rappresentativa copertura dell'area.

In particolare sono state utilizzate le sezioni di riferimento PAI individuate con le sigle:

041_01

041

040_01

040

039;

implementate da alcune sezioni intermedie, indicate con le sigle, da monte verso valle:

E

D

C

B

A



Tratto d'alveo di interesse – Viste monte e valle

23.1 Livelli idrici al colmo di ciascuna sezione di calcolo ($Tr=200$ anni)

I livelli idrici al colmo delle sezioni per tempi di ritorno $Tr=200$ anni, sono stati calcolati nello Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo, nel tratto di interesse, per le sezioni considerate. La modellizzazione idraulica tiene conto delle caratteristiche morfometriche delle aree di interesse, degli apporti idrici da parte di corsi d'acqua tributari, dei caratteri morfologici, litologici ed idraulici del tratto di fiume considerato:

Sezione (codice)	Quota del pelo libero (m)	Portata al colmo (m ³ /s)	Velocità media (m/s)
041_01	247.53	1529.71	5.94
041	247.33	1532.16	4.33
040_01	246.18	1536.46	2.78
040	245.31	1541.74	2.68
039	243.61	1546.78	5.23

La quota del pelo libero dell'acqua nelle sezioni integrative redatte (A, B, C, D, E), è stata ricavata ragguagliando i livelli idrici calcolati sulle sezioni PAI; sono state ottenute le quote successivamente indicate:

Sezione (codice)	Quota del pelo libero (m)
E	246.9
D	246.5
C	245.96
B	245.7
A	245.5

23.1.1 Individuazione aree esondabili (Tr=200 anni)

L'individuazione della quota del pelo libero dell'acqua riferito ad eventi di piena con tempo di ritorno Tr=200 anni, riferito a sezioni realizzate lungo il tratto d'asta fluviale di studio con interasse di circa 80 m, ha consentito di individuare le aree potenzialmente esondabili in occasione di eventi di piena eccezionali.

Il rilievo topografico dettagliato della zona, con particolare attenzione per le arginature e le quote delle sponde fluviali in sinistra idrografica, ha consentito di verificare la presenza di eventuali punti critici di possibile tracimazione delle acque.

A partire dal ponte di collegamento tra gli abitati di Villa d'Almé ed Almenno San Salvatore, l'alveo attivo del fiume Brembo è delimitato da un scarpata fluviale con sviluppo altimetrico pari a circa 3 m; segue un'area verde, caratterizzata da una quota digradante da monte a valle, dalla quota di 247 m s.l.m. a 246 m s.l.m., raccordata verso est tramite una scarpata ad una zona residenziale edificata. La zona a verde è attraversata da un rilevato in terra con sviluppo longitudinale di 210 m, larghezza variabile tra 8÷5 m al piede, compresa tra 2÷0,5 m alla sommità ed altezza media di 1 m rispetto alla superficie retrostante. Le caratteristiche costruttive del

rilevato, con particolare riferimento alla ridotta larghezza, non consentono di considerarlo una valida opera di difesa e contenimento di eventuali eventi di piena. Alla luce di quanto sopra, come possibile osservare dalla cartografia allegata (Tav. 2), la zona definita come area verde è in buona parte soggetta ad esondazione diretta da monte per eventi calcolati con tempi di ritorno pari a 200 anni.

A valle del tratto descritto, il fiume Brembo riceve le acque dello scolmatore del canale di alimentazione della centrale elettrica del Linificio e Canapificio Nazionale (derivata a monte), unitamente alle acque provenienti dal torrente Gaggio: il possibile innalzamento del livello idrico del fiume Brembo causa un inversione della direzione di flusso dall'alveo verso l'interno, a risalire per un tratto lungo il canale ed il letto del torrente Gaggio. Considerate le quote rilevate lungo il tracciato del canale, si evidenzia come un fenomeno di rigurgito delle acque possa causare l'allagamento di una ristretta porzione di territorio a monte dello stesso, fino alle quote di 246,2 m s.l.m. (ad interessare una parte dell'area verde); non è stata individuata una possibile esondazione verso valle, all'interno dell'area di pertinenza del Linificio e Canapificio Nazionale.

Nell'area a sud, indicativamente compresa tra le sezioni di riferimento 040_01 ed A, l'alveo di piena ordinaria del fiume Brembo è delimitato, in sinistra idrografica, da una scarpata fluviale con sviluppo altimetrico compreso tra 5÷6 m, ad est della quale si sviluppa un'area industriale, sita su di un'area subpianeggiante, debolmente digradante verso sud. La zona produttiva è delimitata da un muretto e relativa recinzione.

Una parte dell'area descritta (compresa tra le sezioni di riferimento 040_01 e B), è stata interessata in passato da interventi di difesa spondale mediante realizzazione di una gabbionata con sviluppo longitudinale pari a circa 165 m.

Il confronto tra le quote topografiche del sito ed il livello di massima piena raggiungibile dalle acque, calcolato a partire da eventi con $T_r=200$ anni e variabile tra 246.18 m e 245.5 m s.l.m. a seconda dei tratti considerati, consente di escludere l'allagamento della zona industriale in caso di piena, tuttavia il franco evidenziato tra la quota di massima piena (quota massima dell'acqua calcolata per le sezioni di interesse a partire dai dati di portata della piena duecentennale), è talora ridotto a pochi decimetri, come ben rappresentato dalle sezioni C e B in corrispondenza delle quali, in caso di piena, le acque possono giungere a lambire il muro perimetrale dell'insediamento industriale del Linificio e Canapificio Nazionale.

La parte meridionale della zona di studio, compresa tra le sezioni 040 e 039, è caratterizzata dalla presenza di un alveo di piena ordinaria del fiume Brembo individuato, in sinistra idrografica, da una scarpata fluviale con sviluppo verticale medio pari a 3.5 m, impostata nei depositi alluvionali. L'area adiacente, attraversata dal canale di restituzione delle acque derivate dal Brembo, si trova parzialmente ad una quota altimetrica prossima ai 244 m s.l.m., inferiore al livello di massima piena calcolato in tale tratto fluviale, compreso tra 245 m e 243.6 m s.l.m. Tale superficie, non edificata ma sede di un'area di concessione mineraria e di due pozzi per l'emungimento di acqua minerale naturale, può essere soggetta ad allagamenti, come evidenziato nella planimetria allegata alla presente.

In destra idrografica il versante in roccia è caratterizzato da pendenze significative, la scarpata fluviale raccorda il fondovalle con la quota media di 270 m s.l.m., ove sorge l'abitato di Almenno San Salvatore: eventuali eventi esondivi interesserebbero esclusivamente aree a verde, nel tratto di corso d'acqua verificato.

23.2 Livelli idrici +50 cm, +70 cm, +100 cm

A partire dai livelli di piena calcolati con $T_r=200$ anni, sono stati ipotizzati livelli idrici maggiori rispetto a quelli di riferimento (200 anni) di 50 cm, 70 cm e 100 cm, per ciascuna sezione. E' stato altresì ipotizzato che le caratteristiche idrauliche ed il moto nel tratto di corso d'acqua di interesse si mantenessero costanti al variare della portata.

Tale ipotesi, resa graficamente nella planimetria e sezioni allegate, ha permesso di individuare con chiarezza nei diversi punti di indagine, il franco esistente allo stato attuale tra livelli idrici e quote topografiche.

23.2.1 Individuazione aree esondabili

Sulla base delle simulazioni effettuate (livelli idrici aumentati da 50 cm a 100 cm), sono state individuate le aree la cui quota topografica è posta al di sotto dei nuovi livelli idrici. In particolare il risultato della verifica topografica evidenzia come, per livelli +50, la scarpata fluviale e le opere di difesa spondale perimetrali all'insediamento industriale siano insufficienti al contenimento della piena. La zona produttiva verrebbe parzialmente sommersa da livelli decimetrici di acqua. Aumentando la quota dell'acqua come indicato, sono potenzialmente

allagabili anche le aree a nord della zona di studio, site lungo via Gotti.

Le ipotesi fatte a partire dai livelli +70 e +100 cm indicano l'allagamento delle zone di cui sopra, soprattutto di buona parte del sito occupato da Linificio e Canapificio Nazionale, coinvolgendo oltre la metà degli edifici presenti, come ben evidenziato nella planimetria allegata.

24 DEFINIZIONE DEL GRADO DI RISCHIO IDRAULICO

La valutazione del rischio idraulico per l'area di studio ha permesso di verificare le superfici potenzialmente allagabili considerando piene straordinarie con tempi di ritorno pari a 200 anni, nelle condizioni morfologiche e topografiche attualmente riscontrate nella zona di interesse, in un intorno significativo della stessa.

Il calcolo dei livelli di massima piena ricavati per le sezioni di interesse (Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda) ha permesso di evidenziare, a partire da un rilievo topografico dettagliato, le superfici potenzialmente soggette ad allagamento.

Quanto specificato nel precedente paragrafo evidenzia un reale rischio di esondazione esclusivamente sulle superfici a monte e valle della zona di studio, attualmente a verde ovvero sede di concessione mineraria per lo sfruttamento di acque minerali naturali. In particolare la porzione areale a nord, direttamente a valle del ponte di collegamento tra gli abitati di Villa d'Almé ed Almenno San Salvatore, può essere parzialmente sommersa da un battente massimo d'acqua di 0,80 m (si ricorda che non è stata considerata la possibile azione protettiva del rilevato esistente, parallelo al corso del fiume Brembo); non è stata stimata la velocità dell'acqua di esondazione, si evidenzia comunque che, in relazione alla presenza di opere trasversali di restringimento dell'alveo, in tale zona la velocità media delle acque nel centro dell'alveo è elevata (dell'ordine dei 5 m/s).

La porzione areale a sud può essere interamente sommersa da un battente massimo d'acqua che può superare i 2.0 m; non è stata stimata la velocità dell'acqua di esondazione che, nella zona di interesse, considerata la larghezza dell'alveo e l'assenza di opere in alveo, può presentarsi notevolmente ridotta rispetto alla zona di monte, ove anche la velocità media in alveo in occasione di eventi di piena è inferiore a 3 m/s.

Le aree descritte sono da ritenersi soggette a rischio idraulico molto elevato; in particolare, come individuato nella parte normativa, è stato attribuito un grado di rischio R4.

La porzione areale sede dell'insediamento industriale (Linificio Canapificio Nazionale) non è invece soggetta ad allagamenti in caso di eventi di piena con $T_r=200$ anni: le acque si mantengono al limite esterno dell'area produttiva, il franco tra il livello idrico e la quota topografica della zona è talora piuttosto ridotto, dell'ordine di pochi decimetri.

L'area non è soggetta a rischio idraulico ovvero rientra nella classe di rischio "inferiore" rispetto alle possibili casistiche offerte dalla legislazione vigente per zone in fascia fluviale A del PAI, è stato pertanto attribuito un grado di rischio R3.

Sulla base dei risultati ottenuti anche in seguito alla simulazione che ha previsto livelli idrici maggiori rispetto a quelli calcolati con $T_r=200$ anni (+50, +70, +100 cm), è stata redatta un'ipotesi progettuale di intervento nella zona, illustrata nel capitolo sull'assetto di progetto.

24.1 Funzionalità dell'alveo ordinario

Le valutazioni sul grado di rischio nella zona di studio sono state effettuate partendo dal presupposto che, nel tratto di interesse, la tendenza del fiume Brembo a divagare planimetricamente ed a spostarsi verticalmente a seguito di fenomeni di erosione e deposito di sedimenti sia trascurabile, come analizzato nel dettaglio nel paragrafo riferito alle tendenze evolutive dell'alveo. Le analisi geomorfologiche svolte hanno infatti evidenziato che la tendenza allo spostamento planimetrico dell'alveo del fiume Brembo è da ricercarsi nella zona di pianura (oltre il km 55,00), compatibilmente con l'allargamento della valle e la diminuzione delle pendenze. Relativamente alla tendenza dell'alveo allo spostamento altimetrico, i dati disponibili hanno evidenziato come la quota di fondo alveo, nel tratto di interesse, si sia mantenuta costante nel periodo di osservazione disponibile (paragrafo 17.1). La quota del fondo alveo, così come gli eventi deposizionali ed erosivi sono in parte controllati e regolamentati dalla presenza di traverse a monte.

24.2 Funzionalità dell'opera di difesa spondale esistente

Lungo la sponda sinistra del fiume Brembo, in corrispondenza dell'insediamento industriale del Linificio Canapificio Nazionale è stata realizzata da circa un decennio una gabbionata a protezione del tratto arginale.

L'opera, che si estende per una lunghezza di 165 m, risulta adeguata dal punto di vista funzionale e strutturale: non si sono verificati negli anni di esercizio fenomeni di scalzamento al piede, l'opera si presenta integra lungo tutto il suo tracciato.

Dal punto di vista idraulico l'opera presenta il ciglio superiore a quota maggiore rispetto al livello di piena duecentennale in quasi tutto il suo sviluppo longitudinale. Fa eccezione un breve tratto, a circa 50 m dall'inizio della gabbionata, ove la quota dell'opera di difesa sponale è di poco inferiore al livello di piena. In tal caso, l'acqua eventualmente presente (con spessori centimetrici) arriverebbe a lambire il muro perimetrale al Linificio.

Sulla base delle valutazioni di cui sopra è possibile affermare che, dal punto di vista idraulico, sono garantite le condizioni di sicurezza dell'area industriale allo stato attuale dei luoghi; il franco misurato rispetto al livello di piena, ove presente, risulta essere di ordine decimetrico.

24.3 Tratti non arginati

Come indicato nei paragrafi precedenti, i tratti attualmente non arginati posti alle estremità settentrionale e meridionale dell'area di intervento non risultano idraulicamente verificati nelle ipotesi effettuate considerando altezze del livello idrico pari a +50 cm, +70 cm e +100 cm. In particolare la porzione meridionale è allagabile anche in caso di eventi di piena con $Tr=200$ anni.

Il tratto di scarpata nella porzione settentrionale, si presenta strutturalmente ben conservato; la funzionalità della scarpata è verificata nelle attuali condizioni morfologiche della zona.

Le aree non risultano idraulicamente compatibili con le attuali quote topografiche, come visibile dalla cartografia allegata.

IPOTESI PROGETTUALE

25 INTERVENTI PREVISTI

Gli interventi previsti, a carattere locale, sono di tipo passivo, ovvero volti al contenimento dei livelli di piena calcolati con tempo di ritorno di 200 anni, considerando un franco di 1 m.

Il progetto di contenimento dei livelli di piena in corrispondenza di un tratto di sponda sinistra del fiume Brembo avrà contemporaneamente funzione di:

- protezione delle strutture sovrastanti (impianti produttivi esistenti nella zona da decenni);
- protezione dall'erosione spondale anche nel caso di portate di piena consistenti;
- mantenimento delle residue aree di fondovalle destinate al deflusso del corso d'acqua in occasione di eventi di piena, garantendo contestualmente la protezione dei centri abitati e delle infrastrutture esistenti;
- mantenimento delle attuali caratteristiche idrauliche del fiume Brembo.

25.1 Descrizione opere da realizzare

È prevista la rimodellazione con sopralzo del tratto di arginatura già esistente in sponda sinistra nella zona di cui trattasi, il suo prolungamento verso valle a integrare la protezione da esondazione diretta dell'area con insediamenti produttivi, e la realizzazione di arginature "di risvolto", a monte, in sponda sinistra del confluyente minore torrente Gaggio, e a valle, in fregio all'area verde di possibile espansione idraulica in caso di piena, a protezione da esondazione indiretta della stessa area con insediamenti produttivi.

La rimodellazione, il sopralzo e la nuova costruzione di argini avranno uno sviluppo complessivo longitudinale di 550 m circa, con altezze dal piede delle scarpate al coronamento d'argine comprese tra 2,50 m e 7,00 m.

Le caratteristiche costruttive delle arginature saranno le seguenti.

Per l'arginatura in sponda sinistra del Brembo: rilevato in tout-venant, steso per strati regolari e via via ben compattati, e contemporanea formazione di rivestimento della scarpata lambita dal flusso idraulico mediante mantellata a scogliera di massi ciclopici in roccia da cava, idoneamente selezionati e giustapposti a secco senza impiego di calcestruzzo. La pendenza della scarpata sarà di circa $30\div 35^\circ$. La mantellata avrà un gradone intermedio e un gradone sommitale

alla quota del massimo livello di piena Tr200, utili anche per la manutenzione della vegetazione arbustiva riparia. Dalla sommità della mantellata al coronamento dell'argine a quota +100 cm rispetto al livello di piena Tr200 la scarpata sarà finita a prato eventualmente piantumabile.

Per le arginature "di risvolto": rilevato in tout-venant, steso per strati regolari e via via ben compattati, scarpata con pendenza di circa $30\div 35^\circ$ stabilizzata mediante impiego di geostuoie, idrosemina e piantumazione di idonea vegetazione arbustiva riparia.

Come già detto il coronamento di tutte le arginature è da prevedersi a quota +100 cm rispetto al livello di piena Tr200, realizzandosi pertanto un franco di sicurezza di 1 m rispetto al tirante idraulico della massima piena statisticamente prevedibile con tempo di ritorno di 200 anni.

Le sezioni d'argine avranno una larghezza minima al coronamento di 6 m per l'arginatura principale in sponda sinistra del Brembo con strada di servizio al coronamento e di 3 m per i tratti di arginatura principale senza strada di servizio e per le arginature di risvolto.

25.2 Computi metrici estimativi

Di seguito sono riportati i computi metrici estimativi delle opere sopraddette, nelle due ipotesi di realizzazione e di non realizzazione della strada di servizio. Le stime sono da intendersi riferite alla suesposta ipotesi progettuale e quindi di massima.

25.3 Funzionalità idraulica

Le arginature in rilevato, dimensionate come indicato nel paragrafo precedente, garantiscono il contenimento delle piene con tempi di ritorno di 200 anni, con un franco di sicurezza di 1 m. L'arginatura principale, orientata parallelamente alla direzione di deflusso delle acque, non ha carattere interferente: l'opera non interviene a modificare le condizioni idrauliche del corso d'acqua né ad interdire un'area di espansione delle acque in caso di piena. Il rilevato ha la funzione di garantire un franco di sicurezza rispetto ad un livello idrico che, già alle attuali condizioni morfologiche, non provoca esondazione e allagamento dell'area sede dell'insediamento industriale del Linificio e Canapificio Nazionale e della Tintoria Bergamasca. Si ritiene opportuna l'esecuzione dell'opera in relazione alla elevata vulnerabilità dell'area sottesa.

25.4 Funzionalità idraulica

Il rilevato, dimensionato come indicato nel paragrafo precedente, garantisce il contenimento delle piene con tempi di ritorno di 200 anni, con un franco di 1 m. Il rilevato, parallelo alla direzione di deflusso delle acque, non ha carattere interferente: l'opera non interviene a modificare le condizioni idrauliche del corso d'acqua, non interviene ad interdire un'area di espansione delle acque in caso di piena. Il rilevato ha la funzione di garantire un franco di sicurezza rispetto ad un livello idrico che, alle attuali condizioni morfologiche, non allaga la zona del linificio. Si evidenzia che l'esecuzione dell'opera si ritiene opportuna in relazione alla elevata vulnerabilità dell'area sottesa.

Nella porzione meridionale dell'area di studio, in corrispondenza dello scarico del canale proveniente dalla zona produttiva, la presenza di un muro continuo, oggetto negli anni di successivi interventi di innalzamento, garantisce la continuità del franco di 1 m fornito dall'arginatura di progetto nei confronti dell'area produttiva stessa.



Tratto di canale in uscita dalla zona industriale – muro perimetrale di protezione

NORMATIVA

26 VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

La porzione territoriale oggetto della presente valutazione del rischio idraulico, è perimetrata all'interno del centro edificato del Comune di Villa d'Almé ed è inserita in fascia A del PAI. 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.

Le risultanze dell'analisi del rischio idraulico effettuata nella zona di interesse hanno evidenziato che l'area sita in località Ghiaie nel Comune di Villa d'Almé, nella porzione attualmente occupata da un insediamento industriale, non è sottoposta a fenomeni esondivi. Le superfici direttamente a monte ed a valle della stessa possono essere soggette ad allagamenti che per altezza media dell'acqua attesa e velocità della stessa potrebbero, almeno parzialmente, rientrare in classe di fattibilità 3, secondo lo schema riportato nei criteri attuativi L.R. 12/05 per il governo del territorio, allegato 4 – fig. 4 "Livello di pericolo di aree inondabili". Cautelativamente tali aree sono state indistintamente perimetrate in classe di rischio R4.

Alla luce di quanto sopra, sulla base di valutazioni di compatibilità idraulica e del differente livello di pericolosità, l'area di interesse è stata perimetrata parzialmente in classe di rischio R3 ed in parte in classe di rischio R4; si specifica a tale proposito che, anche per la zona non allagabile, non è possibile applicare una classe di rischio (e conseguentemente di fattibilità) inferiore alla R3,

essendo l'area individuata in fascia A del PAI.

Le aree oggetto del presente studio idraulico restano perimetrale all'interno della fascia "A" definita dal PAI, trattandosi però di superfici che rientrano all'interno del centro edificato, ove le condizioni di rischio idraulico verificate sono compatibili con l'urbanizzazione, la classe di fattibilità geologica per le azioni di piano prevista dallo studio geologico di supporto al P.R.G. comunale adottato dal Comune di Villa d'Almé viene modificata come segue:

Aree a rischio R3: la fattibilità geologica varia da "Classe 4a I – fattibilità con gravi limitazioni" a "Classe R3 – fattibilità con consistenti limitazioni";

Aree a rischio R4: la fattibilità geologica resta individuata come "Classe 4a I – fattibilità con gravi limitazioni".

27 CLASSE DI RISCHIO R3

27.1 Definizione

Sulla base della definizione introdotta dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, si individua con la sigla R3 un'area a rischio idraulico e/o idrogeologico elevato, per la quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale.

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 R3 possono ritenersi compatibili con l'urbanizzazione a seguito della realizzazione di opere di mitigazione del rischio o mediante accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile ed immediata evacuazione dell'area da parte di persone e beni mobili.

27.2 Prescrizioni

Sulla base delle indicazioni contenute nei Criteri attuativi L.R. 12/05 per il governo del territorio, nella classe di fattibilità 3R, definita in seguito alla redazione del presente studio idraulico, per gli interventi di nuova edificazione, ampliamento e ristrutturazione edilizia è fatto obbligo di:

- realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici (qualora non compatibili) e dei depositi e magazzini, sopraelevate rispetto alla piena di riferimento, considerando cautelativamente un franco di 0,5 m ($T_r = 200$ anni);
- realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena, a tenuta stagna;
- disporre gli ingressi agli edifici in modo che l'apertura degli stessi 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 vie di evacuazione poste sopra il livello della piena di riferimento;
- 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.

In conformità con quanto previsto per le aree ad elevata pericolosità per esondazione, individuate dal PAI, in classe R3 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, ei fattori incompatibili, di interferenza antropica;

- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purchè 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, in classe R3 è comunque possibile la realizzazione di tutti gli interventi previsti agli artt. 29 e 39 delle NtA del PAI (riportati nel successivo capitolo).

In classe R3 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.

28 CLASSE DI RISCHIO R4

28.1 Definizione

Sulla base della definizione introdotta dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, si individua con la sigla R4 un'area a rischio idraulico e/o idrogeologico molto elevato, per la quale sono possibili la perdita di vite umane, lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici ed alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale, la distruzione di attività socio-economiche.

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".

28.2 Prescrizioni

Gli interventi consentiti sono quelli previsti nelle NdA del PAI, agli artt. 29 e 39.

N.t.a. del Pai - Art. 29: Fascia di deflusso della piena (Fascia A)

1. Nella Fascia A sono vietate:

- le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;
- 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);
- 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);
- le coltivazioni erbacee non permanenti e arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturazione con specie autoctone, per una 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 del D.Lgs. 152/2006 e successive modifiche e integrazioni;
- la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;
- il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.

2. Sono per contro consentiti:

- i cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- 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;
- i prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 m³ annui;
- 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;
- 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;
 - il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto della fascia;
 - 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;
 - il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art. 6, comma 1, let. m), del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 come successivamente modificato ai sensi del D.Lgs. 152/2006;
 - l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 e successive modifiche ed integrazioni (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, come successivamente modificato dal D.Lgs. 152/2006) 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;
 - 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.

N.t.a. del Pai - Art. 39: Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica

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:

- 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;
- 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.

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:

- evitare nella Fascia A la localizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico destinate ad una fruizione collettiva;
- 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;
- 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.

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.

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.

ING. GIOVANN BOSI

DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Bergamo, febbraio 2008