



**COMUNE DI
COSTA VOLPINO**
PROVINCIA DI BERGAMO
Area Governo e Territorio

P.G.T.

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO,
IN ATTUAZIONE DELLA L.R. 11 MARZO 2005, N.12**

Relazione: Rif. RG/10440/12-rev03	COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	Data: 16/10/2013
Allegato: Rif.		Aggiornamento: Maggio 2016
Progettista: Arch. Federico Acuto Collaboratori: Arch. Roberta Paruta	Progettista: Dott. Geol. Diego Marsetti Collaboratori: Dott. Ing. Stefania Ambrosini Dott. Geol. Stefano Mogni Dott. Geol. Etorina Gambirasio	
Arch. Federico Acuto	Dott. Geol. Diego Marsetti 	
Il Sindaco: Dott. Mauro Bonomelli	Il Segretario Comunale: Dott. Giovanni Barberi Frandanisa	Il Responsabile AGT: Geom. Francesca Pertesana

Adottato con delibera CC N° del
Approvato con delibera CC N° del
Depositato presso Segreteria Comunale il
Pubblicato sul BURL n° del





INDICE

1 -	PREMESSA	9
2 -	ARTICOLAZIONE DEL LAVORO	14
3 -	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO- TERRITORIALE	15
4 -	DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE	17
5 -	CARTA DI INQUADRAMENTO LITOLOGICO E STRUTTURALE.....	18
5.1 -	CRITERI DI STRATIGRAFIA DEI DEPOSITI SUPERFICIALI	18
5.2 -	DESCRIZIONE DELLE UNITÀ	23
5.2.1	<i>Bacino dell'Oglio – Depositi Quaternari</i>	<i>23</i>
5.2.2	<i>Coperture Triassiche</i>	<i>31</i>
5.3 -	INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	56
5.4 -	EVOLUZIONE GEOLOGICA RECENTE DEL TERRITORIO	57
6 -	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	60
7 -	LINEAMENTI IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI.....	65
7.1 -	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	65
7.2 -	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	67
7.2.1 -	<i>Censimento pozzi in territorio di Costa Volpino.....</i>	<i>70</i>
7.2.2 -	<i>Censimento sorgenti in territorio di Costa Volpino.....</i>	<i>71</i>
7.3 -	VULNERABILITÀ DELLA FALDA	71
7.4 -	VALUTAZIONE DI MASSIMA DELLA PERMEABILITA' SUPERFICIALE DELLE DIVERSE UNITA' LITOLOGICHE.....	72
8 -	INQUADRAMENTO CLIMATOLOGICO	75
9 -	ZONAZIONE SISMICA NAZIONALE ED INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO DI COSTA VOLPINO (BG).....	89



10 - VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO PER IL COMUNE DI COSTA VOLPINO	93
11 - COMUNE DI COSTA VOLPINO - 1° LIVELLO	94
12 - COMUNE DI COSTA VOLPINO - 2° LIVELLO	96
12.1 - EFFETI LITOLOGICI.....	96
13 - INDAGINE GEOFISICA SISMICA AI FINI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA COMUNALE	98
13.1 - METODO DI ANALISI DEL PROFILO DELLE ONDE DI TAGLIO ORIZZONTALI VS30 - MICROTREMORE SISMICO AMBIENTALE [REMI] + ANALISI MULTICANALE DI ONDE DI SUPERFICIE [MASW]	98
14 - PROFILO STRATIGRAFICO DELLE ONDE ORIZZONTALI V_s 30 M	99
14.1 - AREA D'INDAGINE 1 – COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG).....	99
14.2 - AREA D'INDAGINE 2 - COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG).....	102
14.3 - AREA D'INDAGINE 3 – COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG).....	105
14.4 - AREA D'INDAGINE 4 - COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG).....	108
15 - METODOLOGIA DI INDAGINE: MICROTREMORE SISMICO AMBIENTALE [REMI] + ANALISI MULTICANALE DI ONDE DI SUPERFICIE [MASW]	111
16 - STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E CONSIDERAZIONI PER L'AREA D'INDAGINE	114
17 - DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE DELLE ONDE RAYLEIGH	115
18 - VERIFICA DEGLI EFFETTI DI SITO LITOLOGICI IN RELAZIONE ALL'AMPLIFICAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI COSTA VOLPINO.....	117
19 - COMUNE DI COSTA VOLPINO - 2° LIVELLO	122
20 - ZONA B-PR FIUME OGLIO	123
21 - CARTA DEI VINCOLI	125
22 - CARTA DI SINTESI DEI DATI E CONFRONTO CON TAVOLA E1 DEL PTCP PROVINCIALE	127



22.1 -	CRITERI DI REALIZZAZIONE DELLA CARTOGRAFIA DI SINTESI	127
22.2 -	INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI CRITICITÀ.....	129
22.3 -	CONFRONTO CON CARTA E1 DEL PTCP PROVINCIALE.....	133
23 -	NORME TECNICHE DI PREVENZIONE ANTISISMICA PER LE NUOVE COSTRUZIONI DEL COMUNE DI COSTA VOLPINO.....	140
24 -	NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE PER LE COSTRUZIONI DEL TERRITORIO COMUNALE (BG) – ZONA SISMICA 3 – CARTA DELLA FATTIBILITA’ GEOLOGICA E RIFLESSI SULLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE.....	151
24.1 -	CLASSE 1: FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI	153
24.2 -	CLASSE 2: FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI.....	154
24.3 -	CLASSE 3: FATTIBILITA’ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI.....	158
24.4 -	CLASSE 4: FATTIBILITA’ CON GRAVI LIMITAZIONI	186
24.5 -	CARTOGRAFIA DEL DISSESTO CLASSIFICATO SECONDO LA LEGENDA P.A.I.....	212
24.6 -	PROTEZIONE DELLE RISORSE IDRICHE.....	245
24.7 -	SMALTIMENTO DELLE ACQUE REFLUE	247
25 -	GLOSSARIO	253
26 -	RICHIAMI NORMATIVI.....	255
27 -	BIBLIOGRAFIA.....	264

FIGURE

Figura 1 –	Curve di p.p. secondo il PAI.....	80
Figura 2 –	Confronto tra le curve p.p. con elaborazioni del pluviografo di Clusone, Breno, Dezzo ed i dati PAI; tempo di ritorno T = 100 anni	81
Figura 3 –	Confronto tra le curve p.p. con elaborazioni del pluviografo di Clusone, Breno, Dezzo ed i dati PAI; tempo di ritorno T = 200 anni	82



Figura 4 – Confronto tra le curve p.p. con elaborazioni del pluviografo del PAI con Dezzo insieme all’intervallo di confidenza; tempo di ritorno $T = 100$ anni	83
Figura 5 – Confronto tra le curve p.p. con elaborazioni del pluviografo del PAI con Dezzo insieme all’intervallo di confidenza; tempo di ritorno $T = 200$ anni	83
Figura 6 – Valutazione delle altezze di pioggia attese per piccole durate	85
Figura 7 – Curve di possibilità pluviometrica del PAI con la curva stimata per $T = 50$ anni	87
Figura 8 – Confronto tra la curva di Dezzo e la curva stimata dai dati PAI per $T = 50$ anni	88
Figura 9 – AREA D’INDAGINE 1. Grafico del profilo di velocità Vs delle onde di taglio orizzontali.....	99
Figura 10 – AREA D’INDAGINE 1. Dispersione della velocità di fase delle <i>onde di Rayleigh</i>	100
Figura 11 – Ubicazione (traccia in blu) AREA D’INDAGINE 1.	101
Figura 12 – AREA D’INDAGINE 2. Grafico del profilo di velocità Vs delle onde di taglio orizzontali.....	102
Figura 13 – AREA D’INDAGINE 2. Dispersione della velocità di fase delle <i>onde di Rayleigh</i>	103
Figura 14 – Ubicazione (traccia in blu) AREA D’INDAGINE 2.	104
Figura 15 – AREA D’INDAGINE 3. Grafico del profilo di velocità Vs delle onde di taglio orizzontali.....	105
Figura 16 – AREA D’INDAGINE 3. Dispersione della velocità di fase delle <i>onde di Rayleigh</i>	106
Figura 17 – Ubicazione (traccia in blu) AREA D’INDAGINE 3.	107
Figura 18 – AREA D’INDAGINE 4. Grafico del profilo di velocità Vs delle onde di taglio orizzontali.....	108
Figura 19 – AREA D’INDAGINE 4. Dispersione della velocità di fase delle <i>onde di Rayleigh</i>	109
Figura 20 – Ubicazione (traccia in blu) AREA D’INDAGINE 4.	110



Figura 21 – Potenze spettrali di accelerazione della componente verticale dei microtremori (a destra) registrate in 75 osservatori sismici distribuiti su tutto il globo terrestre (Peterson, 1993)	111
Figura 22 - Modelli standard del <i>rumore sismico ambientale</i> : massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.	112
Figura 23 – Medie diurne e medie notturne degli spettri di potenza delle componenti verticale (U-D) e orizzontale (E-W) dei microtremori registrati nel periodo di 15 giorni, dal 19 novembre al 3 dicembre 1997, in due stazioni sismiche [HKD] e [MIS] di Sapporo (da Okada, 2003).	113
Figura 24 – Origine della natura del campo d’onda secondo vari Autori (Sesame WP8, 2004).	113
Figura 25 - Comune di COSTA VOLPINO - Fascia di vulnerabilità per doppia risonanza terreno-struttura	120
Figura 26 - Stralcio perimetrazione PAI rischio idrogeologico molto elevato (PS 267).	123
Figura 27 – Carta estratta da “P.T.C.P. della Provincia di Bergamo – Elementi di pericolosità e criticità: compatibilità degli interventi di trasformazione del territorio – Tav. E1” (anno 2004).....	134

TABELLE

Tabella 1 - <i>Campo di variabilità della permeabilità dei terreni (da “Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni” Carlo Cestelli Guidi, Hoepli, 1987).....</i>	74
Tabella 2 - <i>Parametri statistici per la stazione di Breno.....</i>	76
Tabella 3 - <i>Parametri delle curve di p.p. per la stazione di Breno</i>	76



Tabella 4 - Parametri delle curve di p.p. per la stazione di Clusone.....	77
Tabella 5 - Parametri delle curve di p.p. per la stazione di Dezzo.....	77
Tabella 6 – Valori dei coefficienti delle curve di p.p. secondo il PAI.....	80
Tabella 7 – Valori dei coefficienti medi delle curve di p.p. secondo il PAI per il <i>bacino Val Supine</i>	81
Tabella 8 – Valori dei rapporti delle altezze di pioggia per data durata rispetto alla <i>durata oraria</i>	85
Tabella 9 – Rapporti tra le altezze di pioggia per brevi durate rispetto alla durata <i>oraria</i>	86
Tabella 10 – Zonazione sismica del territorio nazionale e riferimento per il <i>comune di COSTA VOLPINO</i>	91
Tabella 11 - Scenari di pericolosità sismica locale individuati per il territorio di <i>COSTA VOLPINO (BG)</i>	95
Tabella 12 – Livelli di attendibilità (in grassetto = Comune di COSTA VOLPINO) <i>valutati per la stima del rischio sismico e delle amplificazioni di sito per il territorio</i>	97
Tabella 13 - Area d'indagine 1. Profilo di velocità Vs delle onde di taglio <i>orizzontali</i>	99
Tabella 14 – AREA D'INDAGINE 1. Inquadramento della CATEGORIA DI SUOLO del <i>sito ai sensi D.M.14/01/2008 - O.P.C.M. N. 3274/2003</i>	101
Tabella 15 - AREA D'INDAGINE 2. Profilo di velocità Vs delle onde di taglio <i>orizzontali</i>	102
Tabella 16 – AREA D'INDAGINE 2. Inquadramento della CATEGORIA DI SUOLO del <i>sito ai sensi D.M.14/01/2008 - O.P.C.M. N. 3274/2003</i>	104
Tabella 17 - AREA D'INDAGINE 3. Profilo di velocità Vs delle onde di taglio <i>orizzontali</i>	105
Tabella 18 – AREA D'INDAGINE 3. Inquadramento della CATEGORIA DI SUOLO del <i>sito ai sensi D.M.14/01/2008 - O.P.C.M. N. 3274/2003</i>	107



Tabella 19 - AREA D'INDAGINE 4. Profilo di velocità Vs delle onde di taglio orizzontali.	108
Tabella 20 – AREA D'INDAGINE 4. Inquadramento della CATEGORIA DI SUOLO del sito ai sensi D.M.14/01/2008 - O.P.C.M. N. 3274/2003.	110
Tabella 21 – Valutazione Periodo di risonanza T – Fattore di amplificazione di sito Fa per il sito di misura geofisica del territorio comunale di Costa Volpino.	118
Tabella 22 – Regione Lombardia, banca dati valori soglie_lomb.xls per il Comune di COSTA VOLPINO.	119

ALLEGATI

Allegato 1 – Schede dei pozzi e delle sorgenti	I
Allegato 2 – “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio”, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 12/2005 – ALLEGATO 5.....	II
Allegato 3 – Integrazioni all’ ALLEGATO 5 - “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio”, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 12/2005.....	III
Allegato 4 – Edifici in aree a rischio di alluvione: come ridurre la vulnerabilità	IV

TAVOLE

Tavola 01	PGT Geologico - Inquadramento geografico	Varie	ns. Rif. P8151.dwg
Tavola 02	PGT Geologico - Carta Geologica _settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8152.dwg
Tavola 03	PGT Geologico - Carta Geologica _settore Sud	1:5.000	ns. Rif. P8153.dwg



Tavola 04	PGT Geologico - Carta idrografica e idrogeologica_settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8154.dwg
Tavola 05	PGT Geologico - Carta idrografica e idrogeologica_settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8155.dwg
Tavola 06	PGT Geologico - Carta della pericolosità sismica_settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8156.dwg
Tavola 07	PGT Geologico - Carta della pericolosità sismica_settore Sud	1:5.000	ns. Rif. P8157.dwg
Tavola 08	PGT Geologico - Carta dei vincoli_settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8158.dwg
Tavola 09	PGT Geologico - Carta dei vincoli_settore Sud	1:5.000	ns. Rif. P8159.dwg
Tavola 10	PGT Geologico - Carta di sintesi_settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8160.dwg
Tavola 11	PGT Geologico - Carta di sintesi_settore Sud	1:5.000	ns. Rif. P8161.dwg
Tavola 12	PGT Geologico - Carta della fattibilità_settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8162.dwg
Tavola 13	PGT Geologico - Carta della fattibilità_settore Sud	1:5.000	ns. Rif. P8163.dwg
Tavola 14	PGT Geologico - Carta della fattibilità_settore 1	1:2.000	ns. Rif. P8164.dwg
Tavola 15	PGT Geologico - Carta della fattibilità_settore 2	1:2.000	ns. Rif. P8165.dwg
Tavola 16	PGT Geologico - Carta della fattibilità_settore 3	1:2.000	ns. Rif. P8166.dwg
Tavola 17	PGT Geologico - Carta della fattibilità_settore 4	1:2.000	ns. Rif. P8167.dwg
Tavola 18	PGT Geologico - Carta della fattibilità_settore 5	1:2.000	ns. Rif. P8168.dwg
Tavola 19	PGT Geologico - Carta della fattibilità_settore 6	1:2.000	ns. Rif. P8169.dwg
Tavola 20	PGT Geologico - Carta della fattibilità_settore 7	1:2.000	ns. Rif. P8170.dwg
Tavola 21	PGT Geologico - Carta della fattibilità_settore 8	1:2.000	ns. Rif. P8171.dwg
Tavola 22	PGT Geologico - Carta della fattibilità_settore 9	1:2.000	ns. Rif. P8172.dwg
Tavola 23	PGT Geologico - Carta del dissesto uniformata P.A.I._settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8173.dwg
Tavola 24	PGT Geologico - Carta del dissesto uniformata P.A.I._settore Sud	1:5.000	ns. Rif. P8174.dwg



1 - PREMESSA

A seguito dell'incarico affidato allo scrivente da parte della **AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI COSTA VOLPINO** con Determina n 63/URB/E.P. 17 del 12.11.2012, è stato redatto il presente lavoro, relativo allo studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio ai sensi della L.R. 12/2005 n.8/1566 e successive integrazioni D.G.R.28 Maggio 2008 n.8/7374.

Dal 1 luglio 2009 la progettazione antisismica, per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici è regolata dal D.M. 14 gennaio 2008 "*Testo Unico - Norme Tecniche per le costruzioni*".

Nel Titolo II, art. 57 comma 1 della summenzionata legge è previsto che, ai fini della prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici:

- a) il documento di piano contenga la definizione dell'assetto geologico, idrogeologico e sismico comunale sulla base dei criteri ed indirizzi emanati dalla Giunta Regionale, sentite le Province, entro tre mesi dall'entrata in vigore della L.R. n.12/05
- b) il piano delle regole contenga:
 1. il recepimento e la verifica di coerenza con gli indirizzi e le prescrizioni del P.T.C.P. e del Piano di Bacino;
 2. l'individuazione delle aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, secondo i criteri e gli indirizzi di cui alla lettera a), nonché le norme e le prescrizioni a cui le medesime aree sono assoggettate in ordine alle attività di trasformazione territoriale, compresa l'indicazione di aree da assoggettare a eventuali piani di demolizione degli insediamenti esistenti, ripristino delle condizioni di



sicurezza, interventi di rinaturalizzazione dei siti o interventi di trasformazione urbana, PRU o PRUSST.

I lavori riguardanti il territorio comunale in esame che sono stati tenuti in considerazione per la stesura della presente relazione sono i seguenti:

1. “Adeguamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio” del giugno 2008 – redatta a cura del Dott. Geol. Sergio Ghilardi, in collaborazione con l’Ing. Francesco Ghilardi e il Dott. Daniele Moro.
2. “Proposta preliminare degli interventi inerenti la messa in sicurezza del tratto in sinistra idrografica del Fiume Oglio a valle del ponte della strada S.S. 42” del novembre 2013 – redatta a cura del Dott. Geol. Sergio Ghilardi.

Per l’inquadramento geologico si è fatto riferimento alla “Carta Geologica della Provincia di Bergamo” redatta nell’anno 2000 a scala 1:50.000.

Per l’inquadramento idrogeologico sono stati consultati i seguenti lavori:

- «Studio di gestione coordinata delle acque di superficie e di falda nel territorio compreso fra i Fiumi Adda e Oglio e delimitato dalle Prealpi e dalla linea settentrionale di affioramento dei fontanili», a cura del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca e redatta da Prof. Ing. Ugo Maione, Prof. Ing. Alessandro Paoletti, Dr. Geol. Giuseppe Ghezzi nel Maggio 1991.

E’ stato inoltre consultato il P.T.C.P. Provinciale redatto dalla Provincia di Bergamo e adottato con delibera n.40 del 22/04/2004.

La finalità del lavoro svolto è la descrizione dell’intero territorio comunale dal punto di vista della geologia, dell’idrogeologia, della climatologia, della sismica al fine di rappresentare uno strumento di valido supporto alla pianificazione urbanistica.



Essendo uno strumento a supporto della programmazione, l'obiettivo di studio è quello di raccogliere i principali parametri geologici dell'area esaminata e, osservandoli nella loro globalità e nelle loro interrelazioni, evidenziare le vocazioni e le limitazioni d'uso del territorio, anche per poter predisporre, in linea generale, i provvedimenti di salvaguardia e di valorizzazione dei beni ambientali.

Il risultato che emerge dagli esami comparati è una sintesi geoambientale, cioè un'identificazione dell'ambiente fisico, predisposta per i responsabili della gestione del territorio e che si vuole sia anche immediatamente leggibile dai fruitori.

I dati emersi devono essere recepiti e trasferiti in scelte esecutive dal Progettista del P.G.T., che adatterà le delimitazioni geologiche più gravose alle sue unità areali di lavoro.

Il lavoro è stato condotto secondo quanto disposto nei "*Criteria ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, N. 12 E Ss.m.i.*" (D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566).

Lo studio illustrato in queste pagine, redatto secondo i riferimenti normativi citati, è costituito dalla presente relazione tecnica e dalla relativa cartografia tematica.

Per i rilievi di terreno e la rappresentazione grafica dei dati è stato utilizzato, come base topografica, il rilievo aerofotogrammetrico del comune in scala 1:5.000 (ambito extraurbano).

Ai sensi della presente normativa, tutto il territorio comunale di COSTA VOLPINO rientra nella ZONA 3 con rischio sismico Medio-Basso.

La presente valutazione nell'ottica antisismica è consistita nell'inquadramento del territorio con i livelli di approfondimento previsti dalla normativa regionale LIVELLO 1 e LIVELLO 2 (i LIVELLI 1, 2, 3 sono metodologie di analisi dettate dalla normativa).

Queste procedure adottate dalla Regione Lombardia sono derivate dagli studi del CNR, dal Dipartimento della Protezione Civile - Servizio Sismico Nazionale.



Il LIVELLO 2 per questo studio specifico è stato applicato con tecniche di analisi geofisica proprie del LIVELLO 3 con esemplificazioni nelle aree del fondovalle e collinare, in particolare attraverso misure di microtremore sismico ambientale [REMI + MASW] per la stima del profilo stratigrafico delle onde di taglio orizzontali (V_s 30 m)

Si precisa che questo lavoro non ha lo scopo di affrontare singoli problemi specifici geologico - tecnici, né esime l'Amministrazione ed i Cittadini dall'assolvere gli obblighi derivanti da specifiche normative di legge concernenti il settore edilizio, geotecnico e/o ambientale.

Il risultato finale è che il Comune di COSTA VOLPINO è garantito dallo scuotimento (accelerazione sismica massima prevedibile) prevista dalla ZONA 3 e tale risultato è pertanto fondatamente suffragato. La Regione riconosce che l'approccio utilizzato è di *alto grado* di attendibilità e che non occorrono studi supplementari. Il privato che intende costruire è supportato da questo tipo di analisi che potrà analogamente applicare nelle zone previste di nuova edificazione. In linea generale la norma che gli impone il Comune ha valido fondamento. L'urbanizzato esistente è garantito dal fatto che non sono stati rilevati effetti di amplificazione sismica e correlabili a quelli potenzialmente generabili da un eventuale evento sismico.

Sulla base dei risultati conseguiti, dal punto di vista della valutazione del sottosuolo dell'area in relazione ai parametri di amplificazione sismica locale (RSL Risposta Sismica Locale), così come previsti con specifico regolamento regionale, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N. 3274 del 20 Marzo 2003, Norme tecniche per le costruzioni DM 14 /01/2008, si dovrà prevedere l'applicazione delle norme tecniche specifiche previste per la ZONA 3.

Questa valutazione emerge dall'analisi *strumentale e stratigrafica e diretta* realizzata per la presente ricerca. Si ritiene la valutazione sia di grado di *attendibilità* MEDIO-ALTA, secondo le indicazioni per la valutazione del grado di giudizio previste dalla



normativa regionale L.R. 12/2005 ed in relazione alle metodologie di analisi strumentale attuate.

Si fa presente, infine, che i professionisti incaricati conservano i diritti d'autore sul lavoro presentato, elaborati cartografici compresi e che la committenza può utilizzare gli stessi una sola volta e soltanto per lo specifico fine per il quale essi sono stati eseguiti.



2 - ARTICOLAZIONE DEL LAVORO

Nelle prime fasi dello studio si è proceduto alla raccolta ed alla valutazione dei dati geologici già disponibili in seguito a precedenti lavori eseguiti sul territorio comunale. Per quanto concerne la redazione delle carte dei dissesti, è stata eseguita una elaborazione dei dati presenti sulle carte geomorfologiche e dei processi geomorfici in atto successivamente rivisti e corretti secondo la legenda uniformata al P.A.I.

Per la realizzazione dei suddetti elaborati cartografici sono state utilizzate come basi rispettivamente:

- Carta d'Italia in scala 1:25.000 dell'Istituto Geografico Militare (I.G.M. F° 34 III N.O. "Lovere", I.G.M. F° 34 III N.E. "Pisogne", I.G.M. F° 34 IV S.O. "Rovetta" e IGM F° 34 IV S.E. "Darfo – Boario Terme")
- Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 (Sez. D4a3 "Monte Pora", D4a4 "Costa Volpino", D4a5 "Pisogne", D4b3 "Darfo", D4b4 "Pian Camuno" e D4b5 "Fraine") - aggiornata al 1994;
- Aerofotogrammetrico Comunale.

All'acquisizione dei dati è seguita la loro elaborazione, con la stesura della cartografia di vincolo e sintesi (Carta dei Vincoli, Carta di Sintesi) e della conseguente cartografia di proposta (Carta della Fattibilità delle Azioni di Piano).

I software utilizzati sono i seguenti:

- Autocad 2010 (Serial Number n° 352-13366997)
- Cad Overlay 2000i (Serial Number n° 700-50146565)
- Ilwis-ltc (Serial Number n° 783)
- Discav 9.00 (Serial Number n° G004381)
- AddCad 5.0 (Serial Number A0846-28)
- RockWare Utilities 4.0 (Serial Number 19177)
- Arcview e Acad vers. 3.3



3 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO- TERRITORIALE

(Tavola 01)

Il Comune di Costa Volpino si colloca nella porzione nord-orientale della Provincia di Bergamo, sul versante idrografico destro (e in misura minore sinistro) della Val Camonica, e più precisamente laddove il Fiume Oglio si getta nel Lago d'Iseo.

Il comune confina a nord con Songavazzo, ad ovest con Bossico e Lovere, ad est con Rogno e Piancamuno, a sud-est con Pisogne.

Il territorio si divide in due grossi ambiti: la piana fluvioglaciale dell'Oglio (con le zone perilacuali del Lago d'Iseo) ed i ripidi versanti montuosi del Monte Pora – Monte Alto, solcati da importanti sistemi vallivi quali la Val Supine e la Val Gola. Il comune è suddiviso in una serie di frazioni, alcune delle quali poste in collina (Branico, Qualino, Flaccanico, Ceratello), altre in fondovalle o sul grande conoide della Val Supine (I Corti, Volpino). Una parte di agglomerato urbano si trova poi sulla sponda est dell'Oglio (Zoncone, Ponte Barcotto, San Fermo). Il centro storico e la sede municipale si trovano sul conoide del Supine. Costa Volpino è attraversato dalla Strada Statale n. 42 del Tonale e della Mendola, e connette inoltre la sponda sebina bergamasca a quella bresciana; il suo territorio è pertanto strategico da un punto di vista dei collegamenti viari.

La morfologia del territorio è in generale molto articolata per via della posizione geografica peculiare, della complessità geologica e della concomitanza di numerosi processi geomorfologici (fluviali, glaciali, carsici, di versante, di conoide).

Per quanto concerne le quote, il centro storico di Costa Volpino si colloca attorno a 200 m s.l.m. Il punto più alto del territorio comunale è costituito dalla vetta del Monte Alto (circa 1700 m s.l.m.). Il punto più basso è situato invece all'estremità meridionale



del territorio (foce dell'Oglio) e si aggira attorno a 185 m s.l.m. In totale, quindi, si ha un'escursione altitudinale da nord a sud considerevole, pari a circa 1515 m. Meno marcata è invece la differenza altimetrica da ovest ad est.



4 - DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE

Al fine della compilazione delle carte di fattibilità e del dissesto, il territorio del Comune di Costa Volpino è stato inquadrato mediante le seguenti Carte Tecniche Regionali alla scala 1:10.000: Sez. D4a3, D4a4, D4a5, D4b3, D4b4 e D4b5.

Per una rappresentazione più dettagliata delle tematiche, per quasi tutte le carte è stato impiegato l'aerofotogrammetrico comunale.

Nel complesso gli elaborati grafici di questo studio sono costituiti da:

Relazione tecnica:			RG/10440/13
Tavola 01	PGT Geologico - Inquadramento geografico	Varie	ns. Rif. P8151.dwg
Tavola 02	PGT Geologico - Carta Geologica_settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8152.dwg
Tavola 03	PGT Geologico - Carta Geologica _settore Sud	1:5.000	ns. Rif. P8153.dwg
Tavola 04	PGT Geologico - Carta idrografica e idrogeologica_settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8154.dwg
Tavola 05	PGT Geologico - Carta idrografica e idrogeologica_settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8155.dwg
Tavola 06	PGT Geologico - Carta della pericolosità sismica_settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8156.dwg
Tavola 07	PGT Geologico - Carta della pericolosità sismica_settore Sud	1:5.000	ns. Rif. P8157.dwg
Tavola 08	PGT Geologico - Carta dei vincoli_settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8158.dwg
Tavola 09	PGT Geologico - Carta dei vincoli_settore Sud	1:5.000	ns. Rif. P8159.dwg
Tavola 10	PGT Geologico - Carta di sintesi_settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8160.dwg
Tavola 11	PGT Geologico - Carta di sintesi_settore Sud	1:5.000	ns. Rif. P8161.dwg
Tavola 12	PGT Geologico - Carta della fattibilità_settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8162.dwg
Tavola 13	PGT Geologico - Carta della fattibilità_settore Sud	1:5.000	ns. Rif. P8163.dwg
Tavola 14	PGT Geologico - Carta del dissesto uniformata P.A.I._settore Nord	1:5.000	ns. Rif. P8164.dwg
Tavola 15	PGT Geologico - Carta del dissesto uniformata P.A.I._settore Sud	1:5.000	ns. Rif. P8165.dwg



5 - CARTA DI INQUADRAMENTO LITOLOGICO E STRUTTURALE

(Tavole 02 e 03)

5.1 - CRITERI DI STRATIGRAFIA DEI DEPOSITI SUPERFICIALI

L'analisi degli aspetti geologici del territorio è stata condotta avvalendosi delle informazioni disponibili nella Carta Geologica della Provincia di Bergamo e nello studio geologico precedentemente redatto da GeoTer (Ravagnani & Santambrogio, 1999).

Il territorio comunale di Costa Volpino si inquadra nel contesto dei rilievi prealpini della bergamasca orientale, costituiti in particolare dai rilievi che delineano lo spartiacque fra Val Borlezza, Val di Scalve e Val Camonica.

La geologia della zona è caratterizzata da una fascia centrale riempita da depositi quaternari, sulla quale si trova impostato il corso del Fiume Oglio; si tratta sia di alluvioni antiche ma molto più presenti quelle recenti e fluvioglaciali, attribuibili alle più recenti glaciazioni che hanno poi portato all'escavazione dell'attuale sede del Lago di Iseo.

Sono tutti esclusivamente di origine continentale e dovuti all'escavazione ed al trasporto ad opera dei corsi d'acqua e dei ghiacciai.

Il substrato roccioso è costituito da una successione monoclinale tettonicamente disturbata, che comprende formazioni triassiche dalla Carniola di Bovegno (Permiano) alla Dolomia Principale (Norico). Al substrato sono sovrapposti lembi di unità glaciali e fluvioglaciali pleistoceniche connesse alla dinamica deposizionale dei corpi glaciali camuni (Complesso di Poltragno).

Da un punto di vista paleoambientale, le formazioni presenti materializzano l'evoluzione del Bacino Lombardo dagli ambienti evaporitici tipo sabkha della Carniola di Bovegno sino agli ambienti di piattaforma del Norico (Dolomia Principale),



che occupano soprattutto la fascia di raccordo versante-piana. Nel medesimo ambito si riscontrano anche potenti e continue fasce di depositi detritici ascrivibili all'Unità Postglaciale, e i depositi di conoide della Val Supine e della Val Gola, sempre appartenenti alla medesima unità. La piana alluvionale dell'Oglio è costituita invece dalle facies alluvionali recenti ed attuali dell'Unità Postglaciale.

L'area in oggetto è dal punto di vista geologico un settore assai complesso situato a sud di un importante lineamento tettonico quale la Faglia di Clusone.

Lo spessore dei depositi sedimentari ha sicuramente risentito della presenza, immediatamente a nord-ovest della zona di studio, della faglia nota in letteratura con il nome di Sovrascorrimento Gandino - Val Supine - Scanapà che interseca entrambe le faglie minori evidenziabili nella zona ad ovest dell'allegata carta geologica. Queste ultime sono a rigetto orizzontale (strike-slip), orientate NNW - SSE caratterizzate da piani quasi verticali e la loro origine è legata allo sviluppo del succitato sovrascorrimento.

La più importante è sicuramente la Faglia di Val Supine; il lato occidentale della successione della Val Supine è caratterizzato dalla mancanza del Calcere di Esino mentre sull'altro lato questa formazione è spessa circa 200 m.

È difficile spiegare il passaggio improvviso tra i due domini paleogeografici senza la presenza di facies intermedie, che sono presenti in altre situazioni simili.

È per questa ragione che essa viene interpretata come una faglia a rigetto orizzontale con componente sinistra, agente come una faglia trascorrente, il cui sviluppo è legato alla messa in posto del Sovrascorrimento Gandino-Val Supine-Scanapà, e responsabile della giustapposizione dei due domini paleogeografici originariamente separati.

L'area considerata è caratterizzata completamente da depositi quaternari ed in particolare si hanno alluvioni antiche e recenti oltre che al fluvioglaciale, attribuibile alla più recente glaciazione mentre non esistono affioramenti rocciosi.



Per la descrizione delle unità¹ che sono state distinte nel territorio ci si è rifatti ai nuovi criteri adottati dagli autori della già citata "Carta Geologica della Provincia di Bergamo" 2000 a cura di Servizio Territorio della Provincia di Bergamo, Dipartimento di Scienza della Terra dell'Università degli Studi di Milano, Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR.

Al fine di rendere comprensibili tali criteri si è ritenuto necessario anche in questa sede fare una premessa che riassume i principali concetti alla base della nuova classificazione.

I corpi sedimentari continentali di età quaternaria presentano particolarità che rendono problematica la scelta delle unità stratigrafiche da utilizzare. Le successioni continentali sono tipicamente espressione di fasi di sedimentazione discontinue, spesso arealmente limitate. I depositi mostrano un'elevata variabilità interna di facies, ma la distinzione su basi litologiche di corpi appartenenti a differenti cicli sedimentari, anche molto distanti nel tempo, risulta poco praticabile. Il carattere episodico della sedimentazione rende comune l'esistenza di superfici di discontinuità, sia per non deposizione che per erosione, a carattere essenzialmente diacrono. L'insieme di questi caratteri evidenzia l'inadeguatezza delle unità fino ad ora impiegate nel rilevamento del Quaternario continentale, come le unità geoclimatiche o le unità morfostratigrafiche, comunemente usate in modo improprio e confuso (OROMBELLI, 1971). Per ovviare a tutti i problemi connessi con il rilevamento, nel 1983 la North American Commission on Stratigraphic Nomenclature introdusse specificatamente per il Quaternario le Unità Allostratigrafiche.

Un'unità allostratigrafica corrisponde ad un corpo di rocce sedimentarie identificato sulla base delle discontinuità che lo delimitano; essa comprende pertanto i sedimenti appartenenti ad un determinato evento deposizionale. I limiti sono rappresentati da superfici di discontinuità, compresa l'attuale superficie topografica, corrispondenti a lacune stratigrafiche di estensione cronologica ed areale significativa.

¹Per la redazione della carta geologica ci si è riferiti a: "Carta Geologica della Provincia di Bergamo" dicembre 2000, a cura di Servizio Territorio della Provincia di Bergamo, Dipartimento di Scienza della Terra dell'Università degli Studi di Milano, Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR



L'interpretazione genetica, la ricostruzione della storia geologica, la morfologia ed i caratteri dei suoli, pur non rientrando direttamente nella definizione dell'unità, possono concorrere all'identificazione dei limiti.

Si tratta, quindi, di un'unità indipendente dalle caratteristiche interne litologiche, sedimentologiche, paleontologiche dei suoi depositi e, data la natura diacrona degli eventi iniziali e conclusivi dei cicli di sedimentazione, a limiti eterocroni.

Date le difficoltà, e spesso l'impossibilità, legate alla correlazione tra unità continentali, le unità allostratigrafiche non possono essere estese al di fuori del bacino idrografico d'appartenenza.

Il Gruppo di Lavoro per il Quaternario della Commissione Italiana di Stratigrafia (Bini et. alii), propose nel 1990 l'uso di queste unità, con qualche minima modifica rispetto al testo originale.

Nella Guida al rilevamento della Carta Geologica d'Italia - 1:50.000 (1992) vennero però adottate per il Quaternario non le Unità allostratigrafiche, ma i Sistemi (unità fondamentali delle Anconformity Bounded Stratigraphic Units introdotte dalla International Subcommission on Stratigraphic Classification, 1987) che pur essendo simili (Autin, 1992; Bini, 1993) differiscono lievemente, ma in misura significativa nella definizione.

Tale differenza risiede nella identificazione delle superfici limite (Bini, 1993). Infatti, i limiti di un'unità allostratigrafica devono essere tracciabili, mentre quelli di un sistema devono essere visibili, cosa che difficilmente si realizza nei depositi continentali.

A tutt'oggi (1996) la polemica tra sistemi e unità allostratigrafiche non è ancora risolta.

Nel rilevamento della Carta Geologica della Provincia di Bergamo è stato seguito un criterio allostratigrafico ogni qualvolta i corpi geologici sono stati identificati in base alle discontinuità limite e un criterio litostratigrafico quando i corpi geologici sono stati identificati in base alle caratteristiche interne. Le unità litostratigrafiche sono state utilizzate principalmente per alcuni corpi conglomeratici che affiorano nelle forre dei principali fiumi.



Si tratta infatti, di corpi sedimentari, in genere senza espressione morfologica propria, in cui il criterio litologico costituisce l'elemento di caratterizzazione primario e sufficiente al loro riconoscimento.

Come si è detto sia la terminologia sia i criteri usati sono parzialmente differenti da quelli scritti nei codici.

Si è usata il termine generico "unità" come sinonimo sia di alloformazione sia di formazione, secondo i casi, oppure per distinguere corpi geologici isolati, non correlabili con altri appartenenti allo stesso complesso.

Alle unità di nuova istituzione è stato associato il toponimo della località nella quale essa è diffusa in modo significativo.

Per il rango gerarchico superiore è stato usato il termine generico "complesso", come sinonimo sia di allogruppo sia di gruppo a seconda dei casi, inoltre si sono istituiti dei complessi nei casi in cui si sono avute evidenze di diverse fasi deposizionali pur senza essere in grado di attribuire i diversi depositi all'una o all'altra di queste differenti fasi (es. Complesso di Palazzago), o per riunire, a fini cartografici, più unità stratigraficamente ben definite ed accomunate da qualche tipo di carattere (alterazione o cementazione) in un insieme maggiore (es. Complesso di Almenno).

I complessi sono stati nella maggior parte dei casi, divisi in singole unità, non riportate sulla carta geologica per non rendere ancora più pesante la legenda, ma descritte nelle note illustrative.

Per la descrizione dei depositi si è impiegata la normale terminologia sedimentologica, per i depositi glaciali è stata utilizzata la terminologia internazionale tradotta per l'Italia da Bini & Orombelli (1988).



5.2 - DESCRIZIONE DELLE UNITÀ

Le unità litostratigrafiche e allostratigrafiche dei depositi superficiali rappresentate nello stralcio della Carta Geologica 1:50.000 della Provincia di Bergamo, affioranti nel territorio comunale di Costa Volpino, sono le seguenti, dalla più recente alla più antica:

5.2.1 Bacino dell'Oglio – Depositi Quaternari

- **UNITÀ POSTGLACIALE (119)**

DEFINIZIONE

Diamicton massivi e stratificati con ciottoli e blocchi spigolosi, matrice sabbiosa o limoso argillosa da assente a molto abbondante, massivi o rozzamente stratificati; clasti derivanti dalle formazioni locali: depositi di versante.

Diamicton, ghiaie e sabbie in corpi lenticolari clinostratificati, sia a supporto di matrice sia a supporto clastico, clasti da subarrotondati a subspigolosi: depositi di conoide.

Ghiaie da fini a grossolane con matrice sabbiosa, a supporto clastico, in prevalenti strati planari; sabbie e limi da massivi a laminati; argille: depositi alluvionali.

Limi e argille; limi organici scuri; torbe: depositi lacustri, palustri e di torbiera.

Diamicton a supporto sia clastico che di matrice: depositi glaciali.

Superficie limite superiore caratterizzata da: Entisuoli, Inceptisuoli e Alfisuoli poco espressi.

LITOLOGIA

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



Settore montano

Nelle valli e sui versanti montani l'Unità Postglaciale è costituita da:

- Depositi di versante (**119a**): diamicton a ciottoli e blocchi spigolosi, arrotondati solo se provenienti da precedenti depositi glaciali o alluvionali, a supporto sia clastico che di matrice; la matrice, ove presente, va da sabbioso siltosa ad argillosa, se derivante da prodotti pedogenetici rimaneggiati. Sono assenti strutture significative, ma si riconoscono frequentemente letti paralleli al pendio.
- Depositi di conoide alluvionale (**119b**): sono localizzati allo sbocco di corsi d'acqua, anche di carattere temporaneo, nei solchi vallivi. Per le loro caratteristiche peculiari questi depositi sono di entità alquanto ridotta nei bacini del Brembo e del Serio. Sono costituiti da ghiaie anche ben selezionate con matrice sabbiosa abbondante, a supporto sia clastico che di matrice, grossolanamente stratificate; più raramente si osservano sabbie e ghiaie ben lavate. Frequentemente i clasti sono arrotondati, specie se provenienti dalla demolizione di depositi precedenti, ma l'arrotondamento può essere da scarso a nullo, in funzione del trasporto subito. Questi sedimenti sono solitamente organizzati in corpi lenticolari clinostratificati, spesso massivi, o con ciottoli isoorientati o a gradazione inversa (fenomeni di deposizione in massa), o con strutture minori quali laminazioni oblique a basso angolo e letti a ciottoli embricati; si osservano quindi caratteristiche tipiche dei reticolati idrografici di tipo braided. I clasti sono litologicamente riferibili ai litotipi dei bacini di alimentazione locali.
- Depositi alluvionali (**119c**): sono localizzati lungo le aste dei corsi d'acqua, a carattere sia effimero che perenne e sono costituiti da ghiaie a ciottoli e blocchi con matrice sabbiosa, sabbie anche con ciottoli, ghiaie ben selezionate. Le ghiaie sono in prevalenza a supporto clastico e ciottoli ben arrotondati; ovviamente nei corsi d'acqua minori e nelle aree di alimentazione la maturità tessiturale del sedimento è minore. In questi depositi, organizzati in corpi sia lenticolari che stratoidi, si osservano strutture sedimentarie dovute



all'azione di corrente, quali ciottoli embricati, laminazioni oblique a basso angolo, laminazione incrociata. I clasti rispecchiano i litotipi affioranti nel bacino a monte.

MORFOLOGIA

I depositi di versante più consistenti sono localizzati alla base di pareti rocciose o dei versanti più scoscesi, ma sono diffusi anche in spessori molto modesti su ogni pendio. Sono il prodotto dell'accumulo dei materiali provenienti o direttamente dall'alterazione del substrato roccioso o dal rimaneggiamento di depositi preesistenti. Le morfologie più frequenti sono le falde di detrito e i coni di deiezione. Coni di deiezione in senso stretto sono sempre presenti allo sbocco di canali sulla falda detritica; queste forme tipiche sono comunque diffuse solamente nelle aree caratterizzate da pareti in rapida erosione.

Altre forme ben individuabili sono quelle dei depositi di frana, di cui si riconoscono sempre anche le nicchie di distacco, come a Fuipiano Valle Imagna o alla colonia Stella Alpina sopra Bàresi, o a Novazza. Sulla maggior parte dei versanti i depositi sono privi di caratterizzazione morfologica, e sono sempre intensamente colonizzati dalla vegetazione ove l'alimentazione non sia costantemente attiva. Le morfologie di conoide sono inconfondibili; tuttavia frequentemente le conoidi sono fossili, costituite da depositi antichi cementati, ed i depositi olocenici costituiscono solo un velo che ammantava la superficie; in altre situazioni sono modellate dall'erosione direttamente nei litotipi del substrato. Le morfologie caratteristiche dei depositi alluvionali sono i terrazzi alluvionali; talvolta, in corrispondenza di litotipi facilmente erodibili, i depositi alluvionali suturano terrazzi erosionali in roccia. I depositi glaciali, presenti in genere entro ed allo sbocco di alcuni dei circhi più alti, mostrano morfologie molto fresche e ben conservate, con evidenti piccole morene terminali, in genere sospese; ricordiamo a questo proposito il circo del versante occidentale del Pizzo Redorta, i due circhi sul versante orientale del Pizzo di Coca, occupati tuttora da piccoli ghiacciai, la conca sul versante occidentale fra il Pizzo Strinato e Cima Trobe; spettacolari sono inoltre le



morene laterali e le morfologie a dossi sviluppate su depositi glaciali di fondo, alla fronte del ghiacciaio del Gleno, costruite da tale apparato negli ultimi secoli.

RAPPORTI STRATIGRAFICI

Il limite inferiore è costituito dalla superficie di contatto con il substrato o con le unità più antiche. Il limite superiore è costituito dalla superficie topografica.

ETA'

I depositi dell'Unità Postglaciale hanno iniziato a depositarsi non appena i ghiacciai hanno iniziato a ritirarsi e sono tuttora in corso di sedimentazione. L'unità è quindi marcatamente diacrona e in certi settori difficilmente distinguibile dai depositi contemporanei ai ghiacciai. L'età è quindi Pleistocene superiore - Olocene. In assenza di possibili relazioni dirette con i ghiacciai o con i depositi ad essi correlati si è fatto ricorso ad osservazioni sullo stato di alterazione dei sedimenti o sui rapporti con i depositi attuali.

- **COMPLESSO DELL'OGLIO (113)**

DEFINIZIONE

Diamicton massivo a supporto di matrice con ciottoli e blocchi sino a metrici: till di ablazione e di alloggiamento. Ghiaie a supporto di clasti o di matrice con ciottoli ben arrotondati, stratificate; sabbie laminate; locale cementazione; abbondanti clasti del basamento e della successione permotriassica della Val Camonica, frequenti tonaliti, locali limi di esondazione (Unità di Palosco e di Spinone): depositi fluvio-glaciali. Ghiaie a ciottoli da subangolosi a subarrotondati, supporto clastico, matrice sabbiosa; sabbie a laminazione parallela o incrociata; limi; clasti di provenienza locale: depositi alluvionali e di conoide. Limi laminati con dropstone: depositi lacustri. Ghiaie organizzate in foreset: depositi deltizi. Diamicton massivo a supporto di matrice con clasti spigolosi: depositi di versante. Superficie limite superiore caratterizzata da:



morfologie ben conservate, solo localmente in erosione, suoli di spessore massimo 1,1 m, colore tra 7.5YR e 10YR, copertura loessica assente.

Comprensivo di: Unità di Songavazzo, Unità di Vigolo, Unità di Val Borlezza, Unità di Bossico, Unità di Solto Collina, Unità di Scalve, Unità della Presolana, Unità di Palosco, Unità di Spinone.

Il Complesso dell'Oglio riunisce diverse unità legate al bacino dell'Oglio nella sua accezione più ampia; esse sono caratterizzate da profili di alterazione poco sviluppati, che non interessano l'intero spessore del deposito, e da morfologie piuttosto ben conservate. Vengono riuniti pertanto in esso i depositi rispondenti a tale definizione presenti lungo la sponda bergamasca del Lago d'Iseo, che rappresentano l'espressione sedimentaria del ghiacciaio che ha occupato la Val Camonica; i depositi presenti in Val di Scalve, poichè tale valle è tributaria del Fiume Oglio; i depositi presenti in Val Borlezza e nel bacino di Clusone, legati alla diffluenza del ghiacciaio camuno entro tale valle; e i depositi glaciali e fluvioglaciali della Val Cavallina, che, pur appartenendo al bacino del Fiume Cherio, sono stati depositi da una diffluenza del ghiacciaio camuno e presentano quindi petrografia dei clasti del tutto differente rispetto ai depositi di stretta appartenenza a tale bacino.

In particolare, l'area in oggetto di studio risulta interessata dalla "sotto unità" individuata come : **113 a - Unità di Val Borlezza**

Unità di Val Borlezza

DEFINIZIONE

Diamicton massivi: depositi glaciali. Alterazione scarsa.

LITOLOGIA

L'Unità di Val Borlezza (D'Agostini, 1987) comprende:

- till di alloggiamento: diamicton massivi a supporto di matrice limosa, con sparsi ciottoli da centimetrici a pluridecimetrici subarrotondati o arrotondati, spesso con forma a proiettile e striati.



- till di ablazione: diamicton massivi a supporto di matrice sabbioso - limosa con abbondanti clasti eterometrici, da centimetrici sino a metrici, a spigoli smussati.

Clasti provenienti dalla media ed alta Val Camonica, con percentuali variabili di elementi carbonatici e silicatici. Cementazione nulla. Profilo di alterazione non osservato.

AREA DI AFFIORAMENTO

L'unità affiora nel fondovalle e lungo i versanti della media e bassa Val Borlezza, sino al versante sebino fra Lovere e Castro

MORFOLOGIA

L'Unità di Val Borlezza non presenta morfologie proprie conservate, tranne lungo il versante destro della valle, ove a quote comprese fra i 550 e i 600 m sono presenti piccoli cordoni morenici laterali. Essa in genere costituisce una copertura piuttosto discontinua e di spessore variabile che tappezza i versanti; nel fondovalle i depositi risultano incisi e terrazzati dal corso d'acqua attuale.

RAPPORTI STRATIGRAFICI

L'Unità di Val Borlezza riveste i versanti sino a quote attorno ai 600 m. Essa poggia direttamente sul substrato alle quote più elevate, mentre nel fondovalle il limite inferiore è caratterizzato da una superficie erosionale che tronca i depositi del Complesso di Pianico e del Complesso di Poltragno. Il limite superiore, anch'esso erosionale, coincide con la superficie topografica lungo i versanti; nel fondovalle invece su di essa poggiano spessori variabili di depositi alluvionali dell'Unità Postglaciale, e verso Nord dell'Unità di Cerete. I depositi glaciali dell'Unità di Val Borlezza non presentano alcun rapporto di continuità con quelli dell'Unità di Bossico, affioranti lungo la parte alta del versante, al di sopra di q. 750 m; la presenza di cordoni morenici distinti, a quote molto diverse fra loro, induce a ritenere che le due



unità siano legate a fasi di avanzata glaciale diverse; per tale motivo sono state tenute separate.

- **COMPLESSO DI POLTRAGNO (107)**

DEFINIZIONE

Diamictiti massive a supporto clastico o di matrice fine con clasti eterometrici di provenienza locale: depositi di versante. Diamictiti massive a supporto di matrice limosa con clasti di provenienza dalla Val Camonica: till di alloggiamento. Conglomerati a ciottoli arrotondati di provenienza dalla Val Camonica, a supporto clastico o di matrice arenacea, in corpi stratoidi: depositi alluvionali.

Costituisce placche discontinue, isolate dall'erosione o comunque svincolate dalla morfologia attuale.

Comprensivo di: Unità del Ceppo di Poltragno, Unità della Rocca di Castro, Unità di San Maurizio, Unità di Greno.

Il Complesso di Poltragno riunisce depositi conglomeratici segnalati in letteratura e ridescritti recentemente da Ghezzi (1987), al cui lavoro si fa qui riferimento. Essi affiorano con estrema discontinuità lungo la costa occidentale del Lago d'Iseo da Costa Volpino sino a Sud di Castro, e allo sbocco della Val Borlezza, immediatamente a monte dell'abitato di Castro. Si tratta di placche isolate, spesso note sin dall'antichità perchè sede di attività estrattiva, con caratteristiche petrografiche e di facies molto diverse fra loro, accomunate solo dalla mancanza di qualsiasi relazione diretta con le altre unità descritte.

In particolare, l'area in oggetto di studio risulta interessata dalla "sotto unità" individuata come : **Unità di San Maurizio**



Unità di San Maurizio

DEFINIZIONE

Conglomerati stratificati a ciottoli arrotondati poligenici: depositi alluvionali.

LITOLOGIA

L'Unità di San Maurizio è caratterizzata da depositi alluvionali: conglomerati talora stratificati a supporto prevalentemente di matrice, con ciottoli ben arrotondati di forma ellissoidale; clasti costituiti da dolomie, calcari, arenarie e siltiti rosse e verdi, graniti, metamorfiti e rocce magmatiche del basamento cristallino camuno. I clasti si presentano piuttosto alterati.

AREA DI AFFIORAMENTO

L'unità affiora sul versante a N di Castro, sino a località San Maurizio - I Frati.

RAPPORTI STRATIGRAFICI

L'Unità di San Maurizio appoggia direttamente sul substrato, ed è delimitata a tetto da una superficie erosionale su cui poggiano localmente depositi glaciali riferibili al Complesso dell'Oglio. Gli Autori che l'hanno segnalata (AMIGHETTI, 1889; VENZO, 1955; NAGERONI, 1964) indicano la presenza di orizzonti clinostratificati, ed interpretano il tutto come un deposito deltizio.

ETA' DEL COMPLESSO DI POLTRAGNO

Nessuna delle unità descritte ha fornito elementi che ne consentano una datazione, nè come detto esse presentano relazioni geometriche dirette che ne permettano l'inserimento in una stratigrafia relativa. Ciò in parte è legato alla loro posizione geografica, poichè esse fanno parte di un bacino molto più ampio, il bacino dell'Oglio, la cui stratigrafia quaternaria è tuttora da studiare; per tale motivo risulta impossibile, allo stato attuale delle conoscenze, inserirle in un quadro unitario. Esse risultano in genere più antiche dei depositi glaciali del Complesso dell'Oglio, che localmente le ricopre, e si sono deposte in genere in un contesto confrontabile con



l'attuale, quando l'escavazione del Lago d'Iseo era già avvenuta. La loro età può quindi estendersi al Pleistocene inferiore e medio.

5.2.2 Coperture Triassiche

- **Dolomia Principale (29)**

Quest'unità, che ha mantenuto l'antico nome introdotto in Lombardia da Lepsius (1876), affiora estesamente nell'area bergamasca dove costituisce l'unità di maggiore estensione areale.

Nelle Prealpi Bergamasche occidentali la Dolomia Principale è presente dalla Corna Grande alla Val Stabina sino a Cassiglio; si estende poi da qui lungo il versante destro della Val Brembana, ove forma la dorsale M. Venturosa - M. Cancervo - M. Sornadello - M. Zucco di S. Pellegrino. Costituisce poi la dorsale che separa la Val Brembana dalla Val Serina, ed il massiccio dell'Alben, sino alla media Val Seriana (Cima di Cavlera). Verso sud l'unità è presente inoltre in Valle Imagna e lungo l'allineamento Corna Bianca - M. Purito. Ad oriente del Serio la Dolomia Principale affiora in maniera pressochè continua entro una vasta area delimitata a nord dalla dorsale Cima Blum - M.Castello - M.Cornetto, ad est dall'allineamento M. Varro - M. Valtero sino al M. Clemo, a sud dall'allineamento Pizzo Formico - M. Grione - M. Clemo.

In gran parte dell'area cartografata il limite inferiore non è mai osservabile. L'unità poggia con contatto tettonico direttamente sui litotipi plastici della F. di San Giovanni Bianco. Solo nel settore più orientale la base dell'unità è conservata, lungo il versante destro della Val Supine. Il limite inferiore è qui con la F. di Castro ed è di tipo transizionale, caratterizzato dall'intercalazione di dolomie scure stratificate entro i banchi metrici di brecce calcaree poligeniche dell'unità sottostante. Il limite superiore è con l'Argillite di Riva di Solto in Valle Imagna e al Monte Cavlera; mentre lo è con il Calcarea di Zorzino in alta Valle Asinina (V. Taleggio) e in Val Cavallina; nel resto del



territorio, invece, a tetto della Dolomia Principale affiorano le Dolomie Zonate. L'unità è eteropica nella sua parte medio-superiore con il Gruppo dell'Aralalta.

Lo spessore, difficilmente valutabile a causa delle elisioni tettoniche, può variare da un minimo di 900 m ad un massimo di 1500 m. Gli spessori più cospicui, di oltre 2000 m, vengono raggiunti sul versante orientale del Lago d'Iseo.

La Dolomia Principale presenta alla sua base un membro costituito da dolomie ben stratificate scure (Membro basale della Dolomia Principale, unità 29a in carta geologica), costituite da dolareniti fini, grainstones oolitici e dolosiltiti sottilmente laminate, ricche in clasti pelitici flottati e con sottili intercalazioni marnoso-dolomitiche. Localmente sono presenti laminazioni stromatolitiche planari e a duomo di origine batterica, brecciole litoclastiche e piccoli slumpings. Lo spessore di questo membro varia da 100 a 200 m.

La successione soprastante consta di dolomie chiare in grossi banchi metrici (Dolomia Principale medio-inferiore), organizzata in cicli di tipo shallowing upward di spessore sino a decametrico. La sommità dei cicli è sovente caratterizzata da livelli con grossi pisoidi-oncoidi e brecciole loferitiche con cavità e filoncelli sedimentari riempiti da sedimenti interni. Negli intervalli subtidali sono frequenti gli accumuli di Alghe Dasycladacee (*Heteroporella zankli*, *Griphoporella* sp., *Giroporella* sp., *Uragella* cf. *supratriassica* e, nella porzione basale, anche *Clypeina besici*), *Porostromata* (*Cayuxia* sp.), oncoidi, *Problematica* (*Thaumatoporella parvovesiculifera*), *Lamellibranchi* (*Isognomon exilis*) e *Gasteropodi* (*Worthenia* sp.). Lo spessore di questa porzione di unità raggiunge i 500-900 m.

La Dolomia Principale superiore è solo localmente presente nelle aree marginali della piattaforma dove si realizza l'eteropia con la successione del Gruppo dell'Aralalta. In questi settori le facies della Dolomia Principale diventano più massive e presentano colorazioni da grigio chiare a scure. Esse sono caratterizzate da brecce dolomitiche poligeniche, packstones-rudstones bio-litoclastici e patch reefs costituiti da boundstones costituiti da prevalenti *Serpulidi*, Alghe blu-verdi e *Problematica* (Jadoul, 1985; Jadoul et alii, 1992 b). Associate ai patch reefs si hanno tasche bioclastiche ricche di *Lamellibranchi*, *Gasteropodi* (*Isognomon exilis*, *Worthenia* sp.) e



Dasycladacee. Al tetto di questa successione (Zogno, Pizzo Formico) si osservano localmente dolomie laminitiche scure, filoncelli sedimentari, tasche con pisoliti e brecce loferitiche connesse ad esposizioni subaeree (Jadoul & De Bonis, 1981; Jadoul et alii, 1992b). In corrispondenza del limite netto e discordante con l'Argillite di Riva di Solto a S. Pellegrino (sul retro delle Terme) è presente una crosta di spessore decimetrico di fosfato di calcio che documenta una possibile lacuna stratigrafica.

Lo spessore massimo della Dolomia Principale superiore è di circa 300-350 m; in molti settori delle Prealpi Bergamasche le facies di piattaforma marginale con biocostruzioni sono mancanti o limitate a poche decine di metri a tetto dell'unità (Piani d'Artavaggio-M. Venturosa-M. Albenza, M. Flop in Val Seriana). La Dolomia Principale superiore presenta inoltre frequentemente intercalazioni da metriche a decametriche di litofacies del Gruppo dell'Aralalta (M. Alben versante est; Bini et alii, 1991; M. Flop, Zogno, versante meridionale della Corna Bianca).

L'ambiente deposizionale della Dolomia Principale è una vasta ed articolata piattaforma carbonatica dolomitizzata precocemente, con prevalenti facies lagunari e di piana tidale nella porzione medio-inferiore. La parte superiore presenta una maggiore differenziazione degli ambienti in connessione all'individuazione di solchi intrapiattaforma controllati dalla tettonica sinsedimentaria e di particolari margini biocostruiti ubicati sui bordi di queste depressioni.

L'età della Dolomia Principale, in base alla posizione stratigrafica e alle faune a Lamellibranchi e Dasycladacee, equivale al Norico inferiore e medio (Jadoul et alii, 1994). La porzione basale dell'unità potrebbe essere di età Carnico superiore sulla base della presenza di Dasycladacee (*Clypeina besici*).

- **Formazione di Castro (28)**

Unità recentemente proposta da Jadoul et alii (1992a), in passato considerata parte integrante della Dolomia Principale e da alcuni autori denominata come "Brecce



Basali della Dolomia Principale” (Pollini, 1958; Assereto & Casati, 1965; Jadoul & Rossi, 1982).

L’area tipo si ubica nel settore compreso tra il Lago d’Iseo e il Passo della Presolana. In Val Brembana affioramenti limitati di questa unità sono presenti presso Serina (Lepreno) e in Val Torta (facies atipica in quanto costituita da brecce dolomitiche di derivazione dalla Dolomia Principale basale).

Il limite inferiore è di difficile ubicazione a causa delle frequenti elisioni tettoniche o scollamenti alla base della Dolomia Principale. Sul terreno si osserva un graduale passaggio dalle litofacies varie della F. di S. Giovanni Bianco (calcarei grigi, dolomie farinose e/o carnirole) a brecce calcareo-dolomitiche intraformazionali massive o in grossi banconi amalgamati localmente con intercalati calcari o calcari dolomitici grigi e scuri. Il limite superiore è generalmente transizionale con un progressivo incremento di dolomie grigio scure ben stratificate che rappresentano il Membro basale della Dolomia Principale.

Gli spessori dell’unità nell’area tipo sono di difficile valutazione a causa dei raddoppi o di elisioni tettoniche; mediamente sono quantificabili in 150-250 m.

Le litofacies che costituiscono questa unità sono in prevalenza brecce minute a clasti mediamente centimetrici, intraformazionali di calcari grigio chiari e scuri ricristallizzati (microspariti e pseudospariti), con numerose fratture tensionali primarie e tardo diagenetiche. Sono presenti intercalazioni di calcari grigio chiari e scuri in prevalenza micritici con scarse faune (Ostracodi e laminazioni batteriche ed algali). La parte mediana della formazione è costituita da prevalenti brecce calcaree in grossi banchi amalgamati. Diffuse nell’unità sono inoltre le brecce tettoniche connesse all’intensa tettonica alpina che ha interessato preferenzialmente questa unità a causa della sua posizione stratigrafica immediatamente al di sopra del II orizzonte di scollamento tettonico (tetto della F. di S. Giovanni Bianco).

La ricostruzione paleoambientale della F. di Castro è problematica sia per le particolari litofacies e sia per l’intensa tettonizzazione alpina di questa unità. Jadoul et alii (1992a), dopo aver preso in considerazione varie ipotesi genetiche, propendono per un’ambiente marino transizionale, privo di apporti terrigeni, in un



contesto tettonicamente attivo e con possibili interferenze ad opera di modificazioni diagenetiche in atto nei sottostanti gessi-anidriti della F. di S. Giovanni Bianco.

L'età dell'unità, sulla base della sua posizione stratigrafica, è ritenuta attribuibile al Carnico superiore.

- **Formazione di San Giovanni Bianco (27)**

Anche la F. di San Giovanni Bianco è stata formalizzata da Assereto & Casati (1965); in passato era già stata riconosciuta e cartografata nel Foglio 33 Bergamo ("Carnico superiore: facies lagunare"). Nelle Prealpi Bergamasche occidentali affiora lungo il versante destro della media Valle Brembana lungo una fascia a decorso meridiano da Averara a San Giovanni Bianco; si estende in senso est-ovest dalla Valle di Antea sino a Serina, Oltre il Colle e in Valle del Riso. A oriente è presente da Ardesio alla Valle del torrente Rino; in alta Valzurio sino quasi al versante Nord della Presolana; in Valle del Dezzo e lungo il versante settentrionale del Pizzo Camino; sul versante occidentale del M. Pora dal M. Lantana alla Val Supine.

L'unità poggia in genere sulla F. di Gorno. Nel settore brembano il limite inferiore è caratterizzato dalla graduale comparsa di strati arenacei grigio-verdi via via più frequenti entro le marne e i calcari neri dell'unità sottostante; verso est (Val del Riso) il limite è invece segnato dalla comparsa di peliti verdine associate a dolomie grigio scure.

Solo nel settore nord-orientale (Unità alloctone della Presolana) l'unità poggia sulla F. di Breno; il limite è qui segnato dalla improvvisa comparsa di argilliti e siltiti nere sovrastate da dolomie grigie farinose e dolomie grigio scure, a cui fanno seguito alternanze di argilliti verdi e dolomie marnose ocracee.

Il limite superiore è spesso mancante a causa di elisioni tettoniche: l'estrema plasticità dei litotipi che compongono l'unità in esame ha favorito infatti i movimenti e gli scollamenti tettonici alpini (Il livello di scollamento della successione triassica). Dove è conservato, il contatto avviene con la F. di Castro o con la Dolomia Principale. Per gli stessi motivi anche lo spessore della formazione risulta



difficilmente valutabile. I valori medi si mantengono comunque attorno a 100-160 m, mentre quelli massimi si raggiungono nei settori meridionali dove, presso S. Giovanni Bianco, superano i 200 m (Garzanti et alii, 1995). Verso NE l'unità si riduce di spessore in quanto la parte inferiore è sostituita dalla Lingua di Campolungo della F. di Breno della Val Camonica (Assereto & Casati, 1965).

La F. di San Giovanni Bianco si contraddistingue per l'estrema eterogeneità dei litotipi presenti. Sono localmente riconoscibili due membri (Assereto et alii, 1977; Garzanti, 1985a; Garzanti et alii, 1995): l'inferiore, potente sino a 80 m, è prevalentemente terrigeno; quello superiore, potente 50-150 m, è carbonatico-pelitico-evaporitico.

Nei settori meridionali prevalgono nel membro inferiore le arenarie fini (litareniti), siltiti verdastre raramente rossastre ricche in clasti pelitici e, localmente, con concrezioni carbonatico-silicee fino a decimetriche. Sono diffusi i noduli e cristalli di pirite negli orizzonti verdi e frustoli vegetali (S. Giovanni Bianco, Dossena).

A queste litofacies si associano marne dolomitiche da grigie a giallastre, ocracee sulla superficie alterata. In Val Brembana, presso la località tipo di S. Giovanni Bianco, sono caratteristici di questo membro inferiore i corpi lenticolari di spessore metrico di arenarie grigio verdi, con laminazioni oblique, base degli strati a superficie erosiva, associate a siltiti. Nella porzione superiore di questo membro divengono via via più frequenti, soprattutto procedendo verso nord, le litofacies carbonatico-evaporitiche con dolomie grigie, dolomie marnose, calcari dolomitici vacuolari, sfaticci, di colore bruno-giallastro e orizzonti di carniole. Nei settori centro-meridionali queste facies si alternano o vengono sostituite da argilliti e siltiti rosso-vinate ricche in concrezioni (septaria, caliche) che chiudono la sequenza fining-upward del membro inferiore della F. di S. Giovanni Bianco.

Nel membro superiore della F. di S. Giovanni Bianco alle siltiti verdi, ricche in dolomite e con rare e locali intercalazioni arenacee fini, si intercalano dolomie vacuolari e marnose sovrastate da lenti di gesso. Alcune di queste lenti di gesso sono oggetto di intenso sfruttamento (S. Brigida, Dossena, Lovere), il loro spessore raggiunge i 100 m in Val Brembana e i 200 m presso Lovere.



Nelle valli Seriana e del Dezzo la frazione terrigena è invece subordinata ai carbonati e rappresentata solo da interstrati decimetrici pelitici; prevalgono in questi areali le dolomie grigie e grigio scure, terrose e vacuolari.

Verso l'alto si fanno frequenti gli orizzonti di carniole tettoniche che documentano una elisione di parte dell'unità qui ridotta a non più 40-60 m di potenza (M. Scanapà). Nelle Valli Supine e Riso, alla base del membro superiore, è presente un orizzonte trasgressivo caratterizzato da calcareniti bioclastiche con Crinoidi, Brachiopodi, Coralli, rare Spugne, Idrozoi, Foraminiferi (Aulotortidi) (Jadoul et alii, 1992a; Garzanti et alii, 1995).

La petrografia delle litareniti del membro inferiore ha evidenziato la presenza di areniti vulcaniche plagioclastiche (Q13/F27/L60) e litareniti vulcaniche (Q17/F17/L65), con incremento del contenuto in quarzo rispetto alle areniti dell'Arenaria di V. Sabbia (Garzanti, 1985a,b).

I fossili rinvenuti in questa unità sono generalmente scarsi ad eccezione del sopracitato orizzonte fossilifero e di sporadiche segnalazioni di *Neomegalodon gornensis* Allasinaz e *Neomegalodon triqueter* (Wulfen) in Valle del Frucc (Assereto & Casati, 1965; Allasinaz, 1968a). Tali faune confermerebbero l'attribuzione dell'unità al Carnico superiore (Tuvalico), basata soprattutto sulla sua posizione stratigrafica.

Le caratteristiche sedimentologiche della F. di San Giovanni Bianco indicano una deposizione entro un'area costiera poco profonda, a sedimentazione mista carbonatico-terrigena delimitata a meridione da un apparato fluviale (F. di S. Giovanni Bianco inferiore brembana). Le arenarie presenti nella porzione inferiore della formazione nel settore brembano mostrano caratteristiche simili, ma più ricche in quarzo, alla sottostante Arenaria di Val Sabbia. Esse documentano una ripresa degli apporti silicoclastici da O, SO, legata ad un abbassamento del livello di base dell'erosione che determina in quest'area la progradazione di un nuovo sistema deposizionale fluviale. Questo ambiente gradualmente passa, superiormente e verso settentrione, ad ambienti di sabkha, con sedimentazione mista. Una dettagliata analisi delle facies e della paleogeografia di questa unità è in corso di ultimazione.



- **Formazione di Gorno (26)**

La F. di Gorno, istituita nel 1965 da Assereto & Casati, affiora nella Bergamasca entro una fascia a decorso est-ovest dalla media Val Brembana (Camerata Cornello) sino alla Val Camonica. In passato questa unità è stata descritta come “Strati di Gorno e Dossena” e cartografata, nel foglio geologico 33 Bergamo, come “Facies marnoso-calcareo del Carnico medio”. Affiora in media Val Brembana e si estende attraverso la Val Parina e la Val del Riso sino alla media Val Seriana (Ardesio, Villa d’Ogna). E’ presente inoltre in Val Camonica tra Lovere e il Monte Pora sino al Colle di Vareno, e in limitati affioramenti in Valle del Dezzo e sul versante settentrionale del massiccio della Presolana. La sezione tipo è stata proposta da (Allasinaz, 1968b) in Val del Riso. Questa sezione, con strati a franappoggio, è attualmente poco affiorante e priva dei limiti di tetto e letto, per cui si propone la sezione di Dossena lungo la strada per il passo della Crocetta-Serina come nuova sezione tipo (Gnaccolini, 1986).

L’unità poggia in genere, nel settore centro-settentrionale, sul Calcarea Metallifero Bergamasco o, localmente, sul Calcarea di Esino (Cima Blum). Il limite inferiore è netto, segnato dalla comparsa sopra i calcari grigi ben stratificati di calcari marnosi grigio scuri con intercalazioni di marne nerastre. Nei settori meridionali (media Val Brembana) la F. di Gorno è sovrastante l’Arenaria di Val Sabbia. Superiormente l’unità passa gradualmente alle arenarie e peliti verdastre della F. di San Giovanni Bianco. Nel settore nord-orientale (Cima Blum, M. Lantana, Valle del Dezzo) l’unità è invece limitata a tetto dai calcari chiari stratificati della F. di Breno, alla quale risulta anche eteropica nelle Prealpi Lombarde a nord-ovest (Val Camonica; Assereto & Casati 1965; Gnaccolini & Jadoul, 1988). La F. di Gorno presenta inoltre, nei settori meridionali prealpini, rapporti di eteropia per interdigitazione con l’Arenaria di Val Sabbia. Nel settore occidentale (Camerata Cornello-Oltre il Colle), infatti, è presente una “Lingua inferiore” (Assereto et alii, 1977), con uno spessore massimo di 22 m (sondaggio San Gallo), costituita da marne argillose o siltose grigio scuro laminate, che si chiude rapidamente verso ovest. A questa seguono, con contatto netto, le arenarie verdi stratificate dell’Arenaria di Val Sabbia, con ripetute intercalazioni di



litareniti entro i calcari marnosi ed intervalli di areniti ibride. Sull' Arenaria di Val Sabbia brembana poggia a sua volta il corpo principale ("Membro superiore", Assereto et alii, 1977) della F. di Gorno, costituito da calcareniti ricche in extraclasti di quarzo e poi alternanze di marne calcari micritici, calcareniti, e calcari marnosi grigio scuri, fossiliferi. In Val Camonica inferiore si osserva una situazione analoga, ma dato l'esiguo spessore in tale area della "lingua inferiore" essa è stata cartografata assieme all'Arenaria di Val Sabbia.

Lo spessore della F. di Gorno è estremamente variabile, anche a causa delle eteropie presenti; varia da 70 a 140 m tra S. Giovanni Bianco e Lenna, raggiunge valori medi di 140-180 m nel settore Dossena-Oltre il Colle e supera i 250 m in Val del Riso e nella parte inferiore della Valle del Dezzo.

La F. di Gorno è costituita da una potente successione a sedimentazione mista carbonatico-terrigena con organizzazione ciclica delle facies. Essa è arricchita in terrigeni soprattutto nelle porzioni inferiori e superiori delle successioni più meridionali ove si osservano interdigitazioni con le litofacies dell'Arenaria di Val Sabbia e della F. di S. Giovanni Bianco (Val Brembana, Val Camonica). Nei settori più settentrionali (dal M. Arera verso oriente) sono presenti alcune intercalazioni di calcari grigio chiari di piattaforma carbonatica (F. di Breno). In Val Brembana e Val Camonica l'unità è caratterizzata da una litozona mediana prevalentemente carbonatica, di spessore decametrico, contenente sporadici noduli di selce nera e packstones a Involutinidae ricristallizzate (Gnaccolini & Jadoul, 1988).

Le litofacies prevalenti sono costituite da calcari micritici, marnosi e marnoso-arenacei, grigio scuri, sovente ricchi in lamellibranchi in strati decimetrici piano-paralleli, talora nodulari, alternati con strati pelitici e marnosi. Intercalazioni di litareniti feldspatiche ed areniti ibride sono segnalate localmente soprattutto nella parte inferiore dell'unità (S. Giovanni Bianco, Dossena, Val Vedra; Gnaccolini, 1986). Frequenti sono le laminazioni parallele ed oblique (ripples di corrente e d'onda), e localmente fenomeni di bioturbazione. Le microfacies carbonatiche più frequenti sono wackestones e packstones a peloidi, bioclasti ed intraclasti; nettamente



subordinati risultano i grainstones oolitico-bioclastici, presenti essenzialmente nelle porzioni inferiore e media dell'unità e rari patch reef algali (Gnaccolini, 1986).

La F. di Gorno è nota nella letteratura geologica sin dal secolo scorso per l'abbondante contenuto faunistico. Nei livelli calcareo-marnosi sono infatti frequenti le associazioni oligotipiche a Lamellibranchi. Fra queste ricordiamo: *Myophoria kefersteini* (Münster), *Myoconcha lombardica* (Hauer), *Modiolus raiblianus* (Bittner), *Amussium filiosus* (Hauer), *Curionia curionii* (Hauer). Vari altri organismi tra cui Nautiloidi, rari Ammonoidi, *Problematica* (*Hydrosclera plumosa*, Gaetani & Fois) sono stati rinvenuti in questa unità. Nella porzione sommitale dell'unità sono state rinvenute (Zambla, M. Pora) resti vegetali ben conservati (A. Paganoni com. pers.) Sulla base di tali faune l'unità è concordemente attribuita al Carnico, e in particolare al Cordevolico e allo Julico (Allasinaz, 1968a, b).

L'associazione di facies della parte inferiore della F. di Gorno evidenzia un ambiente deposizionale di ampia laguna-baia a sedimentazione mista carbonatica e terrigena, con apporti terrigeni anche grossolani provenienti dal settore meridionale e legati alla vicinanza degli apparati deltizi dell'Arenaria di Val Sabbia. I grainstones oolitici vengono in questo quadro interpretati come indice di aree marginali della laguna, ma protette dagli apporti terrigeni stessi (Gnaccolini, 1986, 1988). Le strutture sedimentarie presenti indicano un'area relativamente poco profonda, soggetta a correnti trattive e localmente all'azione del moto ondoso, con condizioni di buona ossigenazione al fondo (livelli bioturbati); localmente potevano instaurarsi condizioni di circolazione ristretta, testimoniate dallo sviluppo di faune oligotipiche. Nella parte mediana dell'unità si assiste al progressivo esaurimento di tali apporti, legato probabilmente ad un innalzamento eustatico (Gnaccolini & Jadoul, 1988) e al conseguente ampliamento dell'area a sedimentazione lagunare o di baia.

- **Arenaria di Val Sabbia (25)**

Istituita nel 1965 da assereto & casati, ma già cartografata nel foglio geologico 33 Bergamo come "Facies arenacea", l'Arenaria di Val Sabbia affiora in due distinte



aree. Nel settore occidentale prealpino costituisce una fascia a decorso meridiano lungo il versante destro della Val Brembana da Averara a Camerata Cornello, estendendosi da qui verso est sino a Dossena; è presente inoltre al M. Ortighera, fra Fuipiano al Brembo e Antea, e in alta Val Parina fra Oltre il Colle e il Pizzo Arera. Nel settore orientale prealpino la formazione affiora lungo il versante destro della bassa Val Camonica, tra il Colle di Vareno e la Val Supine.

In Val Brembana e bassa Val Camonica l'unità poggia su marne e calcari marnosi del Membro basale della F. di Gorno oppure direttamente sul Calcare Metallifero Bergamasco. Il limite è generalmente posto in corrispondenza della comparsa di arenarie con clasti di vulcaniti e siltiti verdastre ben stratificate al di sopra di marne e/o calcari marnosi, calcari grigio scuri. Più ad est, nei dintorni di Dossena invece le arenarie verdastre fanno transizione verso il basso ai calcari marnosi e marne siltose nere della "Lingua inferiore" della F. di Gorno. Superiormente l'unità passa gradualmente ai calcari marnosi neri ed arenacei della F. di Gorno, con cui presenta evidenti rapporti di eteropia.

L' Arenaria di Val Sabbia raggiunge in media Val Brembana uno spessore massimo di 520 m (sondaggio S. Gallo, Garzanti & Jadoul, 1985), verso nord si riduce a 250-150 m e poi si chiude rapidamente verso Nord ed Est. In Val Camonica lo spessore massimo si aggira sui 200 m, e si riduce rapidamente verso Nord ed Ovest in quanto sostituita lateralmente dalla F. di Gorno (Gnaccolini & Jadoul, 1988).

Questa unità costituisce due potenti cunei clastici provenienti dai quadranti meridionali (bassa Val Brembana, Lecchese e Val Sabbia) ed intercalati entro i sedimenti lagunari della F. di Gorno.

L'unità è caratterizzata da siltiti e litareniti vulcaniche plagioclastiche, con scarsissimo quarzo (Q7/F38/L56, arenarie immature o submature, Garzanti, 1985a); esse si presentano molto compatte e ben stratificate in banchi sino a plurimetrici. Nel settore occidentale dal basso verso l'alto si può distinguere una porzione di colore grigio-verdastro (Arenaria di Val Sabbia inferiore), seguita da arenarie di colore rosso cupo (Arenaria di Val Sabbia centrale), ed infine un secondo intervallo di arenarie verdi (Arenaria di Val Sabbia superiore) (Garzanti, 1988). In Val Camonica il colore è



invece quasi sempre grigio-verdastro, subordinati sono gli intervalli rossi presenti in Val Supine.

La successione è organizzata in sequenze cicliche di tipo fining-upward (FU) di spessore decametrico, con base spesso erosionale, irregolarmente ondulata. Alla base di ciascun ciclo possono essere presenti conglomerati intraformazionali a clasti pelitici rosso cupo o grigio-nerastri; seguono litareniti feldspatiche da fini a medie, con laminazioni oblique a festoni e localmente laminazioni piano-parallele, passanti verso l'alto a siltiti massive, spesso contenenti noduli calcareo-cloritici di origine pedogenetica (Casati & Pace, 1968), cristalli di pirite ed intercalati livelli di litareniti finissime (Gnaccolini, 1983, 1986).

Il rapporto tra litareniti e siltiti è molto variabile; complessivamente la granulometria aumenta verso l'alto nella parte inferiore dell'unità (Garzanti, 1988). All'interno degli intervalli arenitici la selezione è moderata; i granuli di quarzo si presentano da subangolosi ad angolosi, più arrotondati risultano i litici vulcanici; la matrice è in genere presente in proporzioni variabili. Si tratta di arenarie immature o submature (Garzanti, 1985a,b).

Nel sondaggio di S. Gallo a nord di S. Pellegrino sono stati rinvenuti intercalazioni di gessi nella parte inferiore dell'unità (Gnaccolini & Jadoul, 1985).

L' Arenaria di Val Sabbia non contiene fossili; solo localmente nelle areniti verdi dei settori più settentrionali sono stati rinvenute concrezioni contenenti piccoli lamellibranchi.

Questa unità è attribuita al Carnico e in particolare al Cordevolico, sulla base dell'eteropia con la porzione medio-inferiore della F. di Gorno.

Le caratteristiche sedimentologiche e i rapporti laterali dell' Arenaria di Val Sabbia indicano una deposizione in ambiente di transizione da continentale a lagunare, in corrispondenza di due distinti edifici deltizi, uno occidentale esteso dalla Valsassina alla Val Brembana, e uno orientale sviluppato essenzialmente nel Bresciano (Assereto et alii, 1977; Assereto & Casati, 1965; Gnaccolini, 1983). Nell'ambito dell'edificio deltizio brembano si può distinguere una prima fase di progradazione con deposizione in ambiente deltizio marino (arenarie verdi), a cui seguono i red-beds



fluvio deltaici tipici di ambienti di piana deltizia. Nella parte superiore dell'unità, la riduzione graduale degli apporti evidenzia il ritorno a condizioni di piana deltizia inferiore e fronte del delta. I depositi grossolani alla base di ciascuna sequenza FU sono interpretati in questo quadro come depositi di riempimento di canale, seguiti da depositi più fini di inondazione.

La direzione in cui decrescono gli spessori, le strutture sedimentarie e la petrografia dei clasti indicano una provenienza dall'erosione di una cintura vulcanica posta a sud e non nota in affioramento ("Cintura Mobile Meridionale" di Busca et alii, 1981). Il chimismo andesitico dei litici vulcanici, in particolare, porta ad ipotizzare una deposizione entro un bacino di retroarco ensialico (Garzanti, 1985b, 1986).

I clasti di vulcaniti alterate deriverebbero da apparati vulcanici del Carnico inferiore; è tuttavia possibile che buona parte degli stessi possa costituire l'erosione di successioni terrigene con vulcanoclastiti ladiniche (F. di Wengen), che nei settori sud-orientali (Val Supine) sono quasi a contatto stratigrafico con l'Arenaria di V. Sabbia.

- **Calcere Metallifero Bergamasco (24)**

Quest'unità, formalizzata da Assereto & Casati (1965) in Valcamonica, affiora in tutte le Prealpi Bergamasche dove forma una sottile fascia di affioramenti al tetto del Calcere di Esino o della F. di Breno. La denominazione deriva dal fatto che questa unità, unitamente alla sottostante F. di Breno, contiene mineralizzazioni a Pb-Zn, fluorite e barite. Il termine minerario di "Metallifero", utilizzato in passato negli studi giacimentologici, è più estensivo in quanto comprende questa unità e la sottostante Formazione di Breno (Rodeghiero & Vailati, 1978; Omenetto, 1966). Il limite inferiore è con la F. di Breno e si realizza con passaggio da calcari grigio chiari a calcari scuri ben stratificati con stromatoliti e localmente liste di selce nera. Superiormente l'unità passa a marne scure della Lingua basale della F. di Gorno o ad arenarie a clasti vulcanici e siltiti verdine dell'Arenaria di Val Sabbia.



Gli spessori di questa unità in Val Brembana variano da pochi metri a circa 20 m; più a oriente la potenza media si mantiene sui 40-50 m. Il Calcare Metallifero Bergamasco è costituito da calcari grigio scuri ben stratificati con cicli peritidali di spessore decimetrico, ricchi in livelletti stromatolitici planari e fenestrae. Tra le microfacies sono diffusi i packstones bio-intraclastici bioturbati, fenestrati e localmente grainstones oolitici. Nella parte sommitale dell'unità sono più frequenti le sottili intercalazioni marnose e i fenomeni di silicizzazione con liste di selce nera soprattutto in corrispondenza della media Val Brembana. Nelle zone dove il Calcare Metallifero Bergamasco risulta mineralizzato sono presenti grandi cavità paleocarsiche alla sua sommità (Paglio Pignolino, Assereto et alii, 1977). I fossili sono scarsi e limitati a rare Dasycladacee (*Clypeina besici*), piccoli Gasteropodi e Lamellibranchi e Foraminiferi bentonici. L'ambiente deposizionale del Calcare Metallifero Bergamasco è una piana tidale ristretta prospiciente il sistema deposizionale lagunare-deltizio dell'Arenaria di Val Sabbia - F. di Gorno (Assereto et alii, 1977; Garzanti & Jadoul, 1985).

- **Calcare di Esino (21)**

Questa formazione è stata descritta per la prima volta con il significato di unità litostratigrafica, da Hauer (1858). Nelle Prealpi Bergamasche occidentali Varisco (1881) descrive questa unità con il nome di "Dolomia di Esino-Lenna". Studi recenti sono stati effettuati da Casati & Gnaccolini (1967), Assereto et alii, (1977) e Jadoul et alii, (1992d) in Val Brembana. Il Calcare di Esino caratterizza la maggior parte dei gruppi montuosi di aspetto dolomitico delle Prealpi Bergamasche, dal M. Pegherolo, M. Menna al Pizzo della Presolana, Concarena-Pizzo Camino. Il limite stratigrafico inferiore è con la F. di Buchenstein e localmente con le F. di Prezzo o di Wengen. Il limite superiore è generalmente netto con la F. di Breno; localmente, tra la Val Brembana e la Val Seriana è presente una discontinuità stratigrafica con interposte lenti di breccie carbonatiche sottostanti i calcari peritidali con tepee del Calcare



Rosso. Nei settori più settentrionali la formazione passa direttamente al Calcarea Metallifero Bergamasco o, più raramente, alla F. di Gorno.

Gli spessori del Calcarea di Esino sono variabili. Nei settori prealpini, caratterizzati nel Ladinico da una prevalente deposizione di carbonati di piattaforma, la potenza si mantiene tra 700 e 1200 m. Nelle aree ad evoluzione più bacinale, dove sono presenti le eteropiche unità di Buchenstein, Wengen e/o Perledo Varenna, o Argillite di Lozio, il Calcarea di Esino presenta spessori mediamente di 200-400 m. A S della Val Supine il Calcarea di Esino non è presente in quanto sostituito totalmente dalle formazioni di Buchenstein e Wengen.

La successione del Calcarea di Esino è costituita da varie litofacies di piattaforma carbonatica, localmente parzialmente dolomitizzate, che individuano l'evoluzione di un articolato sistema deposizionale che comprende vari ambienti di piattaforma interna, di margine biocostruito e di pendio della piattaforma.

a) La parte medio-inferiore del Calcarea di Esino è generalmente la più differenziata, con presenza di calcari massivi bioclastici con locali ricche tasche costituite da accumuli di Lamellibranchi, Brachiopodi, Gasteropodi, Ammonoidi (Lumachella di Ghegna in Val Secca di Roncobello, in Tommasi, 1911, 1913). Queste facies si associano a calcari organogeni di scogliera con Tubiphites, Poriferi e rari Coralli. Lateralmente a questo tipo di successione prevalgono successioni stratificate in strati e banchi metrici caratterizzati da cicli peritidali, accumuli di Dasycladacee (Diplopora annulata, Teutloporella herculea), calcari oncolitici con peloidi, grapestones e foraminiferi bentonici (Trochammina sp. , Endothyra sp., Ammobaculites sp., Erlandinite sp., Diplotremina sp.). Nelle zone di transizione laterale tra queste litofacies e quelle massive di margine sono presenti localmente (Val Parina, Costa Pagliari) numerose tasche bioclastiche ricche in grossi Gasteropodi (prevalenti Trachynerite sp.), Lamellibranchi (Patrini, 1927) ed Ammonoidi (Jadoul et alii, 1992d; Fantini, 1994). In particolare le ricche associazioni ad Ammonoidi sono state rinvenute nel Calcarea di Esino inferiore e medio della Val Parina inferiore; le faune sono addensate in numerose lenti bioclastiche di dimensioni metriche. Tra le specie determinate (Fantini, 1994) si segnala la presenza di: Norites dieneri, Epigymnites



moelleri, *E. paronae*, *E. frequens*, *Celtites* sp., *Argolites* sp., *Protrachyceras longobardicum*, *P. steinmanni*, *P. irregolare*, *Eoprotrachyceras gervasuttii*, *Rossiceras orobicum*, *Chiesiceras perticaense*, *Detoniceras raricostatum*, *Monophyllites wengenensis*, *Aploceras* sp.

Le facies che fanno da transizione alle successioni ladiniche di bacino presentano frequenti intercalazioni stratificate in grossi banchi di calcareniti-ruditi litoclastiche, localmente (Valle di Scalve, Colere, Cimon della Bagozza-Concarena, Pizzo Camino, M. Menna) con evidenti clinoforni. In generale queste facies di transizione tra la piattaforma e il bacino sono poco affioranti nelle Prealpi Bergamasche a causa della tettonica alpina e delle coperture.

Nelle facies di margine biocostruito e di pendio superiore della piattaforma ladinica sono particolarmente diffusi reticolati pervasivi di cavità-fratture di dimensioni da centimetriche a plurimetriche riempite da croste isopache di cementi calcitici (grandi e piccole *evinosponge*) interpretate come reef cement sindeposizionali e, in parte, connesse a modificazioni diagenetiche della piattaforma a seguito di esposizione subaeree.

b) Il Calcarea di Esino superiore è generalmente caratterizzato da prevalenti calcari grigio chiari, stratificati in grossi banchi metrici caratterizzati da cicli peritidali con livelli stromatolitici, fenestrate, ed accumuli di Alghe *Dasycladacee* (*Diplopora annulata*, *Teutloporella herculea*, *T. hechinata*, *T. nodosa*) e Gasteropodi. Al tetto della successione, soprattutto nelle Prealpi Bergamasche centro-occidentali, sono presenti orizzonti caratterizzati da lenti di brecce carbonatiche, calcari sopratidali con tepees embrionali, caliches, "raggioni" (Assereto & Folk, 1980), paleosuoli e tasche-fratture di natura carsica con sedimenti interni carbonatici laminati e a volte con strutture geopetali, argille grigio verdine che penetrano nella successione per alcune decine di metri (Assereto et alii, 1977). Tutte queste strutture documentano un trend regressivo nelle facies del Calcarea di Esino che culmina con una emersione quasi generalizzata delle piattaforme ladiniche in Lombardia.

Il Calcarea di Esino è molto ricco in organismi che colonizzavano la piattaforma carbonatica ladinica; prevalgono le Alghe *Dasycladacee*, i Lamellibranchi, i



Gasteropodi nelle successioni di piattaforma interna; i Tubiphites, Poriferi, Coralli sono spesso associati ai precedenti nelle successioni di piattaforma marginale biocostruita dove costituiscono patch reefs di dimensioni varie. Un recente studio sulla ricca fauna della Val Parina ha permesso di determinare numerosi generi di Ammonoidi che documentano la presenza di biozone dell'Anisico sommitale (Zona a Nevadites), Ladinico inferiore (Zona Curioni) e parte basale del superiore (Zona Archelaus) nella parte medio-inferiore del Calcarea di Esino della Val Parina (Jadoul et alii, 1992d; Fantini, 1994). L'età delle successioni più potenti e complete di Calcarea di Esino comprende la parte sommitale dell'Anisico e la maggior parte del Ladinico.

- **Formazione di Wengen (19)**

Unità istituita in Dolomiti nel secolo scorso. La F. di Wengen affiora limitatamente nella Bergamasca occidentale (gruppo del Monte Pegherolo-Monte Cavallo); a oriente è presente, con maggiore continuità laterale, in Valzurio, nel gruppo del M. Vigna Vaga, al Monte Ferrante-Cima Verde, nella Valle di Colere, sui versanti settentrionale ed occidentale del gruppo Cimone della Bagozza-Pizzo Camino sino alla Corna Mozza, e in Val Supine.

L'unità poggia inferiormente sulla F. di Buchenstein; il limite è in genere caratterizzato dalla improvvisa comparsa sopra i calcari neri con selce, di arenarie vulcanoclastiche verdastre, localmente con resti vegetali. Solo in Val Supine il limite è più graduale, con alternanze tra i calcari nodulari selciosi e le marne nere tipiche di questa formazione. Superiormente la F. di Wengen fa passaggio transizionale ma rapido ai calcari chiari in grossi banchi del Calcarea di Esino o alle peliti dell'Argillite di Lozio; con tali formazioni presenta inoltre rapporti di eteropia. Diversa è la situazione al M. Pegherolo-M. Cavallo, dove la F. di Wengen è intercalata entro il Calcarea di Esino; il limite è qui sempre netto, segnato dal passaggio brusco, sia verso il basso, sia verso l'alto, da calcari e calcari dolomitici chiari di piattaforma in grossi banchi ad argilliti, marne e calcari neri ben stratificati.



Lo spessore di questa unità è molto variabile a causa dell'eteropia con il Calcarea di Esino e con l'Argillite di Lozio, esso è compreso tra 0 e circa 200 m.

La F. di Wengen si caratterizza per varie associazioni di litofacies silicoclastiche associate con carbonati. Nel settore compreso tra la Val Seriana e la Valle del Dezzo affiora la successione più tipica, data essenzialmente da litareniti grigio-verdastre a cemento carbonatico in strati decimetrici, con frequenti resti carboniosi di vegetali, passanti verso l'alto a calcari arenaceo-marnosi scuri. In Val di Scalve la successione è costituita prevalentemente da marne e marne laminate siltose nere in spessi banchi, con intercalate argilliti marnose nerastre ed arenarie quarzoso-vulcanoclastiche grigio-verdi compatte, in strati decimetrici isolati (Assereto & Casati, 1965). In Val Supine, infine, prevalgono nella parte inferiore arenarie torbiditiche e siltiti grigio-verdi laminate in banchi con interstrati argillosi neri millimetrici, mentre in quella superiore argilliti e marne nere

Al Monte Pegherolo la F. di Wengen è costituita prevalentemente da argilliti marnose dolomitizzate nerastre fittamente laminate e marne nere, cui si intercalano frequenti livelli di calcari dolomitici chiari, calcari marnosi nerastri e calcari marnoso-dolomitici in banchi (Casati & Gnaccolini, 1967). Queste litofacies della Valle Brembana, tuttavia, non sono quelle tipiche della formazione e verosimilmente rappresentano una successione di Wengen con facies di transizione a quelle delle formazioni dell'Argillite di Lozio e al Calcarea di Perledo Varenna (Gaetani et alii, 1987; Gaetani et alii, 1992). Anche sul versante N del M. Menna sono presenti al tetto della successione bacinale ladinica (qui cartografata come F. di Perledo Varenna); si intercalano litofacies arenaceo-tufacee simili a quelle della F. di Wengen della Grigna Settentrionale (Gaetani et alii, 1987) e della Valle di Scalve.

Fatta eccezione per la Valle di Scalve, dove sono segnalate (Mojsisovics, 1882; Mariani, 1899; Tommasi, 1901) ricche faune della zona a Regoledanus del Ladinico superiore, la F. di Wengen non è ricca di fossili. Si rinvennero localmente Lamellibranchi pelagici (*Daonella lommeli* Wissman), Ammonoidi (*Celtites epolensis* Mojsisovic, *Protrachiceras* sp.) e frequenti resti di vegetali. Sulla base di tale



contenuto paleontologico e della posizione stratigrafica, l'unità viene attribuita al Ladinico superiore.

Le caratteristiche litologiche e sedimentologiche della F. di Wengen testimoniano la presenza di ambienti deposizionali connessi alla presenza di solchi intrapiattaforma a circolazione ristretta, con sedimentazione mista, carbonatico-terrigena. I periodici apporti terrigeni grossolani anche di natura vulcanica, così come la presenza di resti vegetali, indicano la relativa vicinanza di terre emerse e di vulcaniti in erosione in settori meridionali e occidentali non affioranti delle Prealpi Bergamasche.

- **Formazione di Buchenstein (17)**

La F. di Buchenstein, istituita in Dolomiti nel secolo scorso, affiora limitatamente nel settore occidentale delle Prealpi Bergamasche sul versante settentrionale del Monte Pegherolo, in Val Parina e, con spessore non cartografabile presso Piazza Brembana. Verso est è presente, con maggiore continuità, in corrispondenza del gruppo del M.Vigna Vaga, lungo il versante meridionale della Val di Scalve e in Val Camonica.

Essa poggia sul Calcere di Prezzo con limite netto, segnato dalla scomparsa delle intercalazioni marnose e dalla contemporanea comparsa di calcari nodulari con interstrati tufacei, noduli e liste di selce. Nel settore occidentale l'unità fa passaggio verso l'alto al Calcere di Esino, con il quale presenta anche rapporti di eteropia e facies di transizione piattaforma-bacino (Jadoul et alii, 1992d). Sul versante N del M. Menna l'unità è sostituita o incorporata nella potente e indifferenziata successione anisico superiore-ladinica cartografata come F. di Perledo Varenna. Nel settore orientale (Valle di Scalve) invece il limite superiore è generalmente con la F. di Wengen o più raramente con l'Argillite di Lozio, Calcere di Pratotondo (soprattutto nel settore non rilevato della Valle di Lozio in provincia di Brescia).

Lo spessore dell'unità raggiunge un massimo di 60-70 m in Val di Scalve, riducendosi verso occidente a 10-17 m.



La F. di Buchenstein è costituita in genere da calcari micritici grigio nerastri compatti, in strati decimetrici ben marcati, spesso nodulari ed amalgamati, con frequenti e caratteristici noduli e liste di selce nera. Localmente nella parte superiore dell'unità a questi si intercalano calcareniti bio-intraclastiche, arenarie e siltiti argillose tufacee grigio-verdastre (Assereto & Casati, 1965). In Val Parina sono segnalati orizzonti di spessore sino al metro di tufiti arenaceo-siltose intercalate in dolomie scure stratificate (Jadoul et alii, 1992d). Nel gruppo del Pegherolo si osserva una diversificazione delle facies rispetto a quelle tipiche: qui la successione è caratterizzata da calcari e dolomie da grigio chiaro a grigio scuro con noduli di selce rosata, ben stratificati, passanti verso l'alto a dolomie e subordinati calcari con liste di selce nera, in strati sottili, con laminazioni parallele.

La F. di Buchenstein è relativamente povera di fossili nella Bergamasca. Fra questi sono stati segnalati *Protrachyceras curionii* (Mojsisovic), *Ptychites* sp. , *Protrachyceras* sp. , *Daonella* sp. (Assereto & Casati, 1965). L'unità viene attribuita alla parte sommitale dell'Anisico e al Ladinico inferiore (Fassanico) sulla base della sua posizione stratigrafica e soprattutto per le correlazioni con le successioni fossilifere del Bresciano (Brack & Rieber, 1986a,b, 1993). Le successioni ridotte della Valle Brembana rappresentano solo la parte basale del Ladinico e/o la parte sommitale dell'Anisico.

Le caratteristiche della F. di Buchenstein indicano una sedimentazione prevalentemente carbonatica in acque tranquille, entro bacini aperti intrapiattaforma delimitati da piattaforme carbonatiche. Nel settore del Pegherolo e in Val Parina-M. Menna si osserva infatti la transizione laterale alla piattaforma carbonatica del Calcarea di Esino inferiore.

- **Calcarea di Prezzo (16)**

Il Calcarea di Prezzo, formalizzato da Assereto & Casati (1965), è presente soprattutto nel settore orientale dell'area considerata. In Val Brembana esso affiora con spessori ridotti nel gruppo del M. Pegherolo, dintorni di Lenna e dalla Val Parina al gruppo



montuoso del M. Menna-Arera-M. Secco. Si ritrova poi verso est nel gruppo montuoso del Vigna Vaga, in Val di Scalve e Valle del Dezzo, e in Val Camonica.

Il limite inferiore dell'unità è netto con il Calcarea di Angolo ed è segnato dalla comparsa entro la successione calcarea di calcari micritici scuri in strati sottili con sottili intercalazioni marnose.

Superiormente l'unità passa alla F. di Buchenstein, tranne in alcuni settori del gruppo montuoso del M. Menna-Arera-M. Secco, M. Pegherolo, dove fa passaggio laterale e verticale direttamente alla piattaforma anisico superiore del Calcarea di Esino basale.

Lo spessore del Calcarea di Prezzo aumenta da ovest ad est; è assente o estremamente ridotto ad occidente (valori compresi tra 10 e i 26 m della Val Pizzadelle (M. Menna) (Jadoul et alii, 1992d; Balini, 1992), raggiunge i 60-80 m in Val Camonica, e 100-120 m in Val di Scalve (Assereto & Casati, 1965).

Il Calcarea di Prezzo è caratterizzato dalla ritmica alternanza di calcari microspartitici, marnosi nerastri in strati da 10 a 40 cm, piano-paralleli, spesso bioturbati, talora leggermente nodulari, marne e argilliti nere micacee in pacchi di spessore proporzionale a quello dei calcari (Gaetani et alii, 1987; Balini, 1992). Localmente sono presenti nella parte sommitale sottili intercalazioni tufacee e packstones bio-intraclastici. Solo in Valle del Dezzo la successione mostra variazioni significative, con un netto prevalere delle marne sui calcari; i carbonati sono limitati ad alcuni banchi nella parte superiore dell'unità (Assereto & Casati, 1965).

Il Calcarea di Prezzo è ricco di fossili, in particolare Ammoniti (Assereto, 1963, 1969; Balini, 1992); fra queste ricordiamo: *Paraceratites bremanus* (Mojsisovics), *Paraceratites trinodosus* (Mojsisovics), *Ptychites oppeli* Mojsisovics, *Beyrichites benekey*, *Judicarites meneghinii*, *Flexoptychites gibbus* (Benecke), *Semiornites aviticus* (Mojsisovics), *Discoptychites megalodiscus* (Beyrich), *Lardoceras* n.sp. (Balini, 1992), *Asseretoceras camunum* (Assereto, 1963). Abbondanti sono i Lamellibranchi pelagici, fra cui *Daonella sturi* Benecke, più rari i Brachiopodi, fra cui *Piarorhynchia trinodosi* (Bittner) e piccoli Gasteropodi. Sulla base del contenuto paleontologico (Ammoniti e Conodonti), il Calcarea di Prezzo può essere riferito alla parte superiore dell'Anisico, zona a *Trinodosus* (Assereto, 1969, Balini, 1992, Nicora



com. pers.). Le lito e biofacies uniformi e di mare aperto di questa unità, estese su vaste aree e le loro graduali variazioni di spessore evidenziano un sistema deposizionale a sedimentazione mista, con apporti terrigeni fini provenienti da aree emerse situate prevelentemente a NO e con accumulo di materia organica in condizioni di circolazione ristretta. Il rapporto fra organismi bentonici e forme necto-planctoniche mostra una prevalenza delle seconde verso oriente, e questo indicherebbe diminuzione delle condizioni di ossigenazione al fondo piuttosto che incremento di profondità del bacino verso est (Gaetani et alii, 1987).

- **Calcarea di Camorelli (15)**

Unità formalizzata da Assereto & Casati (1965), affiora limitatamente al settore meridionale della Val Camonica a nord di Lovere.

Si tratta di una unità carbonatica con geometrie lentiformi, affiora per oltre 5 km, in direzione N-S, presenta spessori massimi superiori a 300 m, ed è intercalata nella porzione superiore del Calcarea di Angolo. I limiti inferiore e superiore sono caratterizzati dal passaggio relativamente netto tra i calcari stratificati bioclastici e bioturbati grigio scuri del Calcarea di Angolo e i calcari massivi grigio chiari del Calcarea di Camorelli.

L'unità è costituita da packstones bio-intraclastici ricchi in alghe Dasycladacee (Assereto et alii, 1965) e Tubiphytes (Gaetani & Gorza, 1990).

L'ambiente deposizionale è una ristretta piattaforma carbonatica subtidale cresciuta all'interno del bacino deposizionale del Calcarea di Angolo. La sua posizione stratigrafica è correlabile con le "dolomie peritidali" del Calcarea di Angolo della Val Brembana. L'età dell'unità è Anisico medio (Assereto et alii, 1965; Gaetani & Gorza, 1990).



- **Calccare di Angolo (14)**

Il Calccare di Angolo, formalizzato da Assereto & Casati (1965), affiora nelle Klippen dei Piani d'Artavaggio, nel gruppo del Monte Pegherolo e del Monte Faino, in una ristretta fascia che decorre in direzione E-O da Piazza Brembana al versante meridionale della Val di Scalve (comprendendo il gruppo montuoso M. Arera - M. Secco, il M. Vigna Vaga, la Costa di Valnotte) e in Val Camonica inferiore.

Il limite inferiore dell'unità è generalmente transizionale con la Carniola di Bovegno, ed è segnato dalla comparsa di calcari neri ben stratificati sopra le dolomie cariate e marne dolomitiche ocracee della Carniola stessa. Il limite superiore è generalmente col Calccare di Prezzo; solo sul versante nord del Pegherolo si osserva un passaggio diretto fra Calccare d'Angolo e Calccare di Esino; in Val Camonica inoltre la parte superiore dell'unità è eteropica al Calccare di Camorelli, a cui fa passaggio anche superiormente (Assereto & Casati, 1965; Gaetani & Gorza, 1990).

Lo spessore dell'unità varia da 270-300 m nel settore occidentale (Pegherolo), a 600-700 m in Val Camonica-Valle di Scalve.

La litologia del Calccare di Angolo presenta variazioni significative dal settore brembano verso est. Sul M. Sodadura la successione è costituita da calcari marnosi grigio scuri in strati decimetrici spesso nodulari per diffusa bioturbazione, alternati ad arenarie quarzose e siltiti micacee; tali litofacies sono correlabili con le unità terrigene presenti più ad occidente, nel gruppo delle Grigne (Gaetani et alii, 1987).

In Val Brembana sono invece presenti calcari e calcari dolomitici grigi o grigio-nerastri ben stratificati di piattaforma subtidale e peritidale. Localmente si intercalano calcareniti ibride con granuli quarzosi. In sezione sottile le microfacies si presentano come microspariti, più raramente come wackestone, packstones intra-bioclastici a piccoli Lamellibranchi. Salendo stratigraficamente si osserva un incremento della dolomitizzazione selettiva, fino al prevalere di dolomie cristalline e dolomie a pellets, da grigio chiare a nerastre, ben stratificate con giunti argillosi ocracei, caratterizzate dalla presenza di ciclotemi peritidali con stromatoliti planari, brecciole loferitiche e fenestrae (Casati & Gnaccolini, 1967, "Membro delle dolomie peritidali" di Jadoul &



Rossi, 1982). Questo membro corrisponde al Calcare di Dosso dei Morti delle Giudicarie (Gaetani et alii, 1970).

Verso est scompare la litofacies calcareo-dolomitica superiore, mentre aumenta la frazione argillosa nei giunti di stratificazione. In Val di Scalve e in Val Camonica (area tipo) vengono distinti entro il Calcare di Angolo due membri (Assereto & Casati, 1965), non distinti nella carta geologica. Quello inferiore è caratterizzato da calcari microcristallini da grigio scuri a nerastri in banchi pluridecimetrici, fittamente venati da calcite, spesso con marcate laminazioni parallele, passanti verso l'alto a biocalcareni a crinoidi, grigio scure ben stratificate. Il membro superiore (Membro Camuno) presenta invece una ritmica alternanza (cicli ad altissima frequenza, Jadoul & Gnaccolini, 1992) di calcari neri in straterelli centimetrici a superficie piana o ondulata fino a nodulare, e argilliti carboniose nerastre, spesso micacee, in straterelli centimetrici fittamente laminati (Assereto & Casati, 1965).

Il contenuto paleontologico del Calcare di Angolo è piuttosto ricco e variato. Sono stati segnalati infatti Lamellibranchi e Gasteropodi non determinabili; Ammoniti; Crinoidi, fra cui *Dadocrinus gracilis* (Buch) ed *Encrinus liliiformis* (Lamarck); Brachiopodi, fra cui *Tetractinella trigonella* (Schloteim), *Koeveskallina koeveskallensis* (Suess), *Mentzelia mentzelii* (Dunker), *Coenothyris vulgaris* (Schloteim) (Assereto & Casati, 1965; Casati & Gnaccolini, 1967). Questi ultimi sono frequenti soprattutto nel settore brembano in un orizzonte marker alla sommità dell'unità, correlabile con il "Banco a Brachiopodi" del Gruppo delle Grigne (Gaetani et alii, 1987; Jadoul et alii, 1992d; Jadoul, 1994) e il "Calcare a Brachiopodi" della Val Trompia (Assereto & Casati, 1965).

Il Calcare di Angolo rappresenta un ambiente deposizionale a sedimentazione mista prevalentemente carbonatica di baia subtidale che fa transizione laterale, verso N e E, a piane carbonatiche tidali o a piccole piattaforme carbonatiche e, verso O, ad ambienti costieri a sedimentazione prevalentemente terrigena.



- **Carniola di Bovegno (13)**

L'unità, descritta inizialmente da Curioni (1855) come unità "Calcarea farinacea", è stata formalizzata da Assereto & Casati (1965). Essa affiora nel settore settentrionale delle Prealpi Bergamasche dall'alta Val Brembana alla Val di Scalve, e in Val Camonica fra Costa Volpino e Bessimo.

Il limite inferiore con la F. del Servino è graduale, caratterizzato dalla comparsa di dolomie cariate grigio-giallastre o giallastre sopra le marne, argilliti e siltiti policrome dell'unità sottostante. Superiormente la Carniola di Bovegno passa, con limite transizionale, al Calcarea di Angolo, con il quale potrebbe esistere una limitata eteropia in prossimità delle facies di transizione tra le due unità

Lo spessore dell'unità risulta di difficile valutazione a causa della tettonizzazione e degli scarsi affioramenti, è compreso fra 60 e 90 m, con tendenza a diminuire verso ovest. La Carniola di Bovegno è costituita da calcari dolomitici e dolomie gialle, vacuolari, con sottili intercalazioni argillose, in strati, grossi banchi o a stratificazione indistinta. Caratteristiche sono le intercalazioni di breccie a cemento carbonatico giallastro, con clasti a spigoli vivi costituiti da calcari, dolomie, argilliti verdi e marne policrome laminate. Localmente sono presenti lenti di gessi e anidriti che possono raggiungere dimensioni sufficienti per uno sfruttamento minerario; fra queste ricordiamo la lente segnalata da Curioni (1877) a Mezzoldo e oggi non più rintracciabile, e le Anidriti di Costa Volpino in Val Camonica.

E' da notare inoltre come la Carniola di Bovegno, a causa delle sue caratteristiche meccaniche, sia frequentemente interessata da fenomeni tettonici che portano alla genesi di carniole (rauhwacke di possibile origine tettonica) per molti aspetti somiglianti alle breccie autoclastiche caratteristiche dell'unità stessa. L'unità costituisce il primo degli orizzonti plastici di distacco del Triassico, in corrispondenza dei quali si sono impostate preferenzialmente le estese superfici di scollamento tettonico di età alpina.

Entro la Carniola di Bovegno non sono stati rinvenuti resti fossili; essa viene quindi tradizionalmente attribuita allo Scitico superiore, e probabilmente all'Anisico inferiore, sulla base della sua posizione stratigrafica.



Le litofacies presenti nella Carniola di Bovegno, e in particolare la loro associazione con evaporiti, evidenziano un ambiente di sedimentazione marino costiero a sedimentazione mista, circolazione ristretta, da subtidale a intertidale, in condizioni climatiche caldo-aride, tipo sabkha. Controversa è invece la genesi delle brecce non legate a fenomeni tettonici; esse possono derivare dalla dissoluzione delle evaporiti e conseguente collasso degli strati soprastanti o dalla fratturazione idraulica della roccia sotto forti pressioni di fluidi derivanti dalla disidratazione delle evaporiti e/o circolazione di fluidi tardivi lungo le superfici dei thrust alpini.

5.3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

L'inquadramento tettonico del comune di Costa Volpino rientra necessariamente in un'analisi di più ampio respiro, comprendente la porzione orientale delle Prealpi Orobie.

L'area in studio si colloca nel comparto strutturale dell'“Unità Rovetta – Val Borlezza”, parte di un vasto settore delimitato a nord dal Sovrascorrimento di Sovere e caratterizzato soprattutto dal comportamento rigido della Dolomia Principale rispetto alle soprastanti formazioni terrigene e carbonatiche intensamente piegate. Il comparto è inoltre caratterizzato da un notevole smembramento ad opera di faglie variamente orientate (nella zona di Costa Volpino soprattutto NNW-SSE).

La Carta Geologica della Provincia di Bergamo e gli studi precedentemente condotti sul territorio comunale di Costa Volpino evidenziano la presenza di numerosi lineamenti tettonici, costituiti soprattutto da faglie e sovrascorrimenti.

In particolare si evidenzia la presenza di:

- Un'importante faglia posta lungo la Val Supine, con orientamento dapprima N-S e poi NNW-SSE. Questa faglia non coincide esattamente con il talweg della valle, ma ne ha certamente influenzato l'evoluzione.



- Una faglia parallela alla precedente, sviluppata con direzione NNW-SSE dal Monte di Lovere sino al lago. Questo lineamento taglia longitudinalmente tutto il versante che ospita le frazioni in quota di Costa Volpino (da Stramazano a Branico).
- Un importante sovrascorrimento proveniente dalla Val Borlezza, costituente il prolungamento del Sovrascorrimento di Sovere. Questo overthrust nel territorio di Costa Volpino ha orientamento SSW-NNE, poi S-N e si esaurisce contro la faglia della Val Supine presso il Forcellino. È dislocato dalla faglia di Stramazano – Branico presso Ceratello, ed è quindi più antico di questa. Anche una delle faglie della Punta Co de Soc lo disloca; è probabile che la stessa faglia della Val Supine sia più giovane di esso.
- Una serie di faglie orientate E-W in alta Val Supine, attorno alla Punta Co de Soc, legate con tutta probabilità alla faglia della Val Supine. Queste faglie danno luogo a rigetti limitati nelle formazioni rocciose; la loro cinematica è probabilmente piuttosto ridotta o si sviluppa con movimenti prevalentemente verticali.
- Un complesso sistema di faglie posto fra la Val Gola e la Valle dell'Orso, ricadente quasi del tutto nel territorio comunale di Rogno. La Val Gola non è apparentemente impostata lungo una faglia, anche se vi sono comunque intensi segni di tettonizzazione.

In corrispondenza dei lineamenti strutturali descritti (o di altri lineamenti locali) è possibile che gli ammassi rocciosi abbiano proprietà geomeccaniche compromesse dall'intensa tettonizzazione (fratture, giunti, brecce di faglia).

5.4 - EVOLUZIONE GEOLOGICA RECENTE DEL TERRITORIO

Le conoscenze geologiche acquisite in area bergamasca, di cui esiste un'ampia letteratura, consentono di delineare una ricostruzione di massima dell'evoluzione del territorio durante il Quaternario, a partire cioè da circa 1,8 milioni di anni fa.



Tra il Pliocene Superiore e il Pleistocene Inferiore tutta la zona pedemontana è interessata da una situazione di aggradazione in ambiente continentale, con la deposizione dei principali corpi conglomeratici dell'area pedalpina. Lungo i rilievi prealpini si sviluppano movimenti franosi e rilasci di versante favoriti anche dalla neotettonica e dal rilassamento dei pendii dovuti alle diverse fasi di avanzata e ritiro dei ghiacciai, nonché all'incisione rapida delle valli in contesti tettonici a forte componente trasversale (fenomeno caratteristico, ad esempio, della Valgandino e della Val Borlezza).

Durante il Pleistocene Medio si sviluppano corpi sedimentari legati alle espansioni glaciali, in regime di resistasia. A questa fase vanno ascritti i depositi glacialigenici del Complesso di Poltragno e del Complesso dell'Oglio, in seguito parzialmente smantellati dall'erosione.

I successivi miglioramenti climatici innescano un regime di biostasia caratterizzato da processi pedogenetici che coinvolgono le unità precedentemente deposte, già erose e sigillate da coltri loessiche di origine extraglaciale.

Alla fine del Pleistocene Medio risultano attivi gli assi anticlinali che condizioneranno in seguito i rapporti geometrici tra le unità già esistenti ed i corpi geologici più recenti.

Il Pleistocene Superiore mostra una generale fase di aggradazione della pianura ad opera delle principali conoidi fluvioglaciali; l'evento più recente, attribuibile al tardo Pleistocene Superiore (denominato "Würm" secondo i vecchi criteri), porta alla costituzione del cosiddetto "Livello Fondamentale della Pianura". Esso è caratterizzato, soprattutto nelle porzioni settentrionali, dalla presenza di evidenti tracce di un sistema a canali intrecciati tipo braided.

La fase post-glaciale ed Olocenica, infine, si caratterizza per un generale ed intenso carattere erosivo dei corsi d'acqua, che approfondiscono le valli preesistenti, incidono



nuovi impluvi e solcano il Livello Fondamentale della Pianura, accompagnato da fasi di aggradazione di entità minore rispetto all'attività tardo-pleistocenica, quando le conoidi erano alimentate dalle estese fronti glaciali. In questa fase si depone l'Unità Postglaciale.



6 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Da un punto di vista geomorfologico, il territorio di Costa Volpino riflette la notevole varietà litologica delle unità affioranti, e denota la compresenza di più processi morfogenetici complessi reciprocamente influenzatisi: dinamica di versante, controllo stratigrafico-tettonico, passaggio dei corpi glaciali quaternari, erosione fluviale e torrentizia, alterazione carsica.

Anche l'impronta antropica è considerevole, riconducibile alle attività agricole, all'edificazione, alle attività estrattive (cave di ghiaia nella piana e cave di volpinite) ed alle opere stradali (in particolare le gallerie).

Si possono distinguere, in linea di massima, tre comparti morfologici principali:

- *Comparto di versante*, prevalentemente boscoso, caratterizzato da ridotto impatto antropico e solcato dai sistemi vallivi della Val Supine e della Val Gola, i due elementi idrografici caratterizzanti questo ambito. Dominato dalla dinamica di versante, dal carsismo, dall'influenza stratigrafico-strutturale e dall'erosione torrentizia, questo comparto ospita le frazioni di Ceratello, Flaccanico, Qualino e Branico nella sua porzione sud-occidentale (a confine con Lovere, fianco destro della Val Supine). La zona centrale e quella nord-orientale del comparto (fra Val Supine e Val Gola) sono, invece, sostanzialmente disabitate e molto più impervie, con pareti rocciose strapiombanti e versanti boscati molto ripidi. La porzione di territorio in quota (Monte Alto – Monte Pora, Pian della Palù, zone attorno al Rifugio Magnolini) è costituita invece da un altopiano carsico blandamente acclive.
- *Comparto di raccordo versante-piana*, fortemente urbanizzato, comprende i due conoidi della Val Supine e della Val Gola (quest'ultimo molto più modesto del primo), ed in generale tutto l'ambito di raccordo fra i versanti montuosi e la piana dell'Oglio. Questo comparto è più ripido nella zona di Volpino, molto più blando attorno ai Corti e a Fermata Castello. Questo ambito è dominato dalla



dinamica di versante, glaciale, di conoide, e parzialmente di alterazione carsica.

- *Comparto di piana*, ben urbanizzato sulla sponda est dell'Oglio, sostanzialmente privo di urbanizzazione sulla sponda ovest, dominato dalla dinamica fluviale, fluvio-glaciale e lacustre (nelle zone perilacuali a sud), con morfologia subpianeggiante e presenza di attività estrattive.

- ***Comparto di versante***

È costituito dall'imponente versante destro della Val Camonica, inciso dai due importanti sistemi vallivi della Val Supine (posta a sud-ovest del territorio comunale) e della parallela Val Gola (posta a nord-est e ricadente parzialmente in comune di Rogno).

Il versante, per lo più boscoso e molto ripido, ricco di pareti rocciose strapiombanti in numerosi tratti, si spinge in alto sino ad oltre 1700 m s.l.m. (Monte Alto) e costituisce di fatto il contrafforte meridionale del Monte Pora.

La morfologia è piuttosto articolata sia a causa dell'influenza della Val Supine e della Val Gola, che hanno inciso profondamente i pendii, sia a causa dell'azione concomitante della dinamica di versante e del carsismo, senza trascurare l'influenza delle diverse litologie affioranti e dell'intensa tettonizzazione.

Il comparto presenta una porzione più dolce soltanto lungo la sponda idrografica destra della Val Supine, a confine con Lovere, dove i pendii a media acclività, buona esposizione e configurazione prevalentemente prativa ospitano le varie frazioni collinari del territorio comunale, da Branico (la più bassa) a Stramazano (la più alta). A nord, in località Pian della Palù – Monte Alto – Monte Pora, il versante spiana formando un altopiano carsico a dossi e depressioni.

Ingente la presenza di dissesti in tutto questo ambito. Le pareti rocciose sono caratterizzate da ampie aree di crollo, che hanno infatti costituito falde e fasce



detritiche alla loro base. Vi sono inoltre scivolamenti rotazionali-traslativi, dissesti complessi e zone di franosità superficiale diffusa. Lo stato di attività dei dissesti è variabile; tutte le zone di crollo in roccia sono comunque da considerarsi attive.

L'influenza della tettonica alpina e dell'assetto stratigrafico sulla morfologia di questo comparto si esplica attraverso una serie di lineamenti (faglie, pieghe e limiti formazionali) orientati in vario modo e talora intersecati fra loro. L'andamento di alcuni elementi idrografici, in particolare della Val Supine e di alcuni impluvi secondari, è direttamente influenzato da lineamenti tettonici.

- **Comparto di raccordo versante-piana**

L'ambito, di carattere collinare, è costituito dalla porzione basale del versante destro della Val Camonica, al raccordo con la piana fluviale vera e propria. Si tratta di una fascia ad acclività da media a medio-alta (comunque inferiore a quella del versante), urbanizzata in modo discontinuo, interrotta in corrispondenza degli sbocchi della Val Supine e della Val Gola, laddove si aprono i due conoidi a ventaglio corrispondenti.

L'acclività dei due conoidi è piuttosto bassa; il conoide della Val Supine è nettamente più importante rispetto a quello della Val Gola ed ospita tutto il centro storico del paese.

La morfologia di questo ambito è dominata dai processi torrentizi e di conoide, di versante, antropica e, in misura minore, carsica.

Anche in questo comparto vi sono numerosi dissesti, legati non tanto a crolli in roccia (sebbene localmente presenti) quanto a scivolamenti rotazionali-traslativi a vario stato di attività. Da segnalare inoltre in termini di dissesto i conoidi stessi; in particolare quello della Val Supine è stato perimetrato con studi *ad hoc* e costituisce un'area a rischio idrogeologico molto elevato (cfr. capitolo relativo).

Nella zona di Volpino questo comparto è caratterizzato dalla presenza dell'ex-cava di volpinite (varietà di gesso), oggetto di interventi di recupero negli anni passati, e di



varie cave dismesse attorno alla località Foppello. Proseguendo idealmente questo comparto nel comune di Rogno, si incontrerebbe appena oltre il confine un'altra cava attiva, sempre di gesso, molto ampia, posta al di sotto dell'abitato di Castelfranco.

- ***Comparto di piana***

L'ambito di fondovalle del comune è costituito dalla piana fluviale dell'Oglio. Si tratta di un ambito poco urbanizzato sulla sponda destra dell'Oglio, decisamente più conurbato su quella sinistra (comparto commerciale-industriale, frazioni di Zoncone, Ponte Barcotto e San Fermo).

L'ambito presenta attività estrattive di ghiaia; i terreni sono infatti costituiti dai depositi alluvionali e fluvioglaciali dell'Oglio. Molte zone sono caratterizzate da bassa soggiacenza della falda per via della presenza della falda di subalveo del fiume.

La morfologia della piana è comunque piuttosto articolata grazie alla presenza di terrazzi fluviali (non particolarmente pronunciati) e soprattutto di una fitta rete di canali appartenenti al reticolo idrico minore, presenti soprattutto a sud-ovest, verso la località Bersaglio.

La zona di questo comparto prossimale alla foce dell'Oglio ed alla sponda nord del Lago d'Iseo è caratterizzata da ambiti di elevato valore paesaggistico e naturalistico, con ambienti palustri contraddistinti da associazioni faunistiche e vegetali tipiche delle aree umide.

Fenomeno dei sinkhole

Il territorio di Costa Volpino è caratterizzato da un peculiare fenomeno carsico noto come "sinkhole". Si tratta di crolli di cavità sotterranee poste generalmente in corrispondenza di lineamenti tettonici, causati dalla graduale dissoluzione delle acque operata in seno al circuito carsico ipogeo.

In superficie, i crolli, cui possono essere associati tremori e rumori udibili in superficie (simili a boati), danno luogo generalmente a depressioni classificabili di fatto come doline.



Nel territorio comunale e nei comuni limitrofi si sono verificati sia fenomeni di collasso naturali che antropici, questi ultimi legati a crolli di cavità sotterranee di miniera o di galleria stradale.

Fenomeni di collasso si verificano non solo nelle rocce carbonatiche (cedimenti di origine carsica in senso stretto), ma anche all'interno dei depositi glaciali, alluvionali e di conoide per asportazione di frazione fine, dissoluzione degli elementi carbonatici e/o rapido abbassamento della falda acquifera per eccessivo emungimento o svuotamento.

Eventi verosimilmente attribuibili a questa fenomenologia si sono verificati anche di recente (novembre 2007) e sono stati oggetto di un'approfondita analisi da parte dello scrivente.



7 - LINEAMENTI IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI

(Tavole 04 e 05)

7.1 - INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'idrografia del territorio di Costa Volpino è abbastanza semplice. Il corso d'acqua principale è ovviamente l'Oglio, che decorre in senso NE-SW tagliando tutta la porzione meridionale del territorio comunale.

All'Oglio afferisce principalmente il Torrente Supine, il secondo corso d'acqua per importanza di Costa Volpino. La Val Gola non ha un vero e proprio torrente; il corso d'acqua che la solca, infatti, è normalmente asciutto e, una volta giunto allo sbocco della forra, si disperde nei propri depositi di conoide perdendo qualsiasi tipo di alveo.

Sia la Val Supine che la Val Gola (quest'ultima nel solo tratto medio ed alto) presentano pattern subparalleli non eccessivamente ramificati; gli impluvi tributari sono generalmente incisi nelle pareti rocciose o nei pendii molto ripidi del versante destro camuno e sono spesso occupati da colate detritiche attive. Grazie alla presenza di lineamenti tettonici (quindi linee di debolezza) e di formazioni carbonatiche carsificabili, sia la Val Supine che la Val Gola presentano tratti profondamente inforati; ambedue i toponimi ne sono peraltro chiare testimonianze: Supine ha probabile origine slava da *supljine* ("cavità") e Gola è di significato ovvio (Mario da Sovero, 2001).

Esiste poi una rete abbastanza fitta di canali irrigui artificiali e fossi parzialmente naturali nella piana dell'Oglio. Tali fossi fungono generalmente da collettori dell'acqua di subalveo dell'Oglio e del lago quando il livello della falda si eleva intercettando il piano campagna.



Fiume Oglio

Uno dei principali fiumi della Lombardia, l'Oglio trae origine dai rilievi dell'alta Val Camonica (Corno Tre Signori, Monte Gavia, gruppo dell'Ortles-Cevedale), alimenta il Lago d'Iseo e, con un decorso complessivo di circa 280 km, si getta nel Po grossomodo all'altezza di Mantova, dopo aver raccolto numerosi affluenti, fra i quali si ricordano principalmente il Resio, l'Ogliolo, il Dezzo, il Borlezza, il Cherio, il Mella ed il Chiese. La portata media del fiume è piuttosto elevata (137 m³/s). In estate le portate minime sono abbastanza elevate, raramente sotto i 36 m³/s, mentre in autunno e in primavera le massime sono piuttosto abbondanti (425 m³/s). In caso di eventi meteorici particolarmente intensi e prolungati si possono verificare piene anche superiori ai 1000 m³/s. La superficie totale del bacino idrografico è pari a circa 6600 km².

Torrente Supine

Il corso d'acqua insiste completamente sul territorio di Costa Volpino. Caratterizzato da una certa stagionalità, il torrente trae origine dai rilievi del Monte Alto – Monte Pora a circa 1420 m s.l.m. di quota e sfocia nell'Oglio all'altezza del centro storico del paese dopo aver formato un ampio conoide. La lunghezza complessiva del torrente è pari a circa 7 km. La Val Supine è caratterizzata da un ampio bacino molto dissestato a causa della presenza di ingenti coltri detritiche, frane e crolli in roccia; lo stesso conoide alluvionale è potenzialmente soggetto a fenomeni di esondazione e debris flow, ed è infatti inserito parzialmente in area a rischio geologico molto elevato secondo la normativa del P.A.I. La valle è impostata lungo un lineamento tettonico importante, sebbene non vi sia perfetta coincidenza tra la faglia ed il talweg del torrente; il tratto mediano dell'impluvio è particolarmente inforato a causa della presenza di pareti rocciose ripide fortemente tettonizzate e carsificate.



7.2 - INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto idrogeologico del territorio di Costa Volpino è particolarmente complesso a causa di numerosi motivi, ed in particolare:

- presenza di numerose unità a diversa conducibilità idraulica;
- presenza di discontinuità tettoniche fitte ed importanti;
- circuito carsico sotterraneo particolarmente sviluppato e presenza di altopiani carsici in quota a fungere da bacini di alimentazione;
- presenza di significative coperture detritiche, alluvionali e di conoide nelle fasce di piana e di raccordo versante-piana;
- presenza di manufatti antropici che hanno sensibilmente modificato l'assetto idrogeologico del sottosuolo (gallerie stradali soprattutto);
- presenza dell'Oglio con relativa falda di subalveo.

Il substrato roccioso, prevalente nel comparto montano del comune ma affiorante anche in quello collinare, è costituito in buona parte da formazioni calcaree o calcareo-dolomitiche dotate di un buon grado di porosità primaria, caratterizzate dalla presenza di condotte carsiche e discontinuità strutturali (faglie, fratture), con elevata possibilità di circolazione idrica in roccia. Le marne e le peliti sono meno permeabili, ma possono comunque garantire una certa circolazione grazie alla porosità secondaria da fratturazione, più accentuata in corrispondenza di lineamenti tettonici quali pieghe e faglie.

I depositi detritici e di frana, i sedimenti di conoide e quelli alluvionali sono costituiti da materiale granulometricamente eterogeneo, ma in prevalenza grossolano (ghiaioso-sabbioso), caratterizzato quindi da valori di conducibilità idraulica piuttosto elevati.



I bacini della Val Supine e della Val Gola sono piuttosto ampi e ricettivi; inoltre essi si inseriscono in un contesto di altopiani carsici in quota (Monte Alto, Monte Pora), che costituiscono veri e propri serbatoi di alimentazione per gli acquiferi in roccia.

Si è dunque in presenza di un modello idrogeologico di circolazione idrica che, in linea di massima, prevede l'assorbimento di ingenti quantitativi d'acqua sui rilievi in quota e nelle due valli Supine e Gola, il deflusso sotterraneo attraverso il circuito carsico e le discontinuità tettoniche, il passaggio nei depositi superficiali permeabili alla base dei versanti ed infine l'emergenza sul piano campagna per contrasto con la falda di subalveo dell'Oglio.

Questa situazione è particolarmente visibile in Val Gola, dove il deflusso d'acqua nel torrente è pressoché completamente sotto alveo, e, in corrispondenza del conoide, diviene completamente sotterraneo (al punto che qualsiasi traccia d'alveo scompare del tutto), per poi riemergere attorno a Fermata Castello laddove le acque di drenaggio dalla valle si "scontrano" con quelle di subalveo dell'Oglio, che saturano i depositi di piana.

Alla luce di quanto esposto, è chiaro che, sebbene in linea generale i valori di permeabilità sia in roccia che in terreno siano piuttosto elevati in tutto il territorio, vi è la possibilità che si verifichino situazioni di difficile drenaggio e ristagno superficiale per bassa soggiacenza della falda nel comparto di piana, ed in particolar modo nelle zone prossimali al Lago d'Iseo.

Bisogna inoltre far presente che il deflusso idrico dal versante alla piana è stato sicuramente modificato dall'escavazione delle gallerie stradali.

Per quanto concerne le opere di captazione esistenti, si segnala la presenza di:

- N. 1 pozzo ad uso idropotabile, attivo e con fascia di rispetto di raggio 200 m, collocato nel centro storico.
- N. 12 sorgenti ad uso idropotabile, attive e con fascia di rispetto di raggio 200 m, collocate nel comparto di versante.



I pozzi e le sorgenti (anche non captate) rappresentano elementi di elevata vulnerabilità idrogeologica.

Attività rischiose nel territorio comunale da un punto di vista della possibile contaminazione della falda freatica sono rappresentate in particolare da:

- *Spandimento di concimi*: la presenza di letamai, specie se in accumuli di dimensioni importanti, rappresenta un elemento di rischio per la possibile infiltrazione della sostanza organica nel terreno. Laddove la copertura pedologica/argillosa è troppo sottile o inesistente, il suolo non ha sufficiente capacità protettiva e le sostanze contaminanti possono raggiungere con facilità la prima falda, specialmente in presenza di rocce intensamente fratturate o carsificate e terreni permeabili.
- *Attività agricole generiche*: allevamenti e cascine in genere sono a rischio di contaminazione delle falde, anche perché spesso associati a presenza di rifiuti solidi urbani, inerti, rottami e riporti di vario genere.
- *Rifiuti solidi urbani e rifiuti inerti*: gli accumuli di rifiuti solidi urbani, anche di modesta entità, rappresentano a loro volta un elemento di potenziale contaminazione della falda. Spesso mescolati ad inerti di vario genere, questi accumuli tendono a concentrarsi negli alvei dei corsi d'acqua.
- *Aree cimiteriali*: per queste aree esiste una specifica fascia di rispetto, che non ha però carattere prettamente geologico e non è pertanto indicata in cartografia.
- *Attività industriali pericolose*: talune attività industriali stoccano e/o utilizzano sostanze potenzialmente contaminanti di varia natura (sostanze chimiche di vario genere, idrocarburi, ecc.). Perdite delle strutture di stoccaggio ed altri fattori possono provocare sversamenti nel terreno con conseguente inquinamento degli acquiferi.



7.2.1 - **Censimento pozzi in territorio di Costa Volpino**

Il censimento di pozzi e derivazioni è stato effettuato da dati nella Banca Dati del data base disponibile sul sito della Provincia di Bergamo.

N°	PROPRIETARIO	PUBBLICO	PRIVATO	ATTIVO	DISUSO	STRATIGRAFI	Prof. pozzo (m da n.c.)	USO
P1	COMUNE DI COSTA VOLPINO	*		*		SI	--	Potabile
P2	AGLIARDI LUIGI		*	*		NO	--	Dom
P3	SIAD		*	*		SI	--	Ind
P4	DALMINE TUBI INDUSTRIALI		*	*		SI	106.0	Ind.
P5	DALMINE TUBI INDUSTRIALI		*	*		SI	110.0	Ind.
P6	DALMINE TUBI INDUSTRIALI		*	*		SI	110.0	Ind.
P7	DALMINE TUBI INDUSTRIALI		*	*		SI	65.83	Ind.
P8	DALMINE TUBI INDUSTRIALI		*	*		SI	88.5	Ind.
P9	FILIPPI PALMINO		*	*		NO	--	Dom.
P10	S.A.V. SOCIETA' AUTOSERVIZI VISINONI SRL		*	*		SI	30.0	Igien.
P11	NAVIGAZIONE LAGO D'ISEO S.R.L.		*	*		NO	--	Ant.
P12	TERMOTECNICA SEBINA SRL		*	*		SI	--	Igien.
P13	MEV IMMOBILIARE SRL		*	*		SI	15.0	Igien.
P14	CIRCOLO NAUTICO BERSAGLIO		*	*		SI	10.0	Igien.
P15	RAIMONDI MARIO		*	*		NO	--	Ant.
P16	TACCOLINI GIANPIERO		*	*		NO	--	Dom.
P17	PIETRO RAVANI S.P.A.		*		*	SI	9.0	Ant.
P18	CASTELANELLI MARIO GIANPIERO		*	*		NO	--	Dom..
P19	BETON CAMUNA		*		*	SI	39.5	Ind



7.2.2 - **Censimento sorgenti in territorio di Costa Volpino**

N°	PROPRIETARIO	PUBBLICO	PRIVATO	ATTIVO	DISUSO	STRATIGRAFI	Quota (m s.l.m.)	USO
S1	COMUNE DI COSTA VOLPINO	--	--	--	--	--	--	Pot.
S2	COMUNE DI COSTA VOLPINO	--	--	--	--	--	--	Pot.
S3	COMUNE DI COSTA VOLPINO	--	--	--	--	--	--	Pot.
S4	COMUNE DI COSTA VOLPINO	--	--	--	--	--	--	Pot.
S6	COMUNE DI COSTA VOLPINO	--	--	--	--	--	--	Pot.
S8	COMUNE DI COSTA VOLPINO	--	--	--	--	--	--	Pot.
S9	COMUNE DI BOSSICO	--	--	--	--	--	--	Pot.
S13	COMUNE DI COSTA VOLPINO	--	--	--	--	--	--	Pot.

7.3 - **VULNERABILITÀ DELLA FALDA**

L'analisi della vulnerabilità della falda del comune di Costa Volpino si basa, oltre che sulle osservazioni emerse durante l'esecuzione delle indagini per il P.G.T., anche su studi precedentemente eseguiti dallo scrivente. In particolare, sono stati considerati i seguenti aspetti:

- Permeabilità dei suoli e del substrato.
- Uso del suolo. Sono state prese in considerazione le diverse destinazioni d'uso del territorio (urbanizzato, seminativo, boschi, ecc.). L'analisi è stata condotta anche tenendo in considerazione il diverso grado di protezione e/o rischio d'inquinamento che le diverse destinazioni d'uso presentano.
- Caratteristiche pedologiche e relative potenzialità e problematiche (e.g.: cattivo drenaggio) dei suoli.



- Distribuzione e concentrazione delle opere di captazione.

Tutti i dati emersi sono stati analizzati e confrontati fra di loro: ne è risultato che il territorio comunale di Costa Volpino è caratterizzato da un grado di vulnerabilità idrogeologica diversificato a seconda delle zone analizzate, ma in linea generale piuttosto elevato.

Le aree caratterizzate dall'affioramento di substrato roccioso presentano circolazione idrica in roccia con vulnerabilità da media ad alta, sia a causa della porosità della maggior parte delle formazioni (rocce carsiche) che della loro intensa e frequente fratturazione (permeabilità secondaria). Nelle aree di raccordo e di fondovalle, caratterizzate da depositi glaciali, alluvionali e di conoide, la vulnerabilità è elevata per via della maggiore permeabilità dei terreni. Bisogna anche ricordare che sulla piana dell'Oglio la falda ha una soggiacenza bassa; anche questo è un fattore di ulteriore vulnerabilità.

7.4 - VALUTAZIONE DI MASSIMA DELLA PERMEABILITA' SUPERFICIALE DELLE DIVERSE UNITA' LITOLOGICHE

Nella carta idrogeologica viene data una valutazione di massima della permeabilità superficiale delle diverse unità litologiche, distinguendo i terreni, per i quali la permeabilità è di tipo primario, dalle rocce, caratterizzate eventualmente da permeabilità secondaria.

Per permeabilità primaria si intende quella dovuta alla porosità presente tra granulo e granulo del sedimento, mentre la permeabilità secondaria è connessa alla eventuale presenza di discontinuità (fratture e/o giunti di stratificazione) nelle masse rocciose.

Il territorio comunale è stato suddiviso in zone omogenee dal punto di vista della conducibilità idraulica in funzione del terreno o della roccia individuata in



affioramento. Pertanto si sono individuate le seguenti classi di permeabilità (le sigle in maiuscolo sono riferite al substrato roccioso, e quelle in minuscolo ai depositi superficiali), valutate sulla base di studi presenti in bibliografia:

<i>Classe di permeabilità</i>	<i>Sigla utilizzata</i>	<i>Valori di permeabilità (cm/s)</i>
Elevata	E / e	$k > 10^{-2}$
Buona	B / b	$10^{-4} < k < 10^{-2}$
Scarsa	S / s	$10^{-6} < k < 10^{-4}$
Impermeabile	I / i	$K < 10^{-6}$

Si riconoscono nel territorio di Costa Volpino terreni caratterizzati da permeabilità da scarsa ad elevata e anche terreni impermeabili; sono stati cartografati:

- **Rocce a permeabilità elevata (E):** Le rocce comprendono le unità del substrato roccioso costituito dalla formazione del Calcarea di Camorelli (15).
- **Terreni a permeabilità elevata (e):** Sono i terreni che costituiscono le aree di affioramento del deposito dell'Unità Postglaciale (119a e 199c).
- **Rocce a permeabilità buona (B):** Le rocce comprendono le unità del substrato roccioso costituite dalle formazioni Dolomia Principale (29), Membro basale della Dolomia Principale (29a), Formazione di Castro (28), Arenaria di Val Sabbia (25), Calcarea di Esino (21) e Calcarea di Angolo (14).
- **Terreni a permeabilità buona (b):** Sono i terreni che costituiscono le aree di affioramento dei depositi dell'Unità Postglaciale (119b), del Complesso dell'Oglio (113a) e del Complesso di Poltragno (107).



- **Rocce a permeabilità scarsa (S):** Le rocce comprendono le unità del substrato roccioso costituito dalle formazioni di San Giovanni Bianco (27), della Formazione di Gorno (26), del Calcare Metallifero Bergamasco (24), dell'Unità di Wengen (19), della Formazione di Buchenstein (17) e del Calcare di Prezzo (16).
- **Rocce impermeabili (I):** Le rocce comprendono le unità del substrato roccioso costituito dalla formazione del Carniola di Bovegno (13).
- **Terreni impermeabili (i):** Sono i terreni che costituiscono le aree di affioramento del deposito dell'Unità Postglaciale (119b).

In riferimento alla tabella sottostante tratta dalla letteratura geotecnica si riportano per le aree indagate dal punto di vista geotecnico le caratteristiche di capacità drenante e gli ordini di grandezza dei coefficienti di permeabilità

K (cm/sec)	10 ²	10 ¹	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
DRENAGGIO	BUONO					POVERO			TERRENI PRATICAMENTE IMPERMEABILI			
	Ghiaia pulita	Sabbia pulita e miscela di sabbia e ghiaia pulita			Sabbia fina, limi organici ed inorganici, miscela di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			Terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici				
				Terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo								

Tabella 1 - Campo di variabilità della permeabilità dei terreni (da "Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni" Carlo Cestelli Guidi, Hoepli, 1987)



8 - INQUADRAMENTO CLIMATOLOGICO

Per l'analisi climatologica del territorio comunale di Costa Volpino sono stati utilizzati i dati ricavati dalle relazioni "Opere di regimazione idraulica del torrente "Valle Supine" secondo il programma stralcio di interventi urgenti per la riduzione del rischio idrogeologico (Studio G.E.A., 2008)" e "Studio di dettaglio dell'area a rischio idrogeologico molto elevato del conoide della Valle Supine (Studio G.E.A., 2005)".

Pluviografi registratori

Per l'analisi del regime pluviometrico sono stati utilizzati i dati dei seguenti pluviometri:

- Clusone, posto a 16 km da Costa Volpino (periodo 1949 – 1986);
- Breno, posto a 23 km;
- Borno, posto a 20 km;
- Dezzo di Scalve, posto a 20 km, appartiene al bacino del Dezzo;
- Gratacasolo, posto a 3 km, è sulla sponda opposta dell'Oglio rispetto a Costa Volpino;
- Borgonato (Lago d'Iseo), posto a 30 km;
- Sarnico, posto a 29 km;
- Bessino, posto a 6 km, appartiene al bacino dell'Oglio;
- Endine Gaiano, posto a 13 km, appartiene al bacino del Cherio.

Il regime delle piogge intense è sintetizzato, come usuale, nelle curve di possibilità pluviometrica che restituisce l'altezza di pioggia attesa h per una durata di pioggia t , espresse nella forma monomia:

$$h[mm] = a \cdot t[ore]^n$$



nella quale i parametri a ed n sono funzione del tempo di ritorno T . L'elaborazione è stata anche condotta sui dati del pluviometro di Breno che è quella che ne contiene per il maggior numero di anni. I valori dei coefficienti per i diversi tempi di ritorno e per le diverse durate sono riportate nella tabella seguente:

	$h = 1 \text{ ora}$	$h = 3 \text{ ore}$	$h = 6 \text{ ore}$	$h = 12 \text{ ore}$	$h = 24 \text{ ore}$
Media	21.4	30.9	37.2	47.5	64.9
Sqm	7.07	8.47	11.27	15.34	17.54
α	0.181	0.151	0.114	0.084	0.073
u	18.19	27.07	32.14	40.55	57.00

Tabella 2 - Parametri statistici per la stazione di Breno.

Nella tabella si sono indicati:

$$\alpha = \frac{1.283}{Sqm}$$

$$u = Media - 0.450 \cdot Sqm$$

I parametri delle curve di possibilità pluviometrica per la stazione di Breno sono riportati nella seguente tabella successiva:

	a [mm/h ⁿ]	n [-]
T = 10 anni	28.8	0.347
T = 20 anni	32.7	0.341
T = 50 anni	37.6	0.336
T = 100 anni	40.7	0.339
T = 200 anni	44.4	0.336
T = 500 anni	48.7	0.337

Tabella 3 - Parametri delle curve di p.p. per la stazione di Breno



L'elaborazione delle piogge per la stazione di Clusone porta ai valori dei parametri come nella tabella seguente:

	a [mm/h ⁿ]	n [-]
T = 10 anni	22.5	0.479
T = 50 anni	27.2	0.477
T = 100 anni	29.2	0.476
T = 200 anni	31.1	0.475

Tabella 4 - Parametri delle curve di p.p. per la stazione di Clusone.

Infine, l'elaborazione è condotta sui dati del pluviografo di Dezzo, che è il più vicino al bacino considerato. I parametri delle curve di possibilità pluviometrica per la stazione di Dezzo sono infine riportati nella successiva tabella:

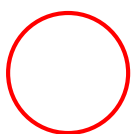
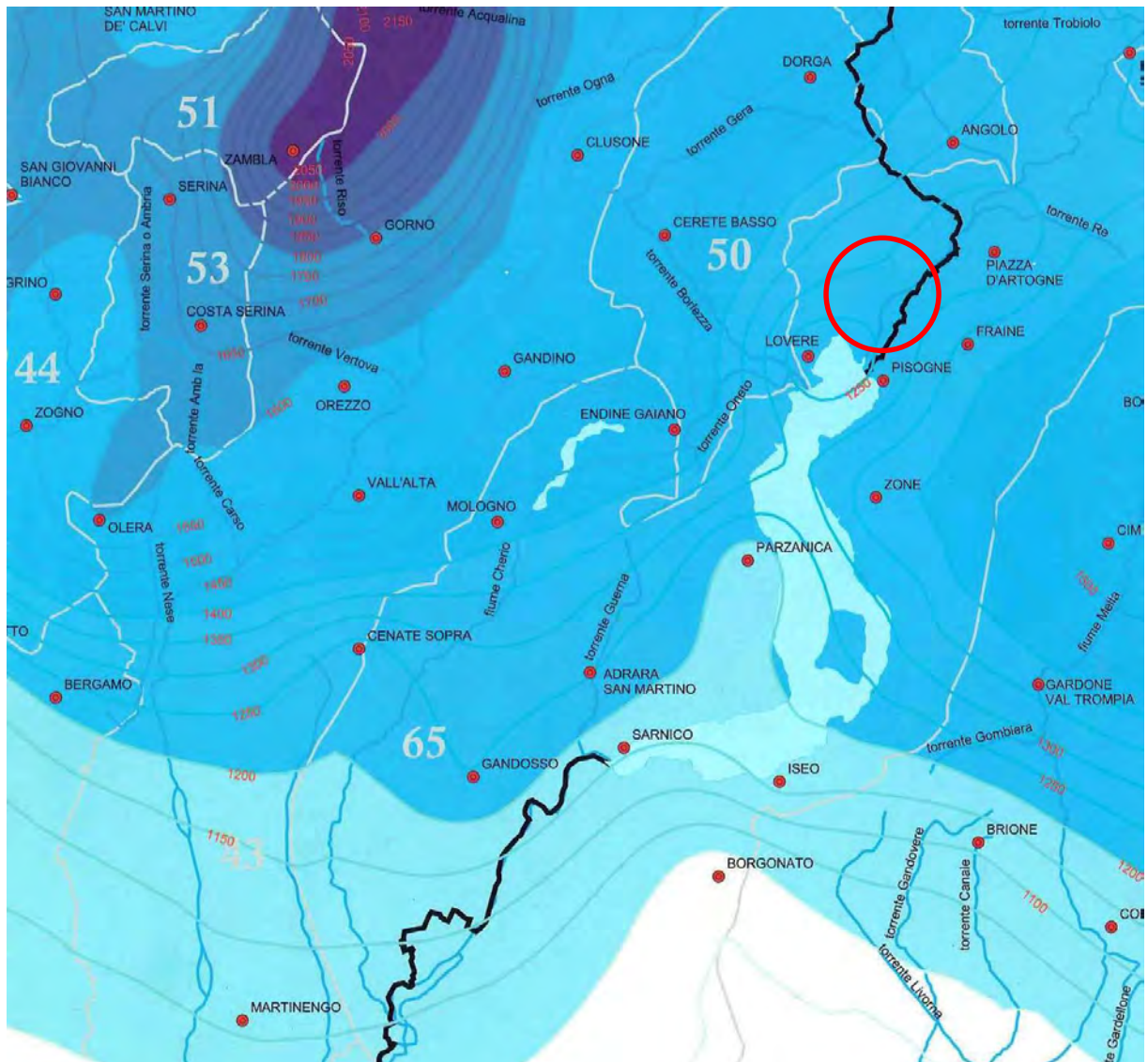
	a [mm/h ⁿ]	n [-]
T = 10 anni	32.9	0.467
T = 20 anni	37.3	0.456
T = 50 anni	41.5	0.458
T = 100 anni	45.2	0.455
T = 200 anni	49.3	0.449
T = 500 anni	52.1	0.461

Tabella 5 - Parametri delle curve di p.p. per la stazione di Dezzo.



CARTA DELLE PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUE DEL TERRITORIO ALPINO LOMBARDO REGISTRATE NEL PERIODO 1881-1990

(Tratto da Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio ed Edilizia Residenziale, Servizio Geologico e Riassetto del Territorio, Ufficio Rischio Geologici, Ufficio Interventi Straordinari per la Valtellina – Dicembre 1999)



Area territorio comunale di Costa Volpino



Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Riferendosi in particolare al bacino della Valle Supine (il sistema vallivo più importante di Costa Volpino), sono state dedotte le curve di possibilità pluviometrica dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), che suddivide il bacino in celle per ciascuna delle quali fornisce i parametri. La curva è data nella forma:

$$h = a \cdot \theta^n$$

dove:

h è l'altezza di pioggia attesa, in [mm];

θ è la durata di pioggia, in [h];

a, n sono parametri che dipendono dal tempo di ritorno dell'evento T , dati per ciascuna cella e riportati nella seguente tabella.

Il totale è di 7 celle; poiché ciascuna cella è quadrata di lato 2 km, la superficie coperta è di 28 km², superiore a quella del bacino complessivo della Valle Supine. In altri termini, il bacino complessivo rimane, come è corretto che sia, all'interno dell'area discretizzata dalle celle selezionate.

Cella	$T = 20 \text{ anni}$		$T = 100 \text{ anni}$		$T = 200 \text{ anni}$		$T = 500 \text{ anni}$	
	a	n	a	n	a	n	a	n
EK61	48.44	0.36	61.2	0.36	66.76	0.359	73.85	0.359
EK62	48.79	0.353	61.69	0.353	67.3	0.352	74.48	0.352
EL61	47.13	0.361	59.51	0.361	64.91	0.36	71.76	0.361
EL62	47.49	0.356	60.02	0.356	65.47	0.355	72.41	0.355
EL63	47.71	0.35	60.34	0.35	65.83	0.349	72.86	0.349
EM61	45.89	0.363	57.9	0.363	63.16	0.362	69.79	0.363
EM62	46.26	0.359	58.43	0.359	63.73	0.358	70.47	0.359



Tabella 6 – Valori dei coefficienti delle curve di p.p. secondo il PAI

Le curve ottenute sono riportate nella figura successiva.

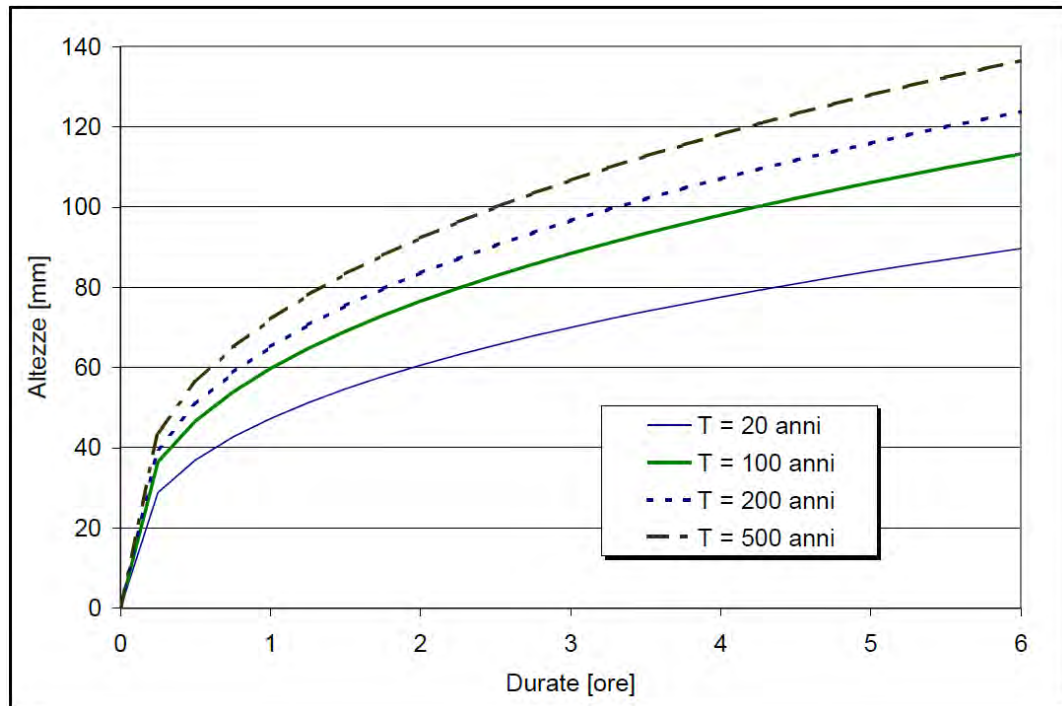


Figura 1 – Curve di p.p. secondo il PAI

Data la scarsa variabilità dei valori dei parametri a ed n e l'uniformità del terreno, si costruiscono le curve di possibilità pluviometrica semplicemente effettuando una media sui valori, quindi utilizzando i valori presentati nella tabella seguente:

	a [mm/h ⁿ]	n [-]
T = 20 anni	47.28	0.357
T = 100 anni	59.74	0.357
T = 200 anni	65.16	0.356
T = 500 anni	72.07	0.357



Tabella 7 – Valori dei coefficienti medi delle curve di p.p. secondo il PAI per il bacino Val Supine

Confronti

Come si può osservare dalle figure successive, le curve presentano una notevole variabilità. Per spiegare, almeno parzialmente, i motivi di questa variabilità, occorre tenere presente la particolare orografia del territorio, compreso tra i monti a diversa esposizione.

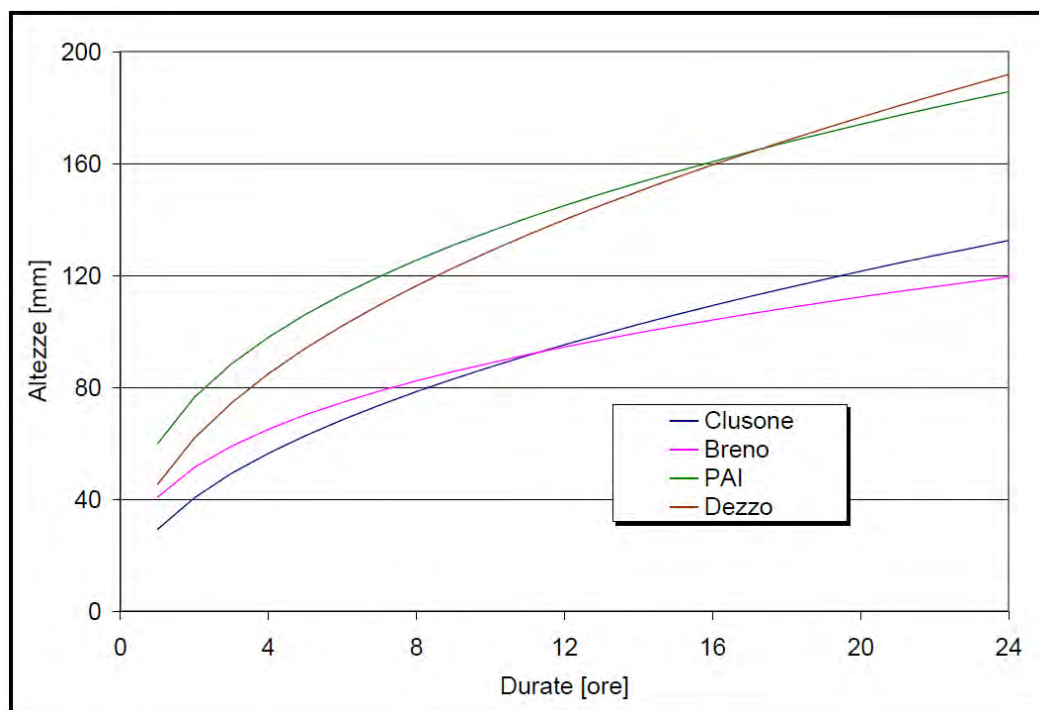


Figura 2 – Confronto tra le curve p.p. con elaborazioni del pluviografo di Clusone, Breno, Dezzo ed i dati PAI; tempo di ritorno T = 100 anni

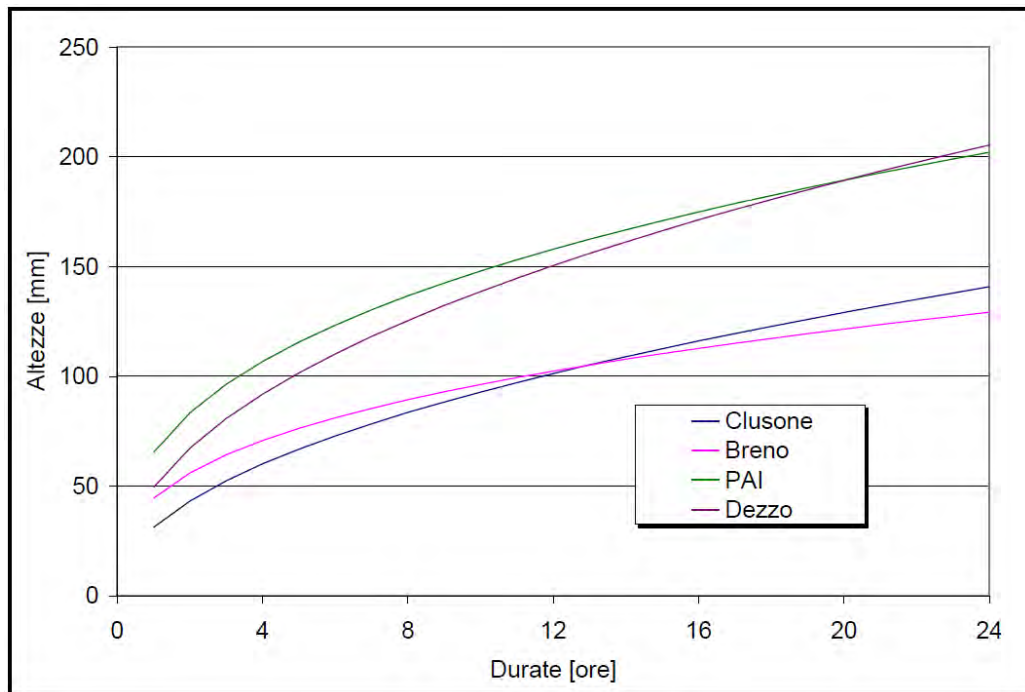


Figura 3 – Confronto tra le curve p.p. con elaborazioni del pluviografo di Clusone, Breno, Dezzo ed i dati PAI; tempo di ritorno T = 200 anni

In particolare si è preso infatti in considerazione il pluviografo di Dezzo e si è valutata la dispersione statistica; senza entrare nel merito della teoria, si riporta qui l'equazione dell'errore standard valida per la distribuzione di Gumbel:

$$S^2 = \frac{s^2}{N} \cdot (1 + 1.1396 \cdot K + 1.1 \cdot K^2)$$

dove:

S è l'errore standard di stima della distribuzione di probabilità;

s è lo scarto quadratico medio del campione disponibile;

N è la dimensione del campione;

K è il fattore di frequenza, funzione del tempo di ritorno e delle dimensioni del campione, che può essere valutato con l'espressione seguente:

$$K = -\left(0.45 + 0.7797 \cdot \ln\left(-\ln\left(1 - 1/T\right)\right)\right)$$

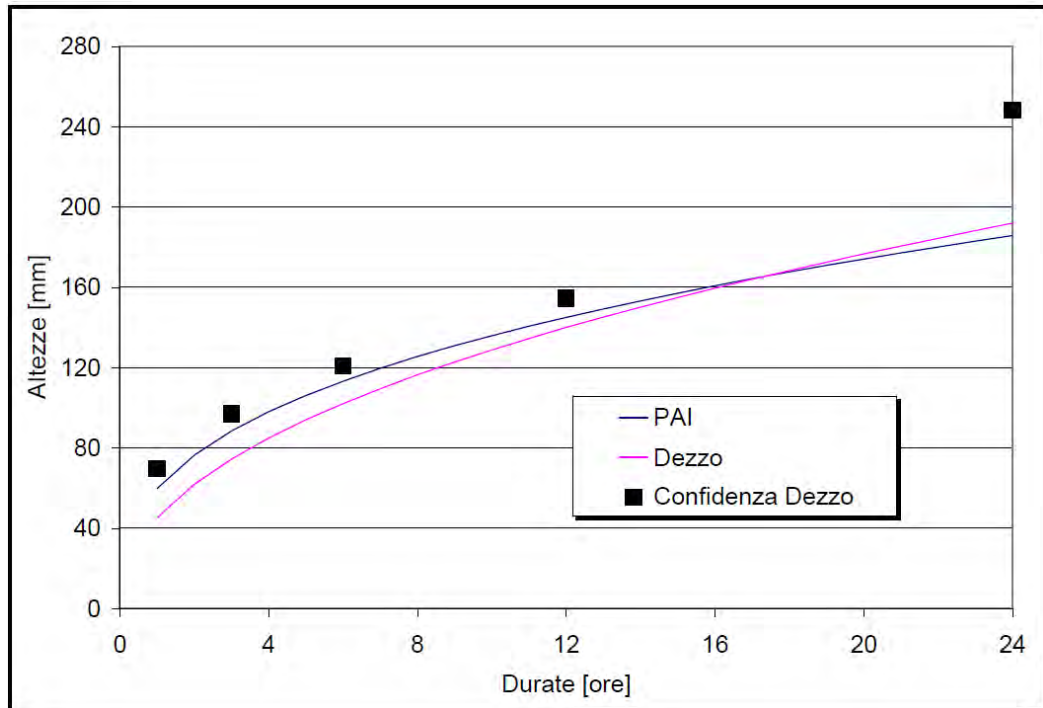


Figura 4 – Confronto tra le curve p.p. con elaborazioni del pluviografo del PAI con Dezzo insieme all'intervallo di confidenza; tempo di ritorno $T = 100$ anni

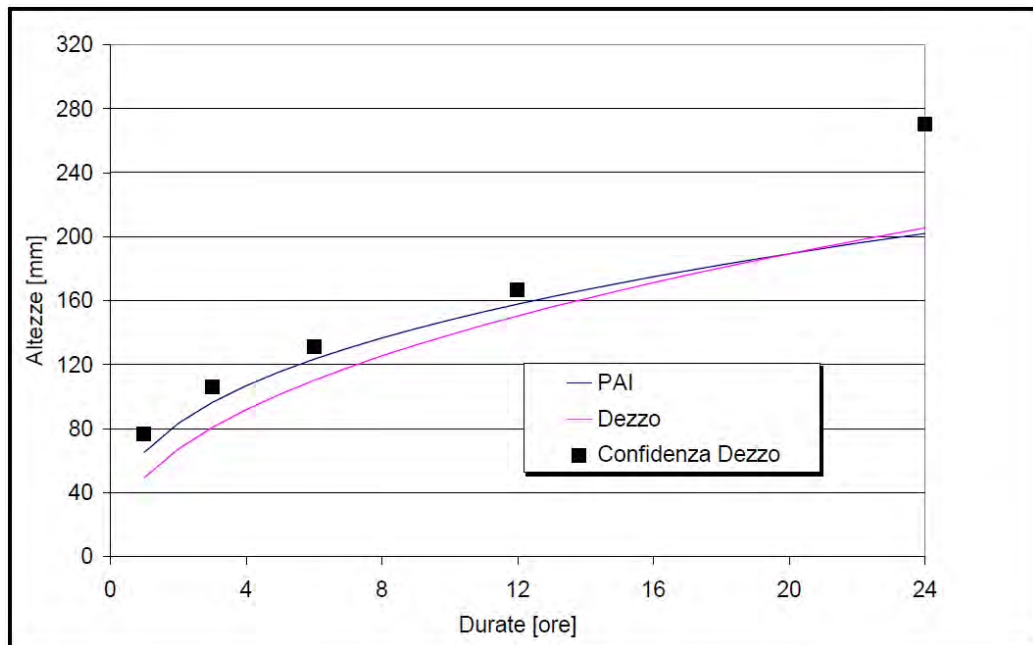


Figura 5 – Confronto tra le curve p.p. con elaborazioni del pluviografo del PAI con Dezzo insieme all'intervallo di confidenza; tempo di ritorno $T = 200$ anni



Noto l'errore standard, si possono calcolare i limiti di confidenza della distribuzione adottata, cioè l'intervallo entro cui i valori attesi della variabile ricadono con data probabilità; in particolare, per la legge probabilistica adottata, i limiti di confidenza corrispondenti al 95% di probabilità sono pari a $\pm 1.96 \cdot S$.

Nelle figure successive sono riportati i confronti tra le curve di possibilità pluviometrica di Dezzo, del PAI ed i punti corrispondenti alla fascia di confidenza per il limite superiore del 95% di probabilità. Si osserva come le curve del PAI ricadano senz'altro all'interno di tale fascia.

Un'altra considerazione possibile riguarda l'intervallo delle durate in cui le curve di possibilità pluviometrica sono valide.

Ad esempio, ancora per la stazione di Dezzo, il valore atteso per la durata di un'ora ed il tempo di ritorno di 100 anni è pari a 54.35 mm/h mentre per il tempo di ritorno di 200 anni è pari a 59.19 mm/h . Si osserva immediatamente come le curve di possibilità pluviometrica, essendo date da una regressione su tutti i dati di intensità attesa da una a ventiquattro ore, sottostimino fortemente questo dato, che si colloca invece abbastanza vicino a quello ricavabile dalle curve del PAI.

Di conseguenza, come sopra accennato, si sceglie nel presente studio di utilizzare le curve di possibilità pluviometrica come fornite dal PAI, che risultano essere lievemente a favore di sicurezza rispetto a quelle ricavate attraverso i dati degli altri pluviografi, ma senza condurre ad eccessivi sovradimensionamenti.

Durata di pioggia inferiore all'ora

Poiché sono abbastanza scarse le informazioni di pioggia di durata inferiore all'ora, per gli scopi pratici i ricercatori hanno valutato il rapporto tra l'altezza di durata θ molto breve e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località.

Rapporti ragionevoli sono riportati nella prossima tabella.

Nella figura è riportato un confronto tra le altezze di pioggia calcolate direttamente con la curva del PAI per un tempo di ritorno di 100 anni estesa alle durate inferiori all'ora e la riduzione prevista dai diversi Autori riportata nella tabella seguente.



θ [minuti]	h_{θ}/h_{60}
5	0.28
10	0.44
15	0.56
30	0.75
45	0.89

Tabella 8 – Valori dei rapporti delle altezze di pioggia per data durata rispetto alla durata oraria.

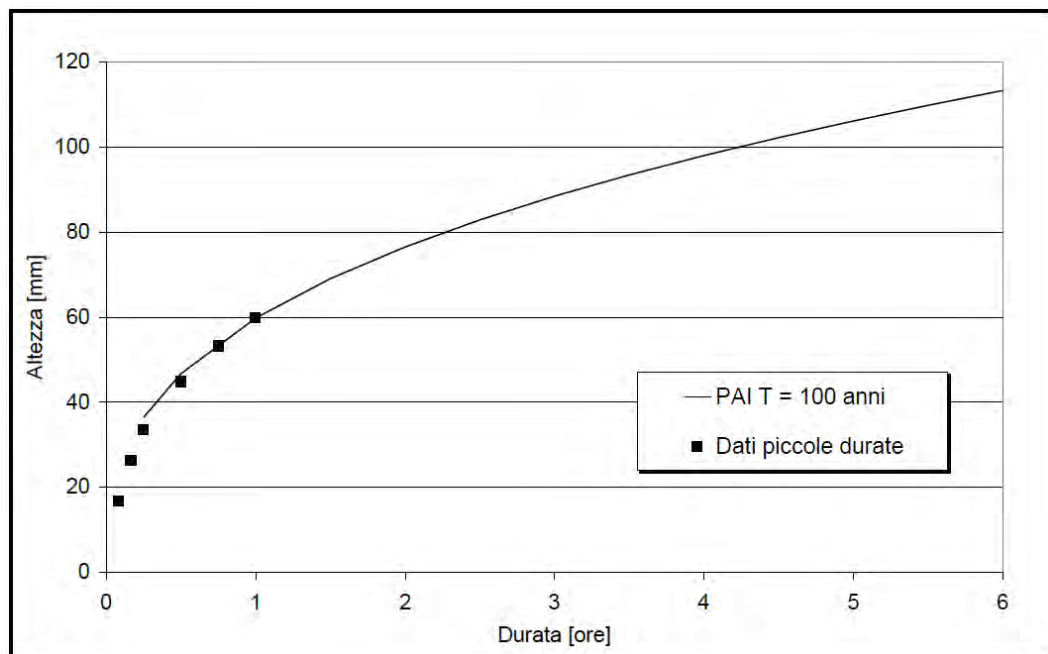


Figura 6 – Valutazione delle altezze di pioggia attese per piccole durate

Si osserva come nel caso in esame la curva approssimi in modo eccellente i dati anche per le durate inferiori all'ora.

Il controllo dei dati di letteratura è effettuato sui bacini dei quali sono disponibili alcune registrazioni di dati di pioggia inferiori all'ora.



Le medie dei rapporti sono riportate nella seguente tabella:

Bacino	h_{10}/h_{60}	h_{15}/h_{60}	h_{30}/h_{60}	h_{45}/h_{60}
Sarnico	0.472	0.501	0.768	0.877
Breno	0.503	0.671	0.751	-
Bessimo	0.341	0.535	0.742	0.862
Dezzo di Scalve	0.538	0.545	0.750	0.879
Cerete Basso	0.210	0.350	0.809	-
Borno	0.694	0.622	-	0.966
Borgonato	0.503	0.678	0.872	-
<i>Media</i>	<i>0.466</i>	<i>0.557</i>	<i>0.782</i>	<i>0.896</i>
<i>Varianza</i>	<i>0.02352</i>	<i>0.01308</i>	<i>0.00252</i>	<i>0.00224</i>

Tabella 9 – Rapporti tra le altezze di pioggia per brevi durate rispetto alla durata oraria

Si osserva come i valori medi siano molto simili a quelli della tabella di riferimento, ciò che conferma la validità delle assunzioni effettuate. Naturalmente, soprattutto per le durate più basse, la dispersione dei dati è notevole, mentre al crescere della durata si osserva che il valore della varianza diminuisce sensibilmente.

Piogge con 50 anni di tempo di ritorno

Le piogge attese per un tempo di ritorno di 50 anni, pur essendo importanti ai fini progettuali e di verifica, non sono indicate nel PAI. Nel presente lavoro saranno quindi dedotte dai dati PAI, per poi essere confrontate sia con le altre curve del PAI stesso, sia con le curve di Dezzo, che negli altri casi di diverso tempo di ritorno sono le più simili.

Il valore dell'esponente della curva di possibilità pluviometrica n è senz'altro assunto pari a 0.357, praticamente come per le altre curve e considerando l'invarianza di scala.



Per quello che riguarda il coefficiente a delle piogge orarie, considerando che la distribuzione probabilistica delle piogge sia data dalla solita Gumbel, ovvero dalla:

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha \cdot (h-u)}}$$

dove P è la probabilità di non superamento, legata al tempo di ritorno dalla

$$T = \frac{1}{1 - P}$$

dai valori di a del PAI si ottengono in modo inverso, rispetto alla procedura usuale, i parametri della distribuzione, valutati pari a: $\alpha = 0.131$ ed $u = 24.551$.

Da questi si ottiene quindi il valore di $a_{50} = 54.41 \text{ mm}/h^n$.

Nelle figure successive sono riportati i confronti rispettivamente con le altre curve del PAI e con la curva di Dezzo, mostrando in entrambi casi un ottimo accordo.

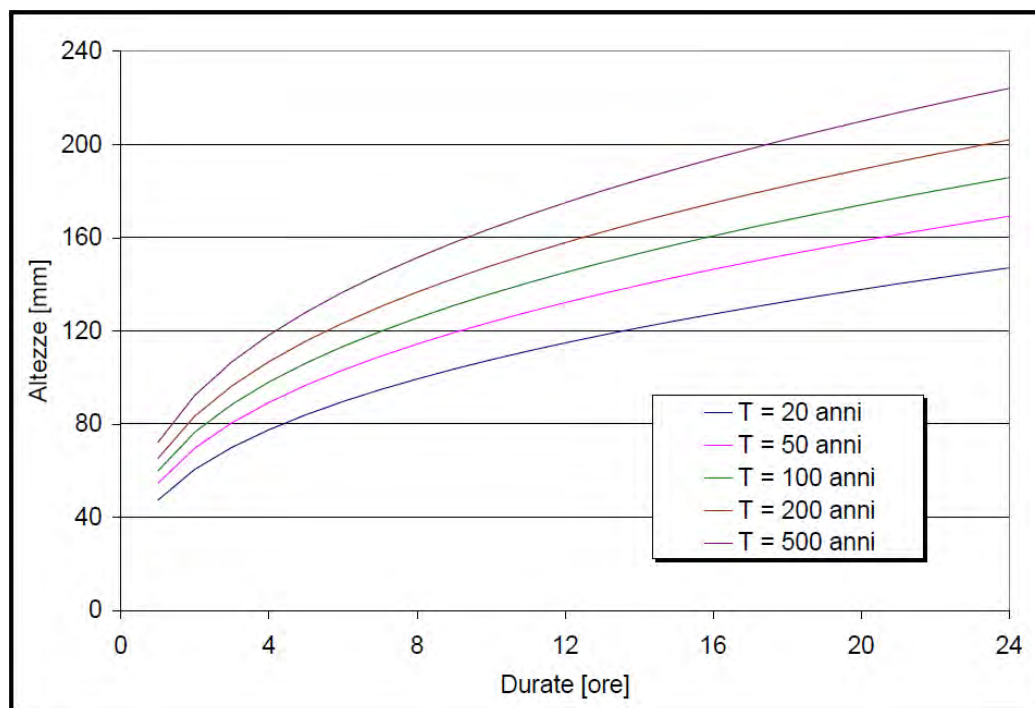


Figura 7 – Curve di possibilità pluviometrica del PAI con la curva stimata per $T = 50$ anni

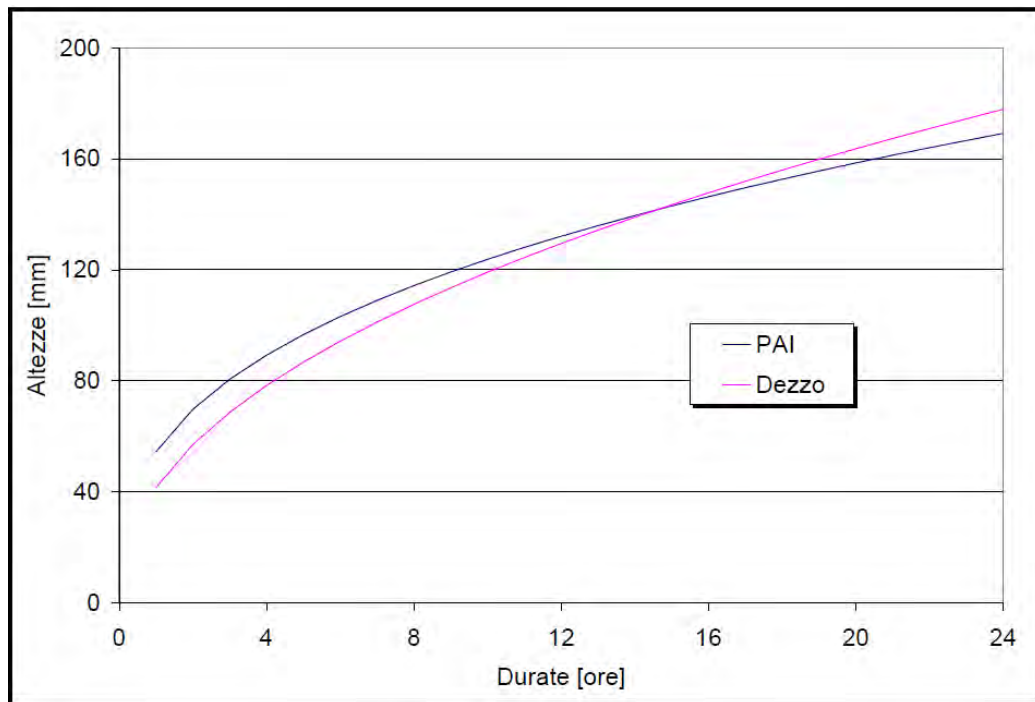


Figura 8 – Confronto tra la curva di Dezzo e la curva stimata dai dati PAI per $T = 50$ anni



9 - ZONAZIONE SISMICA NAZIONALE ED INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO DI COSTA VOLPINO (BG)

(Tavole 06 e 07)

L'individuazione delle *zone sismiche* in Italia è iniziata dai primi anni del '900 attraverso lo strumento del Regio Decreto, emanato a seguito di terremoti distruttivi (Messina, Reggio Calabria 1908). Dal 1927 le località colpite sono state distinte in due categorie, in relazione al "loro grado di sismicità e alla loro costituzione geologica". La mappa sismica d'Italia non era altro che la mappa dei territori colpiti dai forti terremoti avvenuti dopo il 1908 a meno di improvvise successive decisioni di declassificazione che hanno purtroppo riguardato una serie di territori colpiti da forti terremoti. Tutti i territori colpiti dai terremoti distruttivi avvenuti prima del 1908 (la maggior parte delle zone sismiche d'Italia) non erano classificati come sismici e, pertanto, non vi era alcun obbligo di costruire nel rispetto della normativa antisismica; in questo modo si è accumulato un enorme deficit di protezione antisismica.

La Legge 2/2/1974 n. 64 ha stabilito il quadro di riferimento per le modalità di classificazione sismica del territorio nazionale oltre che alla redazione di normative tecniche.

Nel 1980 il Progetto finalizzato "Geodinamica" del CNR elaborò, sulla base delle conoscenze scientifiche e delle metodologie allora disponibili, una proposta di classificazione sismica del territorio nazionale che fu adottata tra il 1981 ed il 1984 con vari decreti del Ministro per i lavori pubblici. Tale proposta si basava per la prima volta su parametri quantitativi definiti in modo omogeneo per tutto il territorio nazionale (scuotibilità e massima intensità risentita), con l'integrazione di alcuni elementi sismotettonici.

Fino al 1988 la competenza per l'individuazione delle zone sismiche restò al Ministro dei lavori pubblici. Con il D.Lgs. n. 112/1998 questa competenza è stata trasferita alle Regioni, mentre spetta allo Stato definire i relativi criteri generali.



Così come le norme tecniche per la costruzione in zona sismica sono praticamente ferme al 1986, la mappa delle zone sismiche non è stata più aggiornata dal 1984.

Nell'Aprile 1997, su delibera della Commissione per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile, venne insediato un gruppo di lavoro incaricato di formulare una proposta di aggiornamento della *classificazione sismica* d'Italia.

Il gruppo di lavoro produsse uno studio, basato sull'utilizzo congiunto di tre parametri. Due di questi sono di tipo probabilistico:

- i. l'accelerazione massima del terreno a_{max} (PGA) con il 10% di probabilità di superamento in 50 anni, la cui distribuzione è rappresentata da PS4
- ii. l'integrale dello spettro di risposta di pseudovelocità, detto "intensità di Housner".

Entrambi sono determinati con metodologie simili a partire dallo stesso materiale di base. Il terzo, di tipo deterministico, è rappresentato dal valore della *intensità massima sperimentata* nell'ultimo millennio.

Questo studio, denominato "Proposta 98", venne approvato dalla Commissione grandi rischi, trasmesso al Ministro dei lavori pubblici e successivamente pubblicato (Gruppo di lavoro 1999).

Il prosieguo dei lavori che ne scaturì fece emergere le problematiche relative alla 3° *categoria sismica* che nella proposta venne estesa a ben 1698 Comuni rispetto ai soli 99 della classificazione allora vigente.

Successivamente il Servizio sismico nazionale elaborò la "Proposta 01" che però non ebbe nella sostanza particolari divergenze e contributi rispetto alla precedente.

Con l'attuale normativa, la Zonazione sismica risponde ai seguenti criteri:

- i. Le "Norme Tecniche" indicano 4 valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare; pertanto il numero delle zone è fissato in 4.
- ii. Ciascuna zona sarà individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema seguente.



Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a _g /g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a _g /g]
1	>0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3 COSTA VOLPINO (BG)	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Tabella 10 – Zonazione sismica del territorio nazionale e riferimento per il comune di COSTA VOLPINO

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale. Tale Ordinanza è in vigore dal 23 ottobre 2005 per gli aspetti inerenti la classificazione sismica: di tale classificazione la Regione Lombardia ha preso atto con d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003.

Si è quindi passati dalla precedente classificazione sismica di cui al d.m. 5 marzo 1984 alla attuale.

Dal punto di vista della normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica, dal 1° luglio 2009 la progettazione antisismica, per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici è regolata dal d.m. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, che sostituisce il precedente d.m. 14 settembre 2005.

La finalità del presente lavoro è la descrizione dell'intero territorio comunale dal punto di vista della valutazione del rischio sismico attraverso l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito.



Ai sensi della normativa, tutto il territorio comunale di COSTA VOLPINO rientra nella Zona 3 con rischio sismico Medio-Basso.

Non si ricordano episodi sismici, secondo memoria storica, che hanno avuto epicentro nel territorio comunale di COSTA VOLPINO. Eventi sismici disastrosi non sono avvenuti negli anni secondo memoria storica.

La base di supporto per l'analisi del territorio è stata costituita dallo studio geologico, computi geometrici planoaltimetrici condotti cartograficamente, valutazioni morfologiche e geolitologiche. A questa analisi sono state affiancate indagini dirette geofisiche specifiche realizzate direttamente in sito, in modo tale da costituire un valido supporto alla pianificazione urbanistica. Occorre precisare che questo lavoro ha lo scopo di affrontare i problemi geologico – tecnici nell'ottica antisismica alla scala comunale. Non esime pertanto l'Amministrazione ed i Cittadini dall'assolvere gli obblighi derivanti dalle specifiche normative di legge concernenti il settore edilizio e geotecnico previste in sede esecutiva e dettate dalle specificità geologiche di ciascuna area che sarà considerata al fine di nuove costruzioni.

La presente valutazione nell'ottica antisismica è consistita nell'inquadramento del territorio con i livelli di approfondimento previsti dalla normativa regionale LIVELLO 1 e LIVELLO 2 (i LIVELLI 1, 2, 3 sono metodologie di analisi dettate dalla normativa).

Queste procedure adottate dalla Regione Lombardia sono derivate dagli studi del CNR, dal Dipartimento della Protezione Civile - Servizio Sismico Nazionale.

Il LIVELLO 2 per questo studio specifico è stato applicato con tecniche di analisi geofisica con esemplificazioni nelle aree del fondovalle e collinare, in particolare attraverso misure di microtremore sismico ambientale [REMI + MASW] per la stima del profilo stratigrafico delle onde di taglio orizzontali (V_s 30 m).

Questo studio illustra indicazioni, principi e tecniche per la migliore progettazione e fornisce pertanto per confronto dei risultati applicati a casi specifici del territorio.



10 - VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO PER IL COMUNE DI COSTA VOLPINO

Le procedure che sono state applicate al territorio di COSTA VOLPINO sono dettate dalla normativa regionale, dall'Allegato 5 "*Criteria ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*", in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12" - *ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO IN LOMBARDIA FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELL'ASPETTO SISMICO NEI PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO* e successive Delibera di giunta regionale 30 novembre 2011 - n. IX/2616: "*Aggiornamento dei 'Criteria ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12*", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374.

La metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: i tre livelli sono obbligatori (con le opportune differenze in funzione della zona di appartenenza) in fase di pianificazione ed in fase di progettazione.

Il secondo livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche.

La procedura messa a punto fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

Per quanto riguarda le scale e le modalità di restituzione degli elaborati, si sono considerate le indicazioni fornite dall'allegato 5 dei "*Criteria ed Indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 12/2005*" con relative successivi integrazioni.

E' stata scelta la restituzione sull'intero territorio comunale in scala 1: 5000.



11 - COMUNE DI COSTA VOLPINO - 1° LIVELLO

Consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone in cui i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Lo studio attuato è consistito nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento di base (carta geologica, carta geomorfologica, stratigrafie, dati geotecnici riguardanti i primi strati di profondità del sottosuolo ecc.) e nella redazione della cartografia rappresentata dalla CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni di rischio che sono state riscontrate per il territorio considerato di COSTA VOLPINO (Tabella 2) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche



Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 11 - Scenari di pericolosità sismica locale individuati per il territorio di COSTA VOLPINO (BG).

La carta della pericolosità sismica locale rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento:

- il 2° livello permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (Z4), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici;
- il 3° livello permetterà sia la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata, sia la quantificazione degli effetti di instabilità dei versanti (zone Z1).

Non risultano presenti nel territorio comunale faglie definite *capaci*. A tal proposito è stato infatti consultato l'elenco del Catalogo delle faglie capaci, Progetto ITHACA. Con la denominazione faglia capace, si intende, tra le faglie attive, quelle "con un significativo potenziale di dislocazione in superficie o nella sua prossimità" secondo la definizione di capable fault, IAEA, 1991, Safety Series No. 50-SG-51-Rev. 1.



12 - COMUNE DI COSTA VOLPINO - 2° LIVELLO

12.1 - EFFETTI LITOLOGICI

Sulla base dei dati disponibili la ricostruzione geologica rappresentativa dello scenario inerente l'area in esame, viene descritta attraverso i dati reperiti da osservazioni e indagini dirette, quali perforazioni per lo scavo di pozzi e sondaggi geognostici. Nella allegata sezione geologica ed idrogeologica sono illustrati graficamente i profili stratigrafici caratteristici del territorio comunale.

Per la descrizione di dettaglio delle Unità stratigrafiche, della geolitologia e dei relativi parametri geotecnici, per l'inquadramento geologico strutturale del territorio si rimanda ai capitoli precedenti dedicati ad essi nello specifico.

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs₂, utilizzati nella procedura di 2° LIVELLO per il Comune di COSTA VOLPINO, si ritiene corrispondano ad una valutazione di grado medio-alto di attendibilità. Di seguito, come prescritto dalla normativa di settore, si rappresenta schematicamente ciascun parametro utilizzato per l'analisi a cui è stato assegnato un grado di giudizio di attendibilità.

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)

² Vs: velocità delle onde di taglio orizzontali che si propagano in superficie al terreno e sono responsabili degli effetti distruttivi di un sisma.



Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Tabella 12 – Livelli di attendibilità (in grassetto = Comune di COSTA VOLPINO) valutati per la stima del rischio sismico e delle amplificazioni di sito per il territorio.



13 - INDAGINE GEOFISICA SISMICA AI FINI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA COMUNALE

13.1 - METODO DI ANALISI DEL PROFILO DELLE ONDE DI TAGLIO ORIZZONTALI VS30 - MICROTREMORE SISMICO AMBIENTALE [REMI] + ANALISI MULTICANALE DI ONDE DI SUPERFICIE [MASW]

L'indagine per la caratterizzazione del suolo è avvenuta con misura diretta dei parametri geofisici per la definizione del profilo delle onde di taglio orizzontali.

È stata utilizzata la tecnica della misura dei *Microtremori Sismici Ambientali* [REMI – Refraction Microtremor] + Analisi Multicanale di Onde di Superficie [MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves].

L'indagine è stata strutturata attraverso l'acquisizione dei dati di campagna in fasi di misura. Ciò al fine di esplorare il sottosuolo attraverso un insieme di misure statisticamente significative.

È seguita l'elaborazione, l'interpretazione dei dati con illustrazione dei risultati conclusivi descritti.



14 - PROFILO STRATIGRAFICO DELLE ONDE ORIZZONTALI V_s 30 m

14.1 - AREA D'INDAGINE 1 – COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG)

AREA 1 - [V_{s30} m]		
Onde di taglio orizzontali V_s [m/s]	Profondità [m]	Spessore strati [m]
122.30	-1.65	1.65
159.78	-3.00	1.35
224.04	-5.70	2.70
307.05	-9.90	4.20
317.76	-16.35	6.45
414.15	-21.15	4.80
489.13	-30.00	8.85

V_{s30} m = 307,2 m/s

Tabella 13 - Area d'indagine 1. Profilo di velocità V_s delle onde di taglio orizzontali.

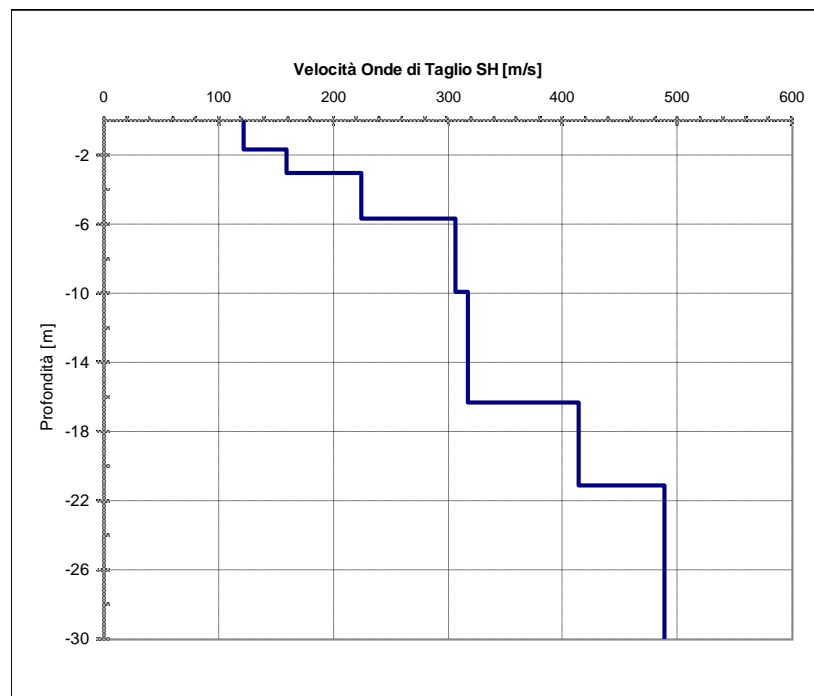


Figura 9 – AREA D'INDAGINE 1. Grafico del profilo di velocità V_s delle onde di taglio orizzontali.

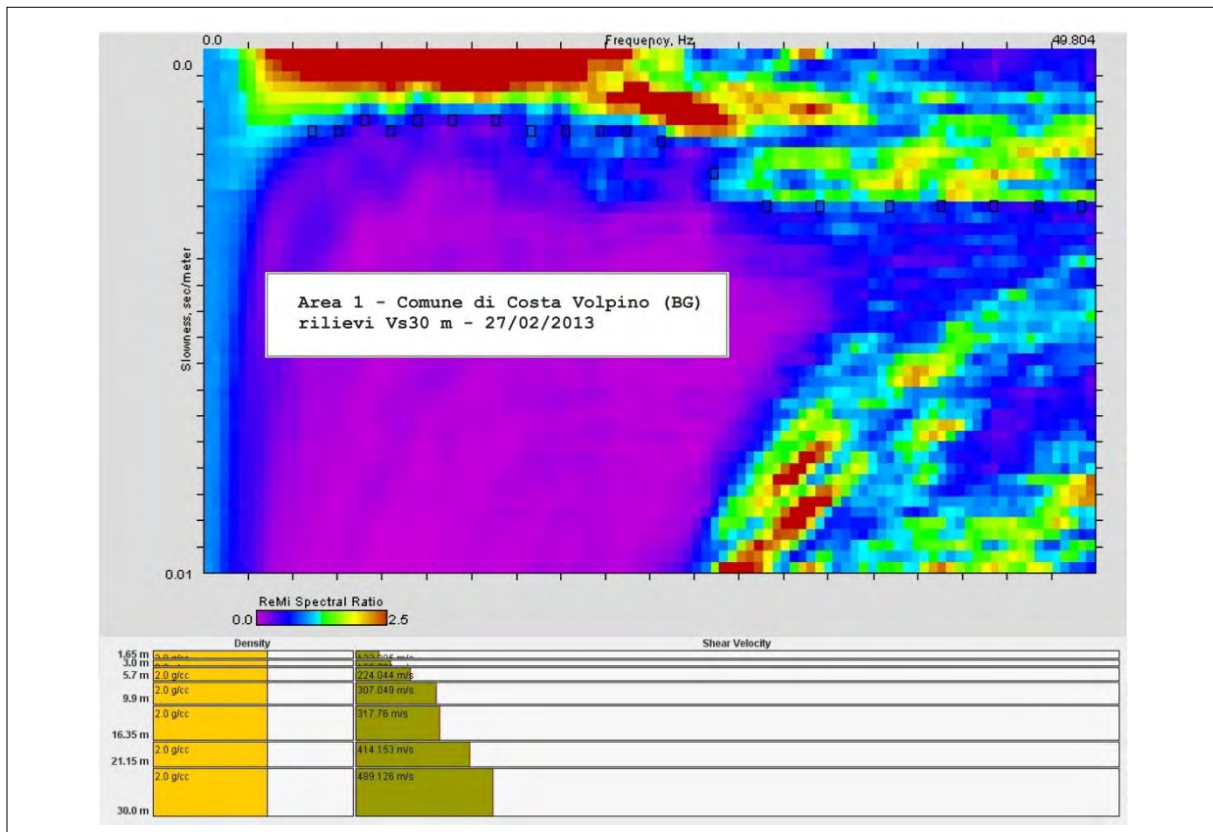


Figura 10 – AREA D'INDAGINE 1. Dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh.



Foto 1

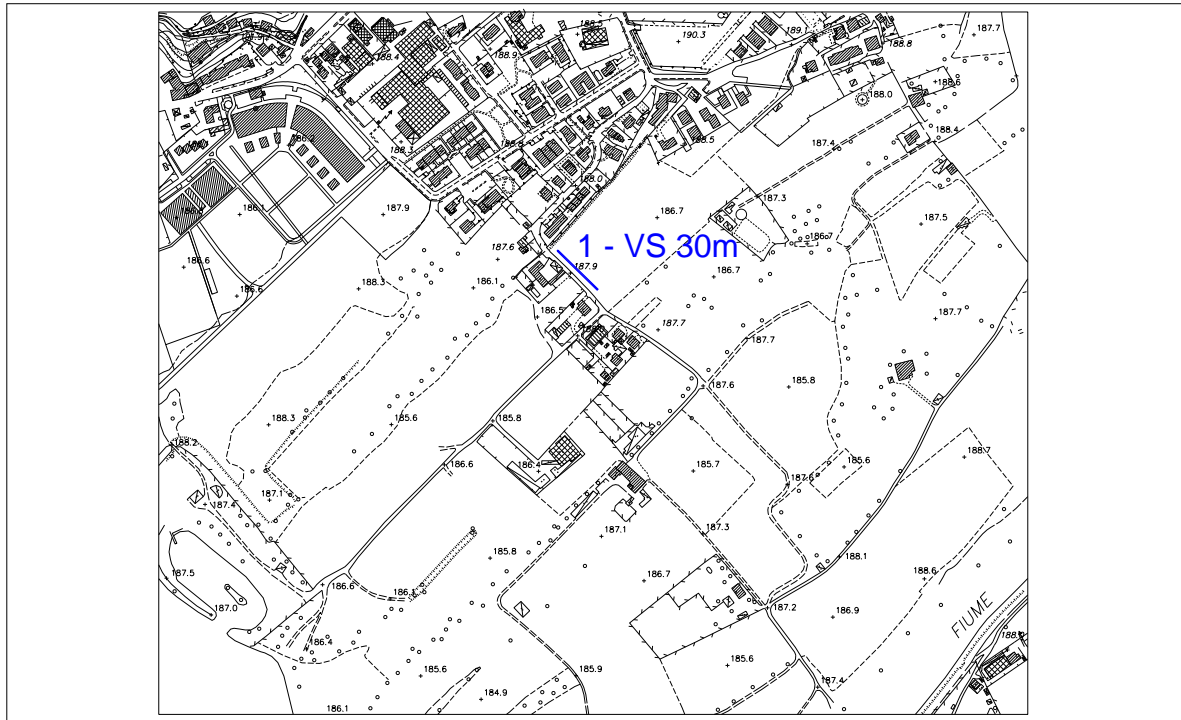


Figura 11 – Ubicazione (traccia in blu) AREA D'INDAGINE 1.

L'interpretazione delle misure geofisiche realizzate nell'area consente di definire le caratteristiche litologiche fisiche di rigidità dei depositi naturali compatibili con la Categoria di suolo descritta nella seguente TABELLA.

C. Sabbie e ghiaie mediamente addensate, argille (Nspt 15-50; cu 70-250 kPa): V_{s30} 180-360 m/s

Tabella 14 – AREA D'INDAGINE 1. *Inquadramento della CATEGORIA DI SUOLO del sito ai sensi D.M.14/01/2008 - O.P.C.M. N. 3274/2003.*



14.2 - AREA D'INDAGINE 2 - COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG)

AREA 2 - [Vs30 m]		
Onde di taglio orizzontali Vs [m/s]	Profondità [m]	Spessore strati [m]
116.94	-1.50	1.50
151.75	-3.21	1.71
207.98	-6.43	3.21
250.82	-10.71	4.29
229.40	-16.07	5.36
242.79	-22.35	6.28
261.53	-30.00	7.65

Vs_{30 m} = 222,0 m/s

Tabella 15 - AREA D'INDAGINE 2. Profilo di velocità Vs delle onde di taglio orizzontali.

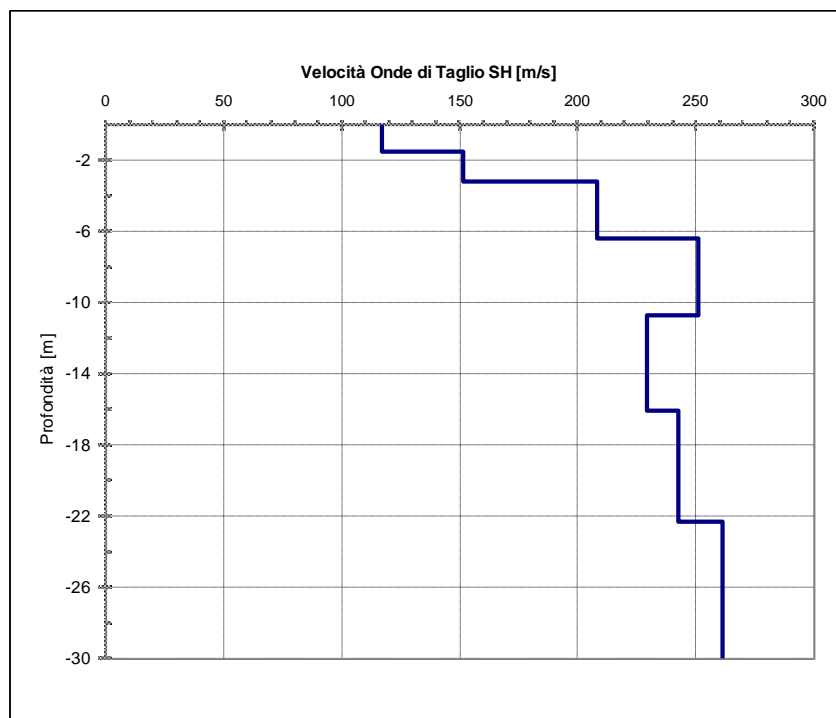


Figura 12 – AREA D'INDAGINE 2. Grafico del profilo di velocità Vs delle onde di taglio orizzontali.

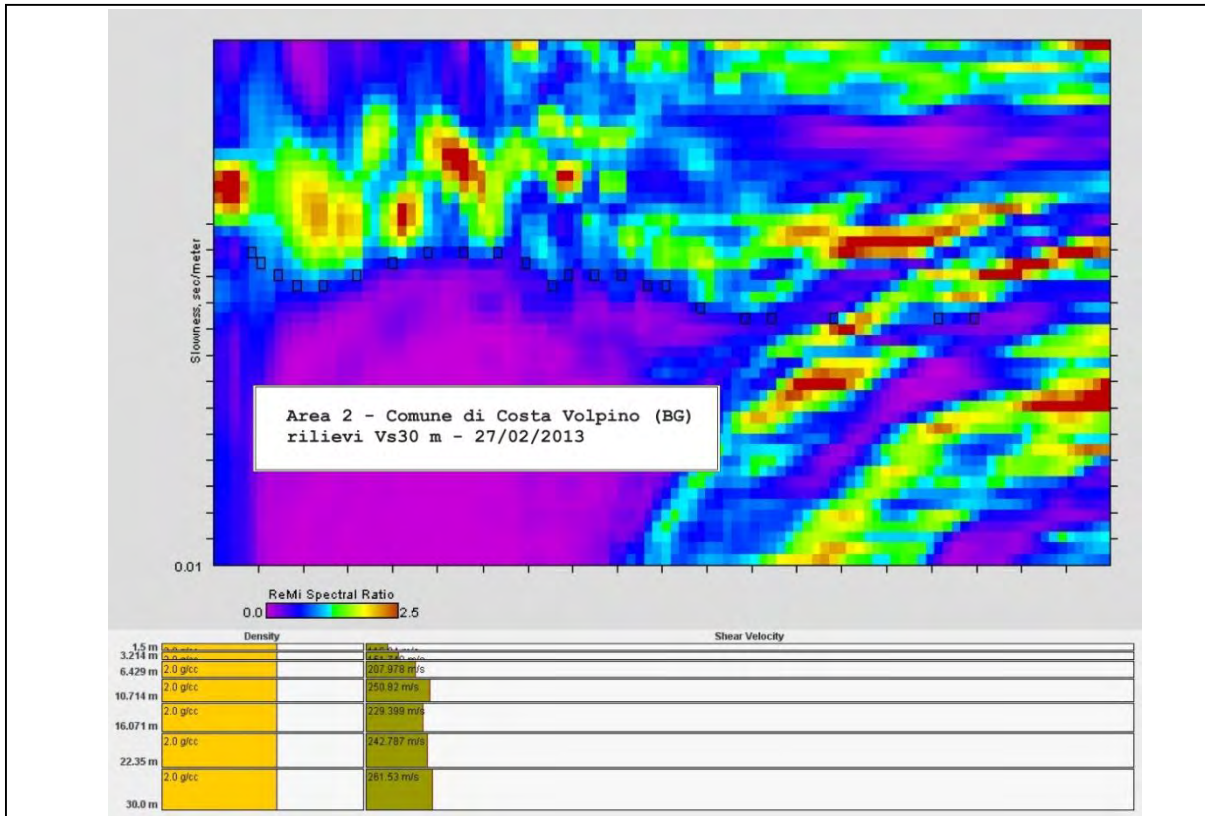


Figura 13 – AREA D'INDAGINE 2. Dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh.



Foto 1

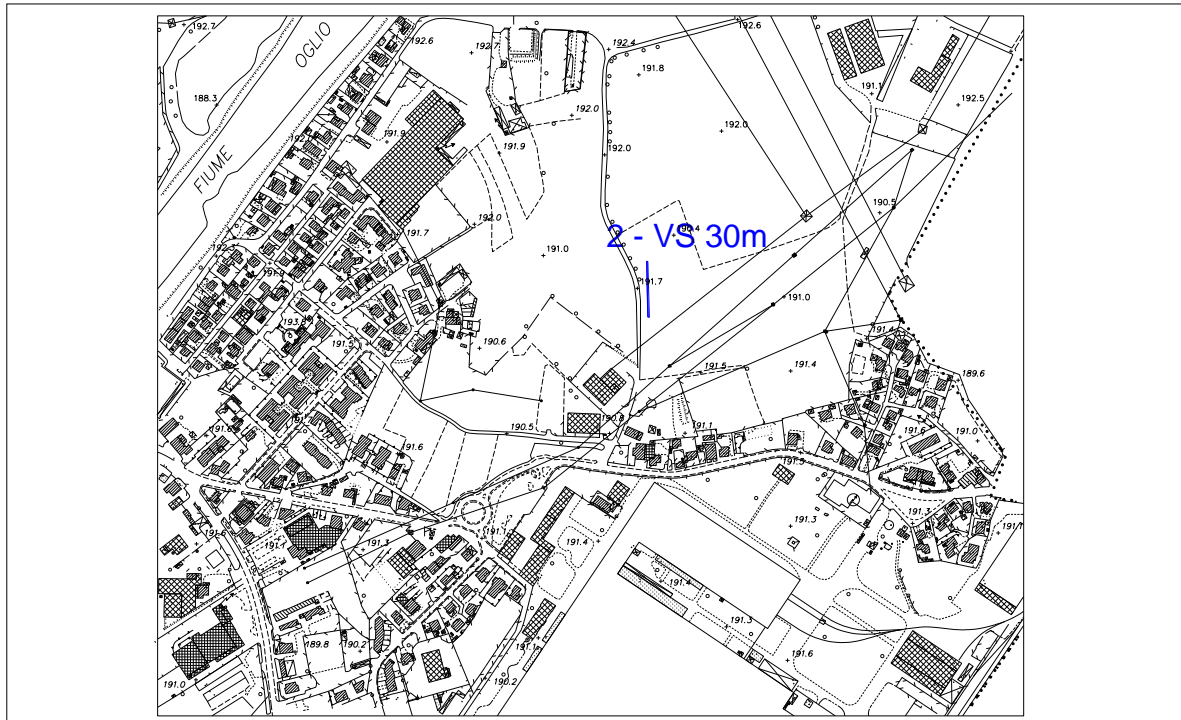


Figura 14 – Ubicazione (traccia in blu) AREA D'INDAGINE 2.

L'interpretazione delle misure geofisiche realizzate nell'area consente di definire le caratteristiche litologiche fisiche di rigidità dei depositi naturali compatibili con la Categoria di suolo descritta nella seguente TABELLA.

C. Sabbie e ghiaie mediamente addensate, argille (Nspt 15-50; cu 70-250 kPa): V _{s30} 180-360 m/s
--

Tabella 16 – AREA D'INDAGINE 2. Inquadramento della CATEGORIA DI SUOLO del sito ai sensi D.M.14/01/2008 - O.P.C.M. N. 3274/2003.



14.3 - AREA D'INDAGINE 3 – COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG)

AREA 3 - [Vs30 m]		
Onde di taglio orizzontali Vs [m/s]	Profondità [m]	Spessore strati [m]
124.97	-3.90	3.90
141.04	-7.07	3.17
157.10	-8.70	1.63
400.77	-12.66	3.96
515.90	-19.05	6.39
502.51	-25.12	6.07
540.00	-30.00	4.88

Vs_{30 m} = 279,2 m/s

Tabella 17 - AREA D'INDAGINE 3. Profilo di velocità Vs delle onde di taglio orizzontali.

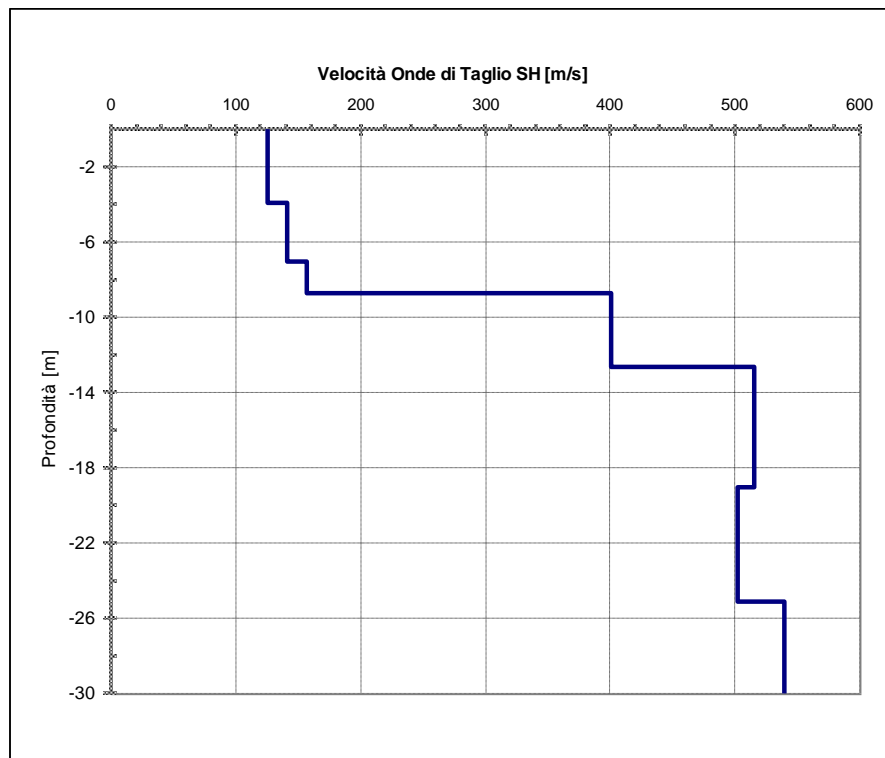


Figura 15 – AREA D'INDAGINE 3. Grafico del profilo di velocità Vs delle onde di taglio orizzontali.

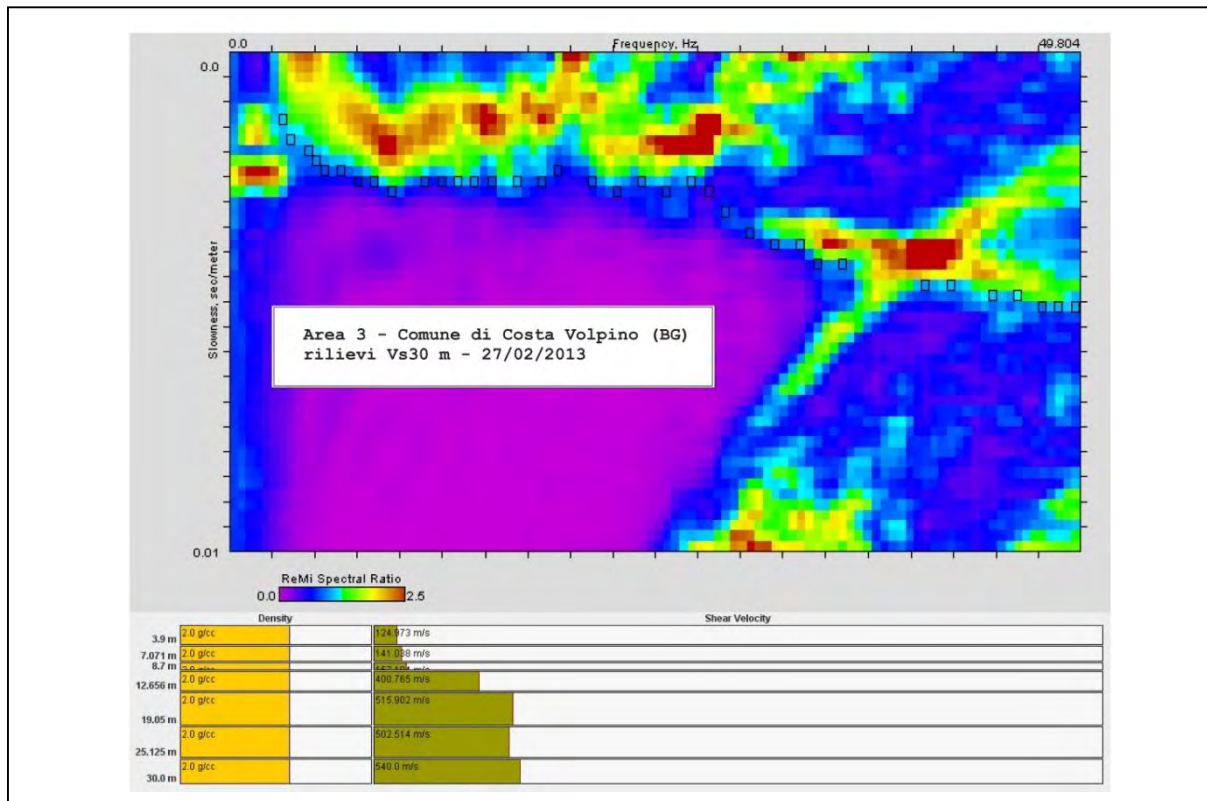


Figura 16 – AREA D'INDAGINE 3. Dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh.



Foto 1



Foto 2

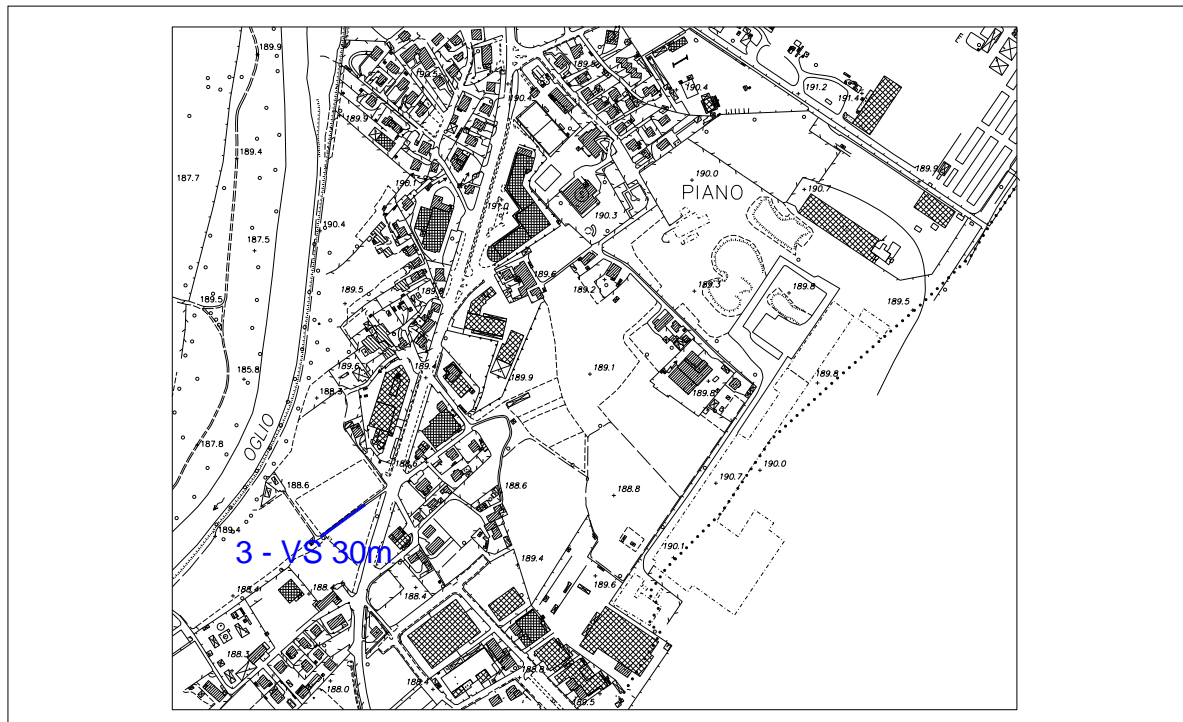


Figura 17 – Ubicazione (traccia in blu) AREA D'INDAGINE 3.

L'interpretazione delle misure geofisiche realizzate nell'area consente di definire le caratteristiche litologiche fisiche di rigidità dei depositi naturali compatibili con la Categoria di suolo descritta nella seguente TABELLA.

C. Sabbie e ghiaie mediamente addensate, argille (Nspt 15-50; cu 70-250 kPa): V _{s30} 180-360 m/s
--

Tabella 18 – AREA D'INDAGINE 3. *Inquadramento della CATEGORIA DI SUOLO del sito ai sensi D.M.14/01/2008 - O.P.C.M. N. 3274/2003.*



14.4 - AREA D'INDAGINE 4 - COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG)

AREA 4 - [Vs30 m]		
Onde di taglio orizzontali Vs [m/s]	Profondità [m]	Spessore strati [m]
157.10	-1.50	1.50
216.01	-3.45	1.95
382.02	-5.10	1.65
561.42	-9.45	4.35
473.06	-15.45	6.00
679.23	-21.75	6.30
1021.97	-30.00	8.25

Vs_{30 m} = 494,4 m/s

Tabella 19 - AREA D'INDAGINE 4. Profilo di velocità Vs delle onde di taglio orizzontali.

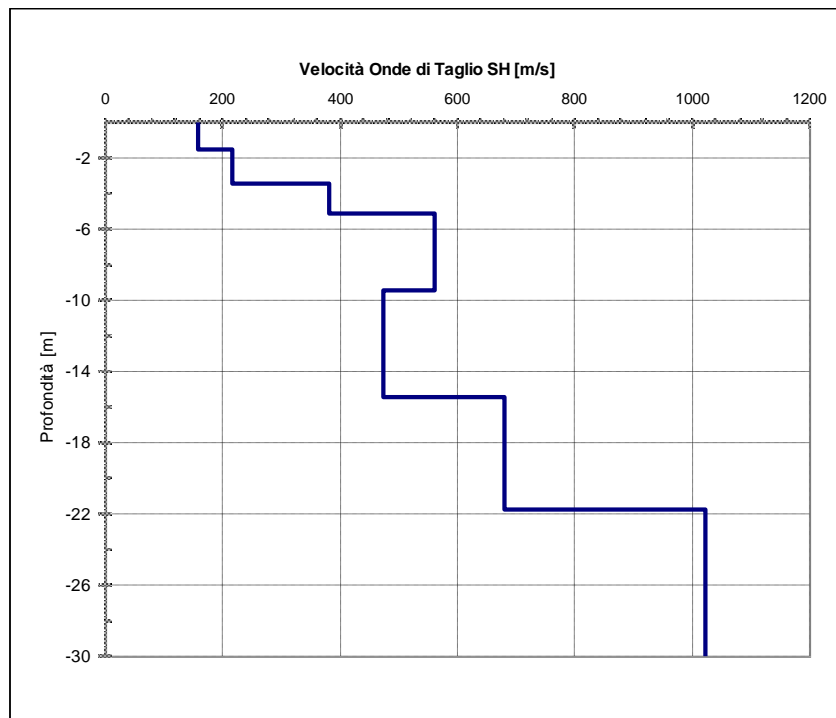


Figura 18– AREA D'INDAGINE 4. Grafico del profilo di velocità Vs delle onde di taglio orizzontali.

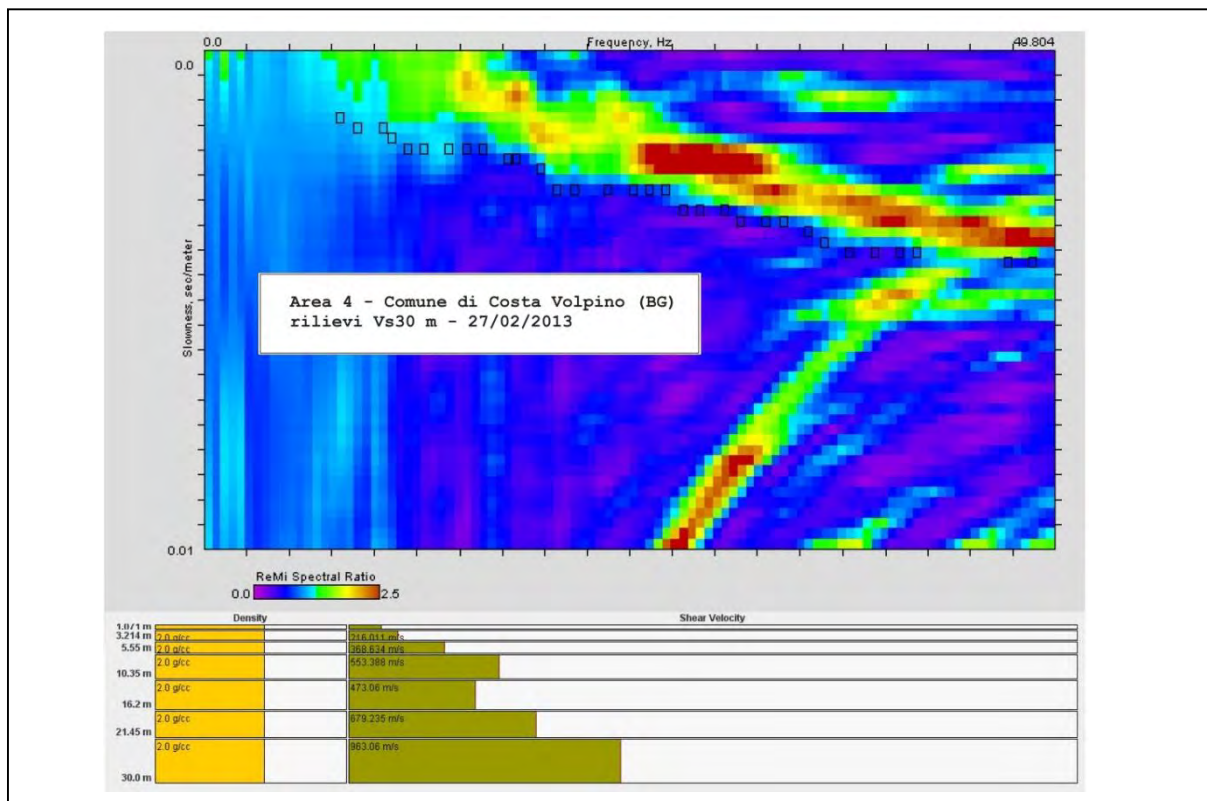


Figura 19 – AREA D'INDAGINE 4. Dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh.



Foto 1



Foto 2

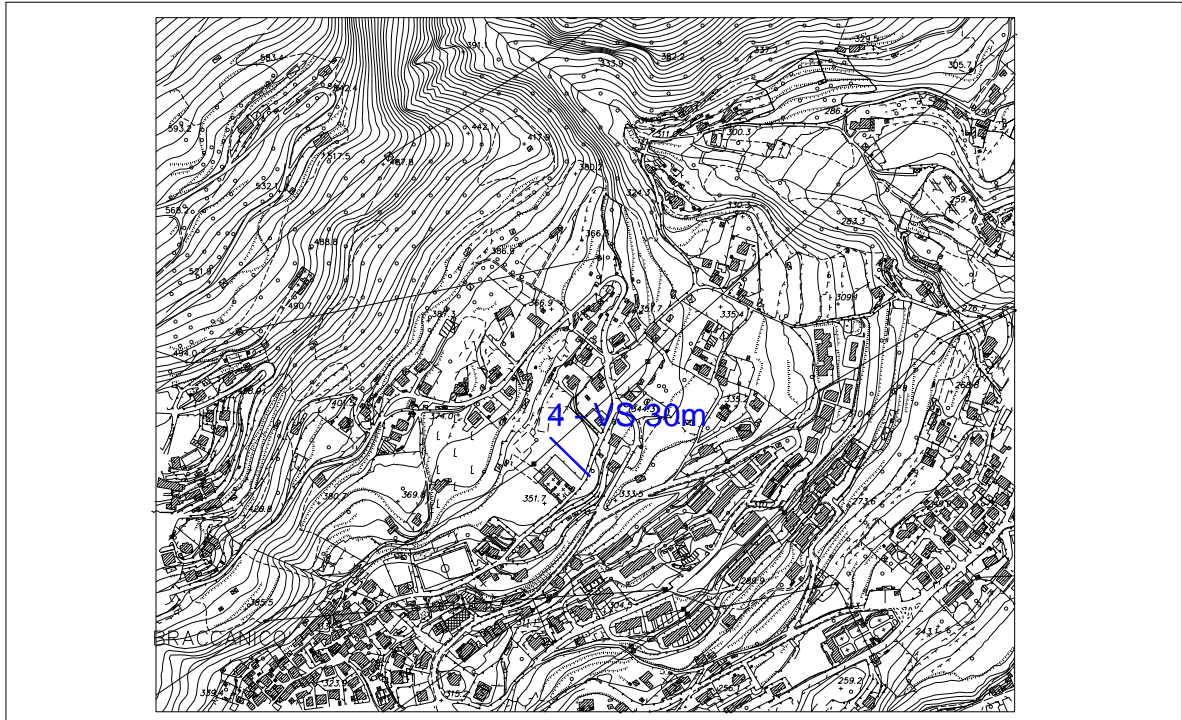


Figura 20 – Ubicazione (traccia in blu) AREA D'INDAGINE 4.

L'interpretazione delle misure geofisiche realizzate nell'area consente di definire le caratteristiche litologiche fisiche di rigidità dei depositi naturali compatibili con la Categoria di suolo descritta nella seguente TABELLA.

B. Sabbie e ghiaie molto addensate, argille (Nspt > 50 o cu > 250 kPa): V _{s30} 180-360 m/s
--

Tabella 20 – AREA D'INDAGINE 4. Inquadramento della CATEGORIA DI SUOLO del sito ai sensi D.M.14/01/2008 - O.P.C.M. N. 3274/2003.

15 - METODOLOGIA DI INDAGINE: MICROTREMORE SISMICO AMBIENTALE [REMI] + ANALISI MULTICANALE DI ONDE DI SUPERFICIE [MASW]

La misura diretta dei parametri geofisici per la definizione del profilo delle ONDE DI TAGLIO ORIZZONTALI è stata realizzata attraverso la tecnica dei MICROTREMORI SISMICI AMBIENTALI [REMI – REFRACTION MICROTREMOR] e dell' ANALISI MULTICANALE DI ONDE DI SUPERFICIE [MASW – MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES].

L'indagine geofisica è stata strutturata attraverso l'acquisizione dei dati di campagna in fasi di misura. Ciò al fine di esplorare il sottosuolo attraverso un insieme di misure statisticamente significative. E' seguita l'elaborazione, l'interpretazione dei dati con illustrazione dei risultati conclusivi sopra descritti.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato, oltre che dall'attività dinamica terrestre e dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento), dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel *campo vicino* (10^{-15} [m/s²]²) in termini di accelerazione.

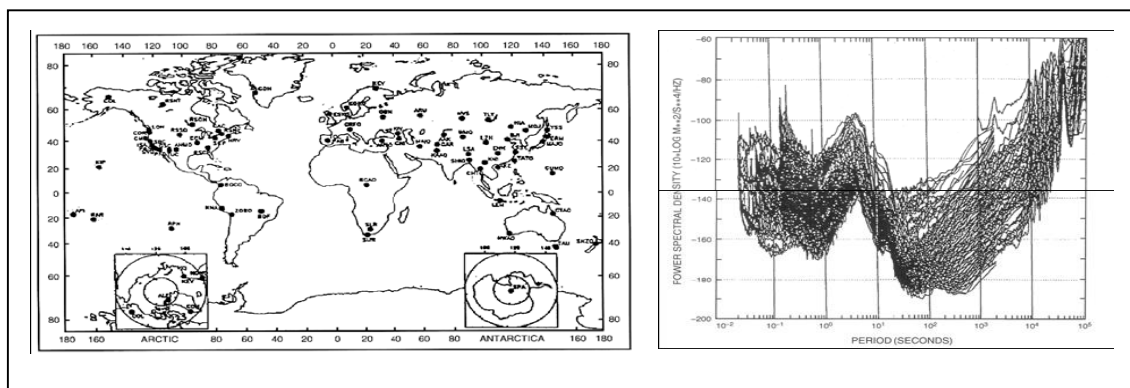


Figura 21 – Potenze spettrali di accelerazione della componente verticale dei microtremori (a destra) registrate in 75 osservatori sismici distribuiti su tutto il globo terrestre (Peterson, 1993)

I metodi che si basano sull'acquisizione naturale di questo tipo di vibrazioni, si inquadrano tra i metodi d'indagine della sismica *passiva*, in quanto il *rumore* non è



generato *artificialmente*, come ad esempio avviene per la sismica *attiva* attraverso l'uso di esplosivi o urti di masse in moto trasmesse al mezzo d'indagine.

Nelle zone del globo terrestre in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale ed in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso e pianeggiante, presenta la morfologia illustrata in Figura B. La linea blu rappresenta il rumore di fondo *minimo* di riferimento, secondo il servizio geologico statunitense (USGS), mentre la linea verde rappresenta il *massimo* dello stesso rumore. I picchi a 0.14 [Hz] e 0.07 [Hz] sono comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche. Queste componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo avere percorso migliaia di chilometri, per effetto della propagazione in *guida d'onda*. A questo fenomeno generale, che è sempre presente sul globo terrestre, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori ai 20 [Hz] a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

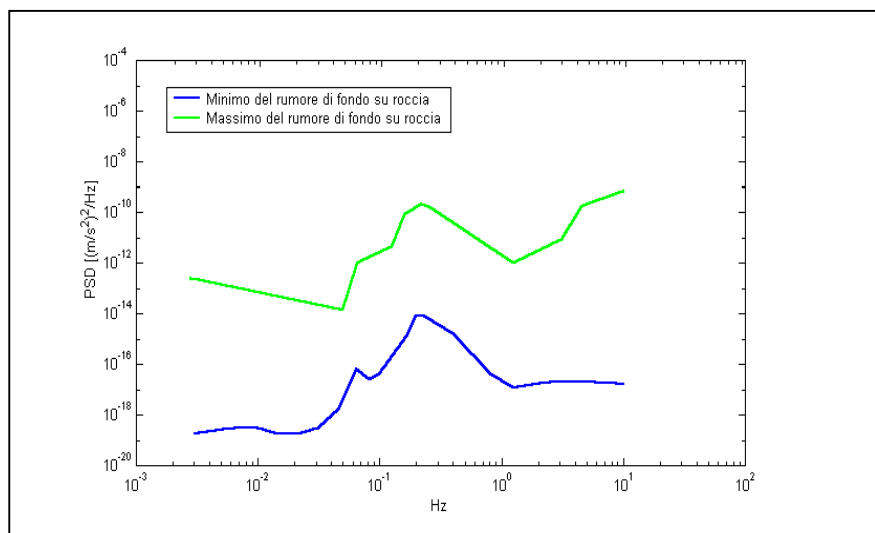


Figura 22 - Modelli standard del *rumore sismico ambientale*: massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

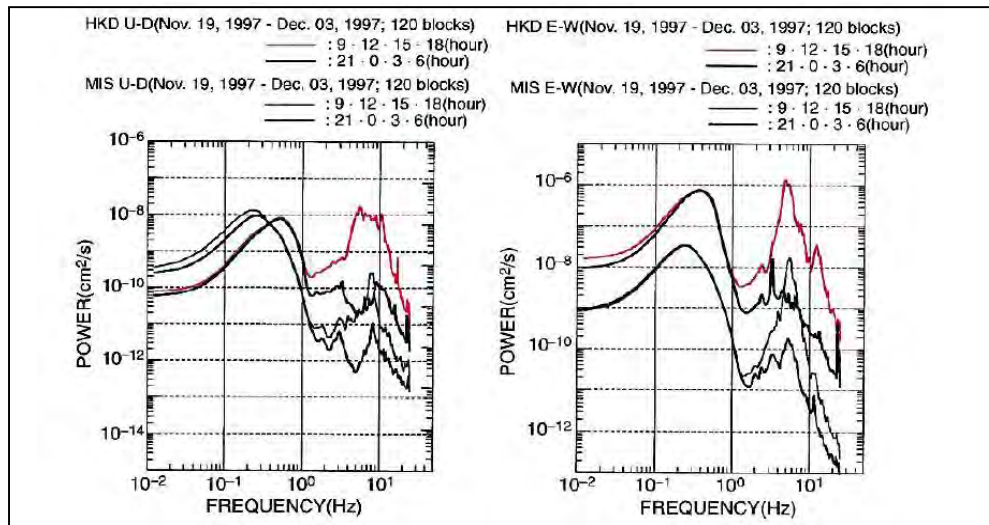


Figura 23 – Medie diurne e medie notturne degli spettri di potenza delle componenti verticale (U-D) e orizzontale (E-W) dei microtremori registrati nel periodo di 15 giorni, dal 19 novembre al 3 dicembre 1997, in due stazioni sismiche [HKD] e [MIS] di Sapporo (da Okada, 2003).

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza* tra gli *strati* del sottosuolo. Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per la presenza di una variazione di *impedenza*, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e la densità del mezzo stesso.

	0			0.5		1		1.5		2	Hz
Douza				R ₁ P		R ₁ P				R ₂ P	
Toksoz	R ₀	R ₊	PR ₊	P							
Li 1984							R ₊ and/or P				=> 20Hz
Horike 1985					R ₀			R ₀ / R ₊			=> 3 Hz
Yamanaka 1994			R ₀								

P = Body waves
R_n = Rayleigh waves
n=0 : fundamental mode
n=1,2 ... : n higher mode
n=+ : higher modes (no order precision)

Figura 24 – Origine della natura del campo d'onda secondo vari Autori (Sesame WP8, 2004).



16 - STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E CONSIDERAZIONI PER L'AREA D'INDAGINE

Le misure di microtremore ambientale attivo e passivo sono state effettuate con un sismografo digitale impostato specificamente per l'acquisizione del *rumore* sismico. Lo strumento è dotato di sensori elettrodinamici (velocimetri). I dati sono preamplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti misurati con strumentazione di elevata qualità (24 Canali, 24 bit Delta-Sigma A/D Conversion; Wide dynamic range 117 db 4 ms; Preamp Gain 12-48 db).

L'analisi strumentale è stata realizzata predisponendo il dispositivo di misura direttamente in corrispondenza dell'area di interesse. Per la misura dei microtremori è stato predisposto un *array* (profilo in microtremore sismico di lunghezza pari a 69 m) che è stato acquisito in modalità digitale a 24 canali, collegato a geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 [Hz]. Le acquisizioni sono state condotte per parecchi minuti.

Tutte le misure sono state realizzate in condizioni ambientali idonee.

Si ritiene che la valutazione svolta nell'area di interesse, in relazione alla metodologia di analisi geofisica *strumentale* realizzata specificatamente per la presente ricerca, sia di grado di *attendibilità* MEDIO-ALTA, secondo le indicazioni per la valutazione del grado di *giudizio* previste dalla normativa.



17 - DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE DELLE ONDE RAYLEIGH

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva consentono di valutare si basa sul concetto di contrasto di *impedenza* esistente nella successione delle unità “fisiche” stratigrafiche costituite dai depositi naturali del sottosuolo. Per strato si intende cioè un’unità distinta, da quelle sopra e sottostanti, da un contrasto di *impedenza*; ossia la distinzione avviene per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

La curva di dispersione delle *onde di Rayleigh* è strettamente correlata al profilo di velocità delle onde di taglio S orizzontali. Poiché inoltre $0.87 < V_R/V_S < 0.96$ (Aki e Richards, 1980), al fine di ottenere l’andamento delle V_s con la profondità, la curva di dispersione sperimentale viene analizzata con una procedura di inversione. La frequenza minima cui la curva di dispersione risulta riconoscibile vincola la profondità d’indagine.

La procedura richiede che il microtremore sismico sia relativamente omogeneo intorno al sito di misura; che il modello di sottosuolo sia assimilabile al caso di strati piani e paralleli e che alla base del modello sia posto un semispazio a spessore infinito.

Se i requisiti geometrici non sono soddisfatti, i risultati forniti dall’*array* vanno interpretati come valori medi nell’intorno investigato.

Si fa notare che in relazione a questo modello le V_P e la densità ρ dei mezzi sono quasi ininfluenti. Pertanto i valori di V_P e ρ che compaiono nelle tabelle vanno considerati come indicativi.

Le componenti verticali naturali [REMI] e indotte artificialmente dalla superficie [MASW] del moto del suolo registrate vengono elaborate attraverso le seguenti procedure che consentono di ottenere la curva di dispersione delle *onde di Rayleigh* (relazione tra la velocità di propagazione e le frequenze):



1. Analisi tipo REMI (REFRACTION MICROTREMOR, *Louie, 2001*). Le tracce vengono segmentate in finestre temporali nel dominio frequenza-velocità di fase (*trasformata ω -V*, o *slant-stack*, *trasformata di Fourier*) al fine di discriminare l'energia associata alle *onde di Rayleigh*, secondo il metodo *Refraction Microtremor*. Viene analizzato l'esito dell'elaborazione in ciascuna finestra e vengono quindi selezionate quelle informative. Il risultato è ottenuto dalla media delle analisi delle finestre selezionate;
2. Il risultato dell'analisi tipo REMI è rappresentato attraverso il contenuto energetico delle *onde di Rayleigh* presente nel rumore sismico ambientale, in funzione della frequenza e della velocità di fase di propagazione dell'onda di superficie. Si stima, secondo la letteratura scientifica in relazione alla strumentazione utilizzata di ottimo livello tecnologico ed in base ai parametri ambientali variabili che ne influenzano la risoluzione, generalmente una tolleranza nella valutazione delle velocità V_s pari a circa il 5% nei primi strati del sottosuolo; fino a circa il 15% per gli strati più profondi.

Le Figure illustrano il profilo di velocità delle onde S, associato alla curva sperimentale di dispersione energetica.

Nelle Tabelle sono riportati i valori del miglior modello di *adattamento* interpretato dall'inversione dei dati. Il computo del parametro V_{s30} , secondo le *Norme Tecniche per le Costruzioni* (D.M.14/01/2008), è calcolato utilizzando la formula:

$$V_{s30} = 30 / \sum \frac{h_i}{V_{si}}$$

in cui h_i e V_{si} sono spessori e velocità dei singoli strati.



18 - VERIFICA DEGLI EFFETTI DI SITO LITOLOGICI IN RELAZIONE ALL'AMPLIFICAZIONE SISMICA NEL COMUNE DI COSTA VOLPINO

Sulla base dei parametri sismici misurati sono state individuate le litologie prevalenti, in base ai parametri indicativi presenti nelle schede di valutazione (Allegato 5, L.R. 12/2005). Per la valutazione dei fattori di amplificazione generati e dipendenti dalla copertura detritica è stata scelta, pertanto, la scheda LITOLOGIA LIMOSO- SABBIOSA TIPO 2. La scelta è considerata cautelativamente valida per la presenza di depositi alluvionali di spessore variabile pari ad alcuni o parecchi metri, in livelli suborizzontali.

n.	Colonna stratigrafica	Periodo proprio deposito T_0 [s]	Frequenza risonanza $F_0 = (1/T)$ [Hz]
AREA 1 T_{01}	Bedrock ($V_s > 800$ m/s) = 88,0 m Bedrock individuato da inversione Analisi spettro <i>Louie, 2001</i> V_s 88 m = 406,97 m/s T (s) = $4H/V_s = 4 \times 88 / 406,97 =$ SUOLO C	0,86	1,15

n.	Colonna stratigrafica	Periodo proprio deposito T_0 [s]	Frequenza risonanza $F_0 = (1/T)$ [Hz]
AREA 2 T_{01}	Bedrock ($V_s > 800$ m/s) = non-individuato da inversione Analisi spettro <i>Louie, 2001</i> . Stimato 70 m da $V_s = 10Z + 122$ (Scheda Litologia Limo-sabbia tipo 2). V_s 70 m = 243 m/s T (s) = $4H/V_s = 4 \times 70 / 243 =$ SUOLO C	1,15	0,86



n.	Colonna stratigrafica	Periodo proprio deposito T_0 [s]	Frequenza risonanza $F_0 = (1/T)$ [Hz]
AREA 3 T_{01}	Bedrock ($V_s > 800$ m/s) = 46 m Bedrock individuato da inversione Analisi spettro <i>Louie, 2001</i> V_s 46 m = 335,59 m/s T (s) = $4H/V_s = 4 \times 46 / 335,59 =$ SUOLO C	0,54	1,82

n.	Colonna stratigrafica	Periodo proprio deposito T_0 [s]	Frequenza risonanza $F_0 = (1/T)$ [Hz]
AREA 4 T_{01}	Bedrock ($V_s > 800$ m/s) = 21,75 m Bedrock individuato da inversione Analisi spettro <i>Louie, 2001</i> V_s 21,75 m = 413,49 m/s T (s) = $4H/V_s = 4 \times 21,75 / 413,49 =$ SUOLO B	0,21	4,75

Colonna stratigrafica	PERIODO PROPRIO DEPOSITO T (S)	$F_{a0.1-0.5}$	$F_{a0.5-1.5}$
Area 1	0.86	2.1	1.5
Area 2	1.15	2.1	1.25
Area 3	0.54	2.3	1.45
Area 4	0.21	1.4	1.1

Tabella 21 – Valutazione Periodo di risonanza T – Fattore di amplificazione di sito F_a per il sito di misura geofisica del territorio comunale di Costa Volpino.

Per ogni stratigrafia tipo individuata è stato misurato il periodo proprio che è in funzione delle velocità e dello spessore di ciascuno strato e verificato il valore di F_a negli intervalli 0.1-0.5 s (fabbricati) e 0.5-1.5 s (infrastrutture). E' stata valutata la curva appropriata in funzione della velocità e dello spessore del primo strato.



Nella Tabella si riportano i risultati.

Dalla consultazione della banca dati soglie_lomb.xls (CAGHQ7GL nel sito [HTTP://WWW.TERRITORIO.REGIONE.LOMBARDIA.IT/SHARED/CCURL/604/225/ANALISI_SISMICA_-_SOGLIE_LOMB_-_DGR7374_2008.XLS](http://www.territorio.regione.lombardia.it/shared/ccurl/604/225/ANALISI_SISMICA_-_SOGLIE_LOMB_-_DGR7374_2008.xls)), estratta nella tabella seguente per il Comune di Costa Volpino, si hanno i seguenti valori soglia, per i suoli prevedibili nel territorio comunale di categoria:

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	B	C	D	E
COSTA VOLPINO	3	1,4	1,8	2,2	2,0
VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	B	C	D	E
COSTA VOLPINO	4	1,7	2,4	4,2	3,1

Tabella 22 – Regione Lombardia, banca dati valori soglie_lomb.xls per il Comune di COSTA VOLPINO.

Il confronto tra il valore del Fattore di amplificazione [Fa], interpolato nella Curva della scheda di valutazione scelta implementato attraverso la presente ricerca, ed il valore di soglia per il tipo di suolo considerato [C, B], indica come la norma non è generalmente in grado di tenere in considerazione gli effetti di amplificazione litologica rilevati nell'area specifica di indagine di fondovalle con depositi appartenente alla categoria di Suolo C.

Fa 0.1-0.5 s [Area 1, Area 2 = 2.1; 2.1] ≤ [C = 1.8] NON Verificato

Fa 0.5-1.5 s [Area 1, Area 2 = 1.5; 1.45] ≤ [C = 2.4] Verificato

Fa 0.1-0.5 s [Area 3 = 2.3] ≤ [C = 1.8] NON Verificato

Fa 0.5-1.5 s [Area 3 = 1.45] ≤ [C = 2.4] Verificato



$Fa\ 0.1-0.5\ s\ [Area\ 4 = 1.4] \leq [B = 1.4]$ Verificato

$Fa\ 0.5-1.5\ s\ [Area\ 4 = 1.1] \leq [B = 1.7]$ Verificato

Dalle misure effettuate nella zona oggetto di studio è emerso che le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo nel campo di interesse ingegneristico sono legate ai sedimenti del primo sottosuolo, in particolare alla presenza di depositi a bassa rigidità del tipo limi organici, limi con torbe presenti nei primi metri di spessore dei depositi superficiali dell'area di fondovalle.

In funzione dello spessore delle coperture sovrastanti gli strati rigidi³ si determinano frequenze di risonanza calcolabili in prima approssimazione sulla base della formula a $f = V_s/4h$, con h pari allo spessore delle coperture. La coincidenza tra determinati spessori di copertura e le frequenze di vibrazione delle strutture determina la fascia di vulnerabilità indicata nella figura seguente per fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura.

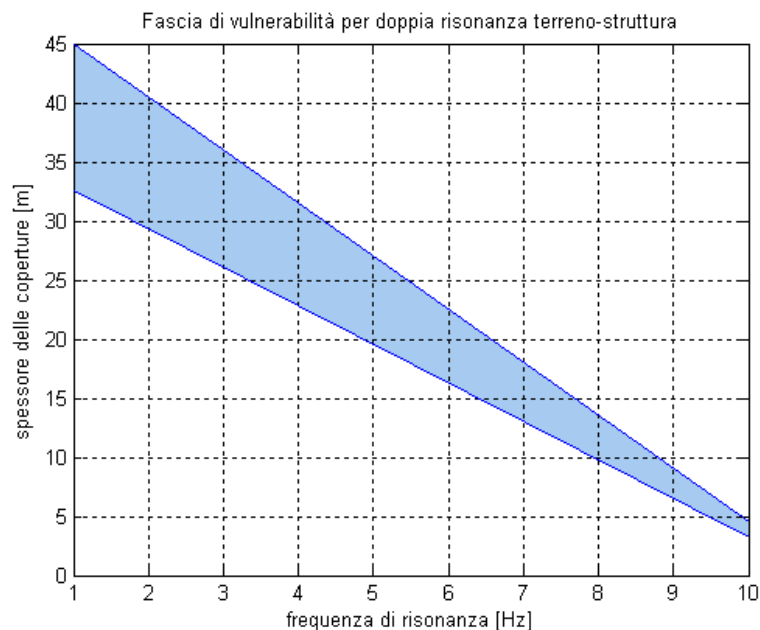


Figura 25 - Comune di COSTA VOLPINO - Fascia di vulnerabilità per doppia risonanza terreno-struttura

³ Gli strati rigidi superficiali in questa zona non costituiscono un substrato (*bedrock*) in senso stretto, caratterizzato da $V_s > 800\ m/s$ ma risultano comunque assimilabili a *bedrock* (*bedrock-like*), in considerazione delle frequenze di risonanza che possono generare.



La tipologia di suolo di fondazione risultante dalle prove geofisiche realizzate ad esemplificazione applicativa in alcune zone del Comune di COSTA VOLPINO è evincibile dalle tabelle precedentemente riportate corrispondenti alle CATEGORIE DI SUOLO C PER LE PROVE 1, 2 E 3, CATEGORIA B PER LA PROVA 4 (Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008).

Il confronto tra i valori di F_a ottenuti dalla valutazione di 2° livello ed i valori di soglia suggeriti dalla normativa indicano come la norma non è generalmente in grado nei periodi valutati utili di tenere in considerazione gli effetti di amplificazione litologica rilevati nella parte di fondovalle del territorio.

Questa valutazione emerge dall'analisi *strumentale* e *stratigrafica* e *diretta* realizzata per la presente ricerca. Si ritiene la valutazione sia di grado di *attendibilità* MEDIO-ALTA, secondo le indicazioni per la valutazione del grado di giudizio previste dalla normativa regionale L.R. 12/2005 ed in relazione alle metodologie di analisi *strumentale* attuate.



19 - COMUNE DI COSTA VOLPINO - 2° LIVELLO

EFFETTI MORFOLOGICI

Con riferimento alla normativa regionale, la procedura semplificata considera la valutazione di scenari di pericolosità per amplificazione sismica in corrispondenza di alcune forme geomorfologiche del territorio. Queste forme sono geometricamente definibili attraverso pendenze, altezze e dislivelli, gradi di arrotondamento delle forme morfologiche del paesaggio. Le caratteristiche morfometriche si ritrovano generalmente in corrispondenza di versanti, cigli di scarpata, creste arrotondate o appuntite di rilievi collinari e montuosi.

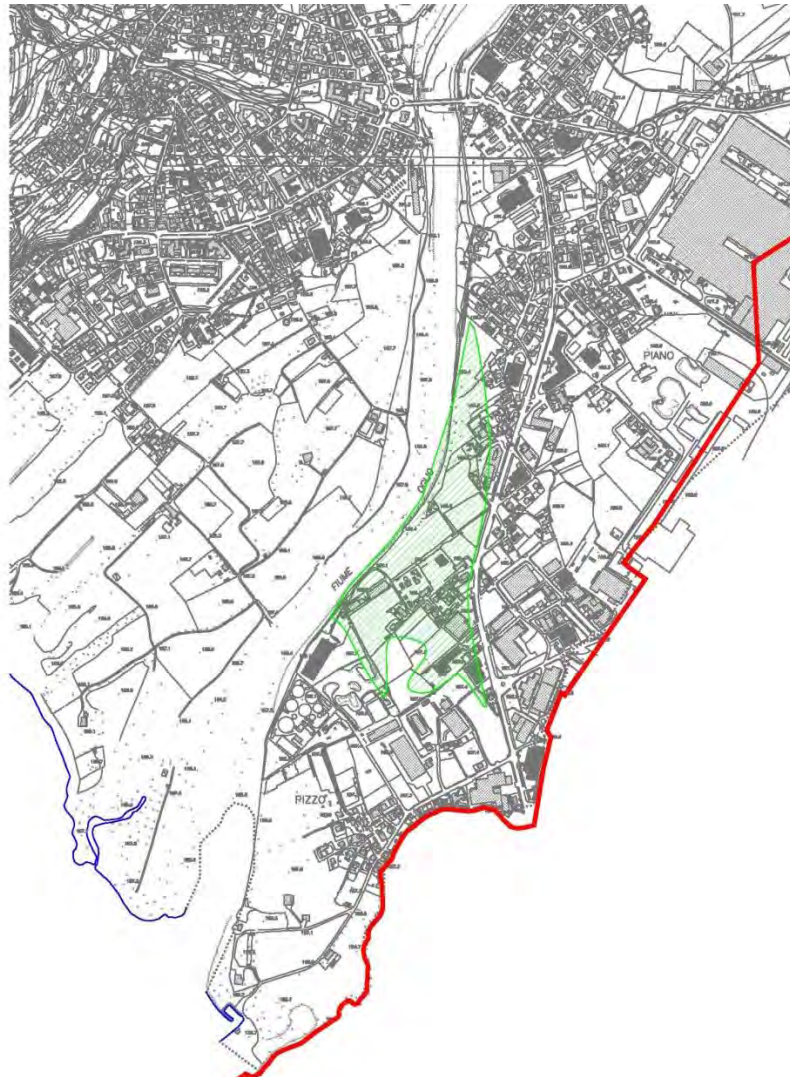
Dalla valutazione della morfologia e morfometria del territorio comunale di Costa Volpino, applicando i parametri previsti dalla normativa (Allegato 5, L.R. 12/2005), non si riscontrano caratteri morfologici rispondenti ai criteri geometrici, definiti dalla normativa, minimi a rischio e quindi soggetti a valutazione del fattore di amplificazione sismica.

Pertanto non si prevedono effetti di amplificazione sismica di sito potenzialmente generabili dalle specifiche condizioni morfologiche del Comune di Costa Volpino.



20 - ZONA B-PR FIUME OGLIO

In sinistra idraulica del fiume Oglio, a valle del ponte della S.S. 42 è inoltre presente (cfr. stralcio planimetrico seguente) la perimetrazione PAI riferita alle aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS 267).



Area per la quale rimangono prevalenti e attive le limitazioni e le prescrizioni per la Zona BPr del PAI fino alla realizzazione e al successivo collaudo delle opere in progetto di cui alla messa in sicurezza del tratto in sinistra idrografica del Fiume Oglio a valle del ponte della SS n. 42



Confine comunale

Figura 26 - Stralcio perimetrazione PAI rischio idrogeologico molto elevato (PS 267).



Nel corso degli anni il territorio di Costa Volpino è stato oggetto di interventi di sistemazione idraulica programmati per la difesa del territorio lungo la sponda sinistra del fiume Oglio. L'AIPO (Agenzia Interregionale per il Fiume Po) infatti ha realizzato degli interventi di sistemazione idraulica inerenti il capitolo "Manutenzioni e interventi sulla rete idrografica di competenza con risorse finanziarie trasferite dello Stato".

Dall'esame della documentazione trasmessa è emerso che il tratto tra il lago e il Ponte Barcotto (tratto compreso tra le sezioni PAI 000 e 003) è stato oggetto di numerosi interventi sia di consolidamento delle sponde che di ripristino dei franchi arginali negli ultimi anni, mentre il tratto compreso tra il Ponte Barcotto e il ponte della S.S. 42 (tratto compreso tra le sezioni PAI 003 e 006) non è stato oggetto di particolari interventi se non svasi d'alveo.

Per poter ripermire tale area (passando dal "Limite della Fascia B e la Fascia C" a "Limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C") è necessario che vengano eseguiti e collaudati anche gli interventi compresi tra il Ponte Barcotto e il ponte della S.S. 42 (tratto compreso tra le sezioni PAI 003 e 006), già progettati e con nulla osta idraulico dello STER di Bergamo (pratica 3007/B, Protocollo AE02.2013.0009538 del 19/12/2013).

Lo svincolo di tale perimetrazione potrà entrare in vigore a seguito della variante urbanistica, secondo le procedure di cui alla l.r. 12/05, necessaria per recepire le risultanze delle valutazioni contenute nello studio in oggetto e nel progetto degli interventi.

Sino a tale data la perimetrazione in oggetto sarà soggetta ai vincoli più restrittivi associati alla sottoclasse B-Pr.



21 - CARTA DEI VINCOLI

(Tavole 08 e 09)

La carta dei vincoli rappresenta le aree a vincolo idrogeologico individuate sul territorio comunale di Costa Volpino. In particolare sono stati rappresentati: il limite dell'area sottoposta a vincolo idrogeologico, i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale, i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore e le relative fasce di rispetto. Ciascuna asta fluviale è distinta da un codice alfanumerico attribuito da uno studio effettuato dalla Comunità Montana.

La Regione Lombardia, con Delibera Giunta Regionale 25 gennaio 2002 - n. 7/7868 e D.G.R. del 01 agosto 2003 n. 7/13950 ha suddiviso il reticolo idrico regionale, determinando il reticolo idrico "principale", con indicazione dei corsi d'acqua che vi appartengono, distinguendolo da quello "minore", le cui competenze relative alle funzioni di concessione, alla polizia idraulica e all'applicazione dei canoni, sono state trasferite alle singole Amministrazioni Comunali territorialmente competenti, ai sensi dall'art. 3 comma 114 della l.r. 1/2000.

Nella tavola dei Vincoli sono inoltre riportate le opere di idrologia sotterranea quali: i pozzi per attingimento di acque e relativo numero progressivo, le sorgenti captate e quelle non captate con relativo numero progressivo e le rispettive le fasce di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile.

Le zone di rispetto sono state tracciate e delimitate secondo il D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

Nel comune di Costa Volpino sono state individuate 13 captazioni, vincolate con criterio geometrico, rispettivamente in cerchi di raggio 10 m e cerchi di raggio 200 m dalla bocca della sorgente o del pozzo. L'utilizzo di diversi criteri di perimetrazione delle aree di salvaguardia e la ridefinizione delle aree stesse in modo più dettagliato dovranno essere subordinati a indagini ed approfondimenti specifici di carattere idrogeologico. Questi vincoli non vanno confusi con il cosiddetto "Vincolo



Idrogeologico” ai sensi del R.D.L. 30-12-1923 n. 3267, che non ha nessuna connessione con le opere di captazione.

Come già espresso nel capitolo dedicato “Zona B-Pr fiume Oglio” in tale classe è presente anche la zona in sinistra idraulica del fiume Oglio a valle del ponte della SS42 relativa al rischio idrogeologico molto elevato del PAI (B-Pr) fino alla completa realizzazione e collaudo degli interventi, così come definiti nel progetto degli interventi per la messa in sicurezza del tratto in oggetto. Lo svincolo di tale perimetrazione potrà entrare in vigore a seguito della variante urbanistica, secondo le procedure di cui alla l.r. 12/05, necessaria per recepire le risultanze delle valutazioni contenute nello studio in oggetto e nel progetto degli interventi.



22 - CARTA DI SINTESI DEI DATI E CONFRONTO CON TAVOLA E1 DEL PTCP PROVINCIALE

22.1 - CRITERI DI REALIZZAZIONE DELLA CARTOGRAFIA DI SINTESI (Tavole 10 e 11)

La fase di sintesi della cartografia, relativa agli studi geologici di supporto ai Piani di Governo del Territorio, prevede la realizzazione di una cartografia adeguata che sintetizzi, in scala opportuna (1:5.000 o superiore), le principali problematiche di ordine geologico, geomorfologico, idrogeologico e idrologico separatamente indicate nella cartografia tematica.

Gli ambiti di criticità sono suddivisi in base alla tipologia di problema riscontrato, sulla scorta delle linee guida emanate dalla Regione Lombardia:

- *Aree vulnerabili per l'instabilità dei versanti*: problematiche connesse alla presenza di fenomeni di dissesto lungo i pendii.
- *Aree vulnerabili da un punto di vista idrogeologico*: problematiche legate a particolari configurazioni degli acquiferi, ai bacini di alimentazione delle sorgenti ed alla circolazione idrica sotterranea. Non presenti in Costa Volpino.
- *Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*: problematiche legate alla presenza di corsi d'acqua e relativi fenomeni di dissesto (esondazioni), carenze delle opere di difesa spondale e simili.
- *Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche*: problematiche geotecniche legate alle caratteristiche intrinseche dei terreni o ad elementi e processi che ne determinano un peggioramento qualitativo (ristagni, impaludamenti, materiali di riporto, ecc.).



Le aree critiche da un punto dell'instabilità dei versanti e quelle critiche dal punto di vista idraulico sono quelle più significativamente presenti nel territorio di Costa Volpino.

È possibile, naturalmente, la coesistenza di problematiche diverse su di una medesima zona. In questo caso, se tale concomitanza è significativa, la Carta di Sintesi la rappresenta mediante la sovrapposizione grafica delle simbologie relative a ciascun fenomeno.

Si noti come vi sia corrispondenza fra gli ambiti individuati nella Carta di Sintesi e le classi di fattibilità indicate nella Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano. La classe di fattibilità 2 (fattibilità con modeste limitazioni) corrisponde sempre all'assenza di fenomeni critici, tranne nel caso delle frane relitte/stabilizzate (3Fs), dove i criteri attuativi della L.R. 12/2005 ammettono la possibilità di utilizzare la classe 2 o 3 a discrezione del professionista. La presenza di elementi di vulnerabilità comporta invece l'attribuzione della classe 3 (divisa in sottoclassi) o della classe 4 (ancora divisa in sottoclassi), a seconda del livello di criticità. La coesistenza di ambiti critici corrispondenti a classe 3 e 4 sulla medesima area comporta automaticamente l'attribuzione della classe 4, cioè la più vincolante.

Come già espresso nel capitolo dedicato "Zona B-Pr fiume Oglio" in tale classe è presente anche la zona in sinistra idraulica del fiume Oglio a valle del ponte della SS42 relativa al rischio idrogeologico molto elevato del PAI (B-Pr) fino alla completa realizzazione e collaudo degli interventi, così come definiti nel progetto degli interventi per la messa in sicurezza del tratto in oggetto. Lo svincolo di tale perimetrazione potrà entrare in vigore a seguito della variante urbanistica, secondo le procedure di cui alla l.r. 12/05, necessaria per recepire le risultanze delle valutazioni contenute nello studio in oggetto e nel progetto degli interventi.



22.2 - **INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI CRITICITÀ**

La distribuzione dei differenti ambiti di criticità geologica rispecchia fedelmente le problematiche del territorio.

In particolar modo:

- *Aree vulnerabili per l'instabilità dei versanti*
 - o Aree di frana attiva (4Fa): ambiti caratterizzati da fenomeni franosi attivi riconosciuti dai rilevamenti di terreno, dal S.I.T. regionale, dal P.A.I., dalla bibliografia disponibile. I fenomeni compresi in questa categoria sono: scivolamenti rotazionali-traslativi, crolli, ribaltamenti e colamenti. Gli ambiti sono individuabili anche sulla Carta del Dissesto con Legenda Uniformata P.A.I. 1:10.000 e sulla Carta dei Vincoli. La distribuzione areale di queste aree è molto ampia, anche se la zona più significativa è ovviamente il comparto di versante.
 - o Aree di frana quiescente (4Fq): ambiti caratterizzati da fenomeni franosi quiescenti riconosciuti dai rilevamenti di terreno, dal S.I.T. regionale, dal P.A.I., dalla bibliografia disponibile. I fenomeni compresi in questa categoria sono: scivolamenti rotazionali-traslativi, ribaltamenti e colamenti. Gli ambiti sono individuabili anche sulla Carta del Dissesto con Legenda Uniformata P.A.I. 1:10.000 e sulla Carta dei Vincoli. Anche in questo caso la distribuzione areale è estesa su tutto il territorio.
 - o Aree di frana relitta o stabilizzata (3Fs): ambiti caratterizzati da fenomeni franosi relitti (cioè non più in equilibrio con le condizioni ambientali attuali) riconosciuti dai rilevamenti di terreno, dal S.I.T. regionale, dalla bibliografia disponibile. I fenomeni compresi in questa categoria sono: scivolamenti rotazionali-traslativi, ribaltamenti e colamenti. Gli ambiti sono individuabili anche sulla Carta del Dissesto con Legenda Uniformata P.A.I. 1:10.000 e sulla Carta dei Vincoli. È la



tipologia di ambito franoso meno critica (non determina infatti l'attribuzione della classe di fattibilità 4, ma ammette la 3 o la 2).

- Aree a franosità superficiale diffusa attiva (4Fsa): si tratta di limitate aree caratterizzate da fenomeni franosi corticali attivi, localizzati a Stramazano e sul versante sud-ovest del Monte Alto.
 - Aree acclivi o prossime a scarpate acclivi (3a): aree ad acclività medio-elevata o poste in immediata prossimità di scarpate acclivi, talora caratterizzate da presenza di fenomeni erosivi diffusi, ruscellamento concentrato, colluviamento, soliflusso e soil creep. Distribuite in tutto il territorio comunale.
 - Aree molto acclivi e/o in erosione accelerata (4a): zone site in versante da acclive a molto acclive, con concomitanza di più problematiche geomorfologiche e geotecniche. In particolare si riscontrano coperture detritiche diffuse (depositi di versante), balze e pareti rocciose, impluvi molto incisi, forre e tracce di erosione superficiale diffusa. Distribuite in tutto il territorio comunale, con ovvia prevalenza nel comparto montano.
 - Aree ad elevato rischio di valanghe (4Ve): ambiti posti lungo il versante destro dell'alta Val Supine caratterizzati da rischio elevato di valanghe, individuati dal SIRVAL e da rilievo di terreno.
- *Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*
- Aree ricadenti in fascia fluviale A (4fluvA): aree adiacenti all'alveo dell'Oglio ricadenti in fascia fluviale A secondo la perimetrazione P.A.I.
 - Aree ricadenti in fascia fluviale B (3fluvB): aree prossimali all'Oglio ricadenti in fascia fluviale B secondo la perimetrazione P.A.I.
 - Aree ricadenti in fascia fluviale C (3fluvC): aree sulla piana dell'Oglio ricadenti in fascia fluviale C secondo la perimetrazione P.A.I.
 - Aree comprese nel territorio delimitato come limite di progetto tra la fascia B e la fascia C zona R3a (3fluvR3a): zone prossimali all'Oglio. Si tratta di aree a rischio moderato di esondazione in cui sono possibili



danni minori agli edifici ed alle infrastrutture, tali comunque da non pregiudicare l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici stessi e lo svolgimento delle attività socio-economiche. Le condizioni di rischio sono state determinate conformemente alle direttive contenute nell'Allegato 3 "Indirizzi per la valutazione delle condizioni di rischio nei territori della fascia C delimitati con segno grafico come « limite di progetto tra la fascia B e la fascia C » - metodo di approfondimento" della D.G.R. 11-12-2001 n. 7/7365 relativa all'attuazione del P.A.I. in campo urbanistico (art. 17 comma 5 della L. 18-05-1989 n. 183).

- Aree comprese nel territorio delimitato come limite di progetto tra la fascia B e la fascia C zona R3b (3fluvR3b): zone prossime all'Oglio. Si tratta di aree a rischio moderato di esondazione in cui sono possibili danni minori agli edifici ed alle infrastrutture, tali comunque da non pregiudicare l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici stessi e lo svolgimento delle attività socio-economiche. Le condizioni di rischio sono state determinate conformemente alle direttive contenute nell'Allegato 3 "Indirizzi per la valutazione delle condizioni di rischio nei territori della fascia C delimitati con segno grafico come « limite di progetto tra la fascia B e la fascia C » - metodo di approfondimento" della D.G.R. 11-12-2001 n. 7/7365 relativa all'attuazione del P.A.I. in campo urbanistico (art. 17 comma 5 della L. 18-05-1989 n. 183).
- Aree comprese nel territorio delimitato come limite di progetto tra la fascia B e la fascia C zona R4a (4fluvR4a): zone prossime all'Oglio. Si tratta di aree a rischio molto elevato di esondazione in cui sono possibili perdite di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio culturale. Le condizioni di rischio sono state determinate conformemente alle direttive contenute nell'Allegato 3 "Indirizzi per la valutazione delle condizioni di rischio nei territori della fascia C delimitati con segno grafico come « limite di progetto tra la fascia B e la fascia C » - metodo di approfondimento"



della D.G.R. 11-12-2001 n. 7/7365 relativa all'attuazione del P.A.I. in campo urbanistico (art. 17 comma 5 della L. 18-05-1989 n. 183).

- Aree comprese nel territorio delimitato come limite di progetto tra la fascia B e la fascia C zona R4b (4fluvR4b): zone prossimali all'Oglio. Si tratta di aree a rischio molto elevato di esondazione in cui sono possibili perdite di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture con inagibilità delle stesse e danni al patrimonio culturale. Le condizioni di rischio sono state determinate conformemente alle direttive contenute nell'Allegato 3 "Indirizzi per la valutazione delle condizioni di rischio nei territori della fascia C delimitati con segno grafico come « limite di progetto tra la fascia B e la fascia C » - metodo di approfondimento" della D.G.R. 11-12-2001 n. 7/7365 relativa all'attuazione del P.A.I. in campo urbanistico (art. 17 comma 5 della L. 18-05-1989 n. 183).
- Aree a pericolosità molto elevata di esondazione torrentizia (4Ee): aree di pertinenza degli alvei attivi della Val Supine e della Val Gola, interessate o potenzialmente interessabili da fenomeni di esondazione frequenti.
- Aree di conoide attivo non protetto (4Ca): ambito di conoide non protetto della Val Gola (allo sbocco della forra).
- Aree di conoide pedemontano protetto (3Cn): ambiti di conoide protetti della Val Gola (porzione bassa del conoide) e a confine con Lovere lungo Via Nazionale (conoide della Valle di Rescudio).
- Aree a rischio idrogeologico molto elevato in ambiente collinare e montano (zona 1) (4z1): ambito di conoide della Val Supine perimetrato come area a rischio idrogeologico molto elevato secondo il P.A.I. (ex 267). La zona 1 delinea l'ambito più prossimale al torrente e, quindi, a maggior rischio.
- Aree a rischio idrogeologico molto elevato in ambiente collinare e montano (zona 2) (4z2): ambito di conoide della Val Supine perimetrato



come area a rischio idrogeologico molto elevato secondo il P.A.I. (ex 267). La zona 2 delinea l'ambito più esterno rispetto al torrente.

- Area a rischio idrogeologico molto elevato nel reticolo idrografico principale e secondario nelle aree di pianura (zona B-Pr) (4B-Pr): area ad elevato rischio idrogeologico per esondazione dell'Oglio a sud di Ponte Barcotto. L'individuazione di questo ambito P.A.I. deriva dall'inefficienza di un tratto di argine del fiume.

- *Aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico*

- Aree dotate di proprietà geotecniche scadenti, ex cave, riporti (3d): ambiti di limitata estensione caratterizzati da riporti antropici, zone di bassa qualità geotecnica delle rocce e/o dei terreni, cave dismesse. Concentrati in prevalenza nel comparto di raccordo versante-piana a monte di Volpino e Fermata Castello.

- *Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico*

- Aree a bassa soggiacenza della falda (3b): ambiti di conoide e di piana in cui la falda di subalveo dell'Oglio è caratterizzata da scarsa soggiacenza dal piano campagna, o aree in cui le acque provenienti dal versante tendono ad emergere in superficie per contatto con la falda di subalveo del fiume.
- Aree interessate da carsismo diffuso (3c): ambiti concentrati nella zona di raccordo versante-piana, interessati per lo più da fenomeni carsici superficiali, non necessariamente profondi o particolarmente estesi, con evidenze quali doline, depressioni, sinkholes e carsificazione delle rocce carbonatiche.

22.3 - CONFRONTO CON CARTA E1 DEL PTCP PROVINCIALE

In questo paragrafo si prende in considerazione il confronto tra la carta "Elementi di pericolosità e criticità: compatibilità degli interventi di trasformazione del territorio –



Tav. E1" estratta dal P.T.C.P. redatto dalla Provincia di Bergamo e adottato con delibera n.40 del 22/04/2004, e i risultati dello studio geologico comunale.

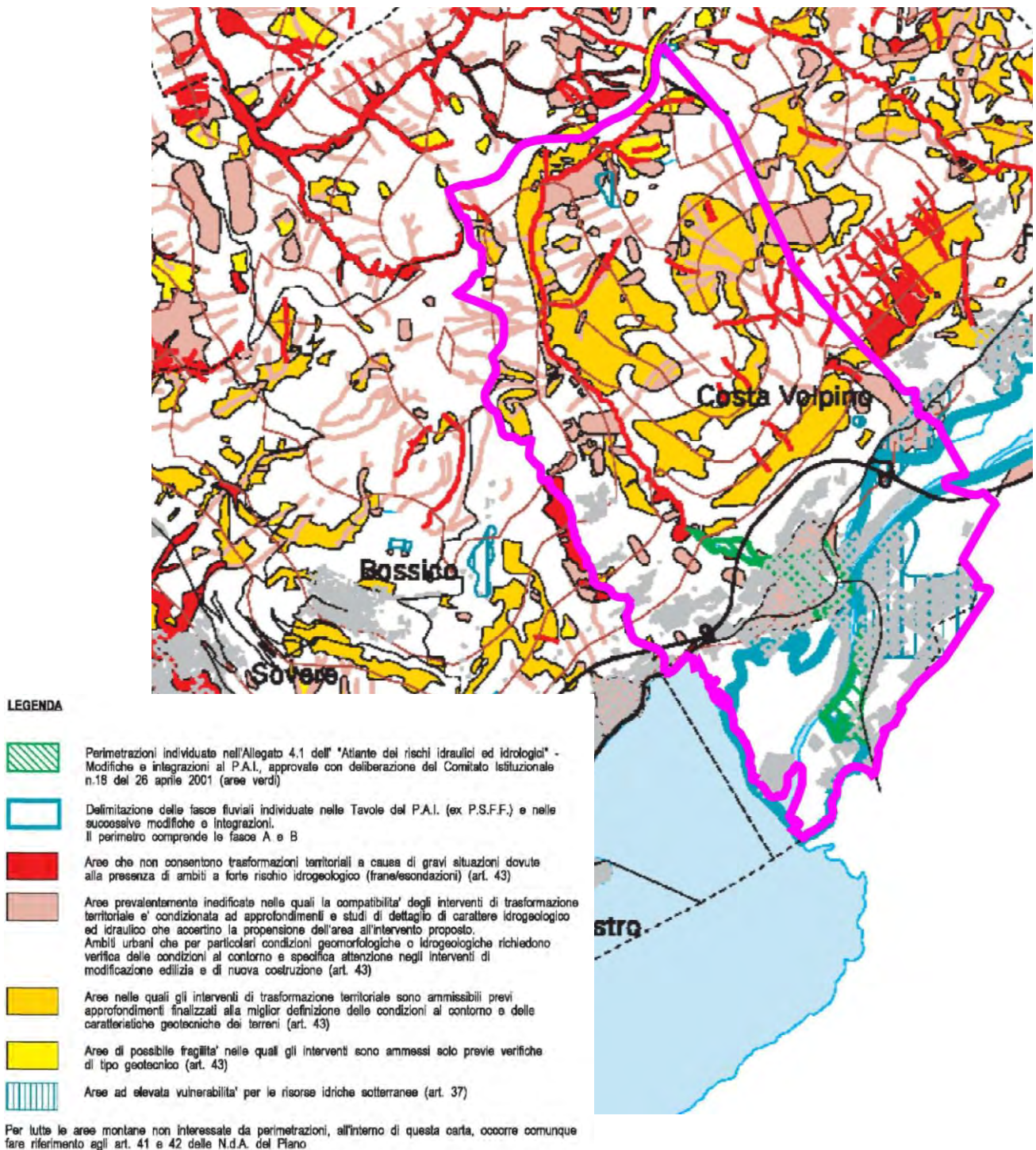


Figura 27 – Carta estratta da “P.T.C.P. della Provincia di Bergamo – Elementi di pericolosità e criticità: compatibilità degli interventi di trasformazione del territorio – Tav. E1” (anno 2004).



Dal confronto si evince che sul territorio comunale di Costa Volpino sono presenti le seguenti aree:

- 1. Perimetrazioni individuate nell'Allegato 4.1 dell' "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici" – Modifiche e integrazioni al P.A.I., approvate con deliberazione del Comitato Istituzionale n.18 del 26 aprile 2001 (aree verdi)**
- 2. Delimitazioni delle fasce fluviali individuate nelle Tavole del P.A.I. (ex P.S.F.F.) e nelle successive modifiche e integrazioni.
Il perimetro comprende le fasce A e B.**
- 3. Aree che non consentono trasformazioni territoriali a causa di gravi situazioni dovute alla presenza di ambiti a forte rischio idrogeologico (frane/esondazioni) – Disposizioni specifiche PTCP: art. 43, comma 1, punto 1.**

«Aree che non consentono trasformazioni territoriali a causa di gravi situazioni dovute alla presenza di ambiti a forte rischio idrogeologico (frane/esondazioni) o ad elevato rischio valanghivo.

In tali aree sono escluse previsioni di nuovi insediamenti sia di espansione sia di completamento. Fatte salve le esclusioni precedentemente individuate, i Comuni, in sede di adeguamento dello strumento urbanistico alle prescrizioni di cui al successivo comma 2, indicano gli interventi assimilabili nel rispetto dei criteri attuativi della L.R. 41/97. Per l'individuazione e l'autorizzazione di tali interventi, i Comuni dovranno fare riferimento alle prescrizioni delle Norme di Attuazione del PAI – art. 9»

- 4. Aree prevalentemente inedificate nelle quali la compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale è condizionata ad**



approfondimenti e studi di dettaglio di carattere idrogeologico ed idraulico che accertino la propensione dell'area all'intervento proposto. Ambiti urbani che per particolari condizioni geomorfologiche e idrogeologiche richiedono una verifica delle condizioni al contorno e una specifica attenzione negli interventi di modificazione edilizia di nuova costruzione – Disposizioni specifiche PTCP: art. 43, comma 1, punto 2b.

«Per le aree prevalentemente inedificate di cui al punto 2.a gli studi di approfondimento dovranno essere conformi ai criteri attuativi della L.R. 41/97 e fare riferimento alle indicazioni della D.G.R. n. 7/6645 del 29.10.01 che definisce i criteri di studio dei principali processi geomorfologici (conoidi, frane alluvionali, valanghe, frane).

Negli ambiti urbani di cui al punto 2.b, gli aumenti di volumetrie, le nuove edificazioni e le infrastrutturazioni dovranno essere subordinati alla predisposizione di specifiche indagini di carattere geologico, idrogeologico, idraulico e geotecnico rapportate ad adeguato intorno dell'area oggetto di intervento, che dovrà essere definito dai Comuni nell'ambito degli elaborati della componente geologica dei PRG di cui alla L.R. 41/97. Fino a quando i Comuni non avranno provveduto agli adempimenti di cui al precedente comma, l'ambito di riferimento sarà individuato dalla relazione di accompagnamento delle indagini, la quale dovrà dare conto dei criteri assunti per la definizione dell'ambito stesso.

Eventuali modifiche ai perimetri identificati o all'estensione in superficie, possono essere effettuate solo a seguito di studi dettagliati condotti a livello comunale e approvati con le seguenti modalità:

- delibera di Consiglio Comunale previo espletamento di procedure atte ad assicurare la pubblicità delle relative conclusioni, ai sensi degli artt. 7 e seguenti della L. 241/90.*
- successiva approvazione da parte della Provincia, con delibera di Giunta, della proposta comunale di modifica del perimetro o della*



superficie. Qualora la proposta comporti riduzione delle superfici degli ambiti, la relativa approvazione richiede apposita variante al PTCP da assumere con la procedura di cui all'art.22, comma 2.»

5. Aree nelle quali gli interventi di trasformazione territoriale sono ammissibili previ approfondimenti finalizzati alla miglior definizione delle condizioni al contorno e delle caratteristiche geotecniche dei terreni – Disposizioni specifiche PTCP: art. 43, comma 1, punto 3.

6. Aree di possibile fragilità nelle quali gli interventi sono ammessi previa verifica di tipo geotecnico – Disposizioni specifiche PTCP: art. 43, comma 1, punto 4.

«Per queste aree dovranno essere individuate, nei Regolamenti Edilizi, specifiche modalità per gli interventi di urbanizzazione e di edificazione al fine della eliminazione di eventuali fattori di rischio.

Relativamente agli ambiti di cui ai punti 3 e 4, eventuali modifiche dei perimetri o delle superfici sono effettuate a seguito di studi dettagliati condotti a livello comunale successivamente validati dalla Provincia, senza necessità di variante al PTCP. Tali studi dovranno prevedere approfondimenti geologici, idraulici e geotecnici sulle aree ritenute più a rischio (frane, valanghe, conoidi, corsi d'acqua principali e minori); per i corsi d'acqua dovranno essere definite con priorità le fase di rispetto e gli interventi di sistemazione ritenuti necessari mediante valutazioni anche di massima».

7. Aree ad elevata vulnerabilità per le risorse idriche sotterranee (art. 37).

«Ai fini della tutela qualitativa delle acque si applicano le seguenti direttive:

- 1. Promuovere ed effettuare il completamento degli interventi di costruzione e riabilitazione delle reti fognarie e degli impianti di*



depurazione previsti dal PRRA - Piano Regionale di Risanamento Acque - e integrati con quanto necessario per il completo soddisfacimento del Piano Regionale di Tutela delle Acque in corso di approntamento ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

- 2. Promuovere e realizzare la elaborazione di un rigoroso catasto degli scarichi diretti nei corpi idrici superficiali dalle unità produttive industriali e zootecniche, allo scopo di poter controllare l'effettivo rispetto dei limiti ammissibili nelle concentrazioni dei diversi parametri d'inquinamento, secondo il D.Lgs. 152/06 e s.m.i..*
- 3. Promuovere l'adozione di regolamenti specifici che impongano ai concessionari delle derivazioni (nuove ed esistenti) le opere idrauliche necessarie a garantire il Deflusso Minimo Vitale a valle delle derivazioni stesse.*
- 4. Promuovere gli interventi atti al contenimento dell'uso in agricoltura di sostanze dannose per l'ambiente, con riferimento ai PUA – Piani di Utilizzazione Agronomica.*
- 5. Potenziare l'organizzazione del monitoraggio biochimico delle acque superficiali e sotterranee, allo scopo di tenere sotto controllo lo sviluppo dei fenomeni in coordinamento con ARPA. La relazione del PTCP dà indicazione dei corsi d'acqua sui quali è opportuno attuare tale potenziamento.*
- 6. Sugli ambiti individuati quali "aree ad elevata vulnerabilità per le risorse idriche sotterranee" nella Tav. E1, oltre alle direttive dei punti precedenti, si applicano le seguenti prescrizioni:*
 - a) Tutti i manufatti realizzati nel sottosuolo che possono in alcun modo potenzialmente presentare il rischio di consentire infiltrazione di sostanze "inquinanti" nel sottosuolo, devono essere progettati e realizzati garantendo la perfetta tenuta idraulica (in particolare per le reti fognarie);*



- b) Non è consentito lo scarico e la dispersione di reflui industriali sul suolo e di fanghi provenienti da depurazione, dagli scarichi domestici e zootecnici. Le direttive, di cui al presente articolo, non costituiscono oggetto della valutazione di compatibilità degli strumenti urbanistici comunali prevista dall'art. 27 delle NTA del PTCP».*



23 - NORME TECNICHE DI PREVENZIONE ANTISISMICA PER LE NUOVE COSTRUZIONI DEL COMUNE DI COSTA VOLPINO

Il comune di Costa Volpino ricade nella zona sismica 3, così come definita nell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003. Sulla base della normativa nazionale D.M. 14/01/2008 e regionale (Delibera di giunta regionale 30 novembre 2011 - n. IX/2616: *“Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12”*, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374) si dovranno applicare le valutazioni tecniche di dettaglio che saranno acquisite in fase di progettazione di ciascuna area specifica.

I fattori di rischio sismico comunali sono imputabili ad effetti di amplificazione sismica potenzialmente generabili dai primi strati del sottosuolo e quindi ad effetti litologici.

Dalla valutazione della morfologia e morfometria del territorio comunale di Costa Volpino, non si riscontrano caratteri morfologici rispondenti ai criteri geometrici a rischio e quindi soggetti a valutazione del fattore di amplificazione sismica per effetti morfologici.

Zone Z4a Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.

Z4b Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre.

Si dovrà applicare il secondo livello (L.R. 12/2005), obbligatorio per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della



Tabella 1 dell'Allegato 5 L.R. 12/2005) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

Il secondo livello (L.R. 12/2005) è inoltre previsto per la realizzazione di edifici strategici e rilevanti di cui all'elenco tipologico di cui al D.D.U.O. N. 19904/03.

1. EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile

EDIFICI

- a. Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione regionale (*)
- b. Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione provinciale (*)
- c. Edifici destinati a sedi di Amministrazioni comunali (*)
- d. Edifici destinati a sedi di Comunità Montane (*)
- e. Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, ecc.)
- f. Centri funzionali di protezione civile
- g. Edifici ed opere individuate nei piani d'emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza
- h. Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotati di Pronto Soccorso o dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione
- i. Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali (**)
- j. Centrali operative 118

2. EDIFICI ED OPERE RILEVANTI

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso

EDIFICI

- a. Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori
 - b. Strutture ricreative, sportive e culturali, locali di spettacolo e di intrattenimento in genere
 - c. Edifici aperti al culto non rientranti tra quelli di cui all'allegato 1, elenco B, punto 1.3 del decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, n. 3685 del 21 ottobre 2003
 - d. Strutture sanitarie e/o socio-assistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.)
 - e. Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio (***) suscettibili di grande affollamento
- (*) Prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.
(**) Limitatamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.
(***) Il centro commerciale viene definito (d.lgs. n. 114/1998) quale una media o una grande struttura di vendita nella quale più esercizi commerciali sono inseriti in una struttura a destinazione specifica e usufruiscono di infrastrutture comuni e spazi di servizio gestiti unitariamente. In merito a questa destinazione specifica si precisa comunque che i centri commerciali possono comprendere anche pubblici esercizi e attività paracommerciali (quali servizi bancari, servizi alle persone, ecc.).

OPERE INFRASTRUTTURALI

- a. Punti sensibili (ponti, gallerie, tratti stradali, tratti ferroviari) situati lungo strade «strategiche» provinciali e comunali non comprese tra la «grande viabilità» di cui al citato documento del



Dipartimento della Protezione Civile nonché quelle considerate «strategiche» nei piani di emergenza provinciali e comunali

- b. Stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale (FNM, metropolitane)
- c. Porti, aeroporti ed eliporti non di competenza statale individuati nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza
- d. Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica
- e. Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di materiali combustibili (oleodotti, gasdotti, ecc.)
- f. Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti locali
- g. Strutture non di competenza statale connesse con i servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e portatile, televisione)
- h. Strutture a carattere industriale, non di competenza statale, di produzione e stoccaggio di prodotti insalubri e/o pericolosi
- i. Opere di ritenuta di competenza regionale

Al mosaico della fattibilità sono sovrapposte tre campiture trasparenti che individuano le aree in cui è necessario applicare il terzo livello di approfondimento sismico in fase di progettazione.

Nelle aree in cui coesistono differenti scenari di Pericolosità Sismica Locale dovranno essere approfonditi gli aspetti relativi a ciascuno scenario e utilizzati per la progettazione i parametri più restrittivi, a favore della sicurezza.

Sulla base della normativa nazionale e regionale si dovranno applicare le valutazioni tecniche di dettaglio che saranno acquisite in fase di progettazione di ciascuna area specifica. Nel caso in cui le indagini conoscitive dell'area evidenzieranno superamenti del Fattore di amplificazione $[Fa]$ attraverso il livello 2°, si dovrà prevedere, in alternativa:

1. approfondimento di 3° livello;
2. utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:
 - anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
 - □anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;



- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

In particolare ciò vale per:

- le opere di fondazione e di sostegno dei terreni;
- la progettazione di nuovi edifici; le costruzioni anche esistenti devono essere dotate di un livello di protezione antisismica differenziato in funzione della loro importanza e del loro uso, e quindi delle conseguenze più o meno gravi di un loro danneggiamento per effetto di un evento sismico;
- il progetto di ponti a pile e travate, questi ultimi del tipo continuo su più pile o semplicemente appoggiate ad ogni campata. Le pile si intendono a fusto unico, con sezione trasversale di forma generica, piena o cava, mono o multicellulare. Anche pile in forma di portali sono trattabili con i criteri e le regole contenute nelle Norme. Pile a geometria più complessa, ad esempio a telaio spaziale, richiedono in generale criteri di progetto e metodi di analisi e verifica specifici.

Ai fini della corretta progettazione delle opere lo studio geologico-geotecnico previsto per ciascuna opera dovrà essere corredato da un'adeguata ricerca geologico-strutturale e geofisica per il riconoscimento dei profili stratigrafici di riferimento previsti dalla normativa oltreché dall'individuazione di eventuali discontinuità presenti nell'ottica del rischio sismico locale (disomogeneità delle variazioni laterali dei litotipi di fondazione, caratterizzazione geomeccanica, caratterizzazione granulometrica dei depositi incoerenti).

I litotipi individuati dalla normativa generale comprendono:

**A. FORMAZIONI LITOIDI CON STRATI DI ALTERAZIONE SUPERFICIALE DI SPESSORE MAX 5 M:
 $V_{s30} > 800$ M/S**



B. SABBIE E GHIAIE MOLTO ADDENSATE, ARGILLE (NSPT >50 O CU >250 KPA): V_{s30} 360-800 M/S

C. SABBIE E GHIAIE MEDIAMENTE ADDENSATE, ARGILLE (NSPT 15-50; CU 70-250 KPA): V_{s30} 180-360 M/S

D. TERRENI GRANULARI (NSPT <15; CU <70 KPA): V_{s30} <180 M/S

E. DEPOSITI ALLUVIONALI SUPERFICIALI DEL TIPO C, D E SPESSORE COMPRESO TRA 5 E 20 M, GIACENTI SU SUBSTRATO RIGIDO CON V_{s30} >800 M/S

CATEGORIE CHE RICHIEDONO STUDI SPECIALI DELL'AZIONE SISMICA:

S1. DEPOSITI COSTITUITI DA, O CHE INCLUDONO, UNO STRATO SPESSO ALMENO 10 M DI ARGILLE/LIMI DI BASSA CONSISTENZA, CON ELEVATO INDICE DI PLASTICITÀ (PI >40) E CONTENUTO IN ACQUA, CARATTERIZZATI DA V_{s30} <100 M/S (CU 10-20 KPA)

S2. DEPOSITI DI TERRENI SOGGETTI A LIQUEFAZIONE, DI ARGILLE SENSITIVE, O QUALSIASI ALTRA CATEGORIA DI TERRENO NON CLASSIFICABILE NEI TIPI PRECEDENTI

NELLE PRECEDENTI DEFINIZIONI V_{s30} È LA VELOCITÀ MEDIA DI PROPAGAZIONE ENTRO 30 M DI PROFONDITÀ DAL PIANO CAMPAGNA DELLE ONDE DI TAGLIO.

Per la definizione dei profili stratigrafici si dovranno utilizzare tecniche di indagine diretta e/o geofisiche, da eseguirsi in sito, per la determinazione della velocità V_{s30} media di propagazione, almeno entro 30 m di profondità dal piano campagna, delle onde di taglio.

Il sito sarà quindi classificato ai fini della progettazione sulla base del valore di V_{s30} , se disponibile e ottenuto al meglio tra le metodologie ritenute scientificamente più valide; altrimenti sulla base del valore del Numero di colpi di infissione nelle prove penetrometriche (NSPT *Standard Penetration Test*) che saranno svolte.

Zona Z1a Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi

Zona Z1b Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti

Zona Z1c Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana



In presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1), nelle zone sismiche 3 per tutte le tipologie di edifici, in cui si ha una pericolosità sismica locale a cui è associata una classe di Fattibilità 3 (o inferiore), si dovrà applicare il 3° livello della procedura.

Nelle aree di Fattibilità geologica 4 non sono prevedibili approfondimenti degli studi sismici in quanto queste zone sono per definizione non edificabili. Studi antisismici per la valutazione degli effetti di sito in queste aree dovranno effettuarsi soltanto nel caso si prevedano interventi costruttivi rilevanti così come già descritti e compresi nel successivo paragrafo.

3° LIVELLO

I risultati delle analisi di 3° livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

Come prescritto dalla normativa, occorrerà valutare:

Effetti di instabilità

L'analisi prevede, a seguito della caratterizzazione ed identificazione dei movimenti franosi, la quantificazione della loro instabilità intesa come la valutazione degli indici di stabilità in condizioni statiche, pseudostatiche e dinamiche e prevede un approccio di tipo puntuale, finalizzato cioè alla quantificazione della instabilità di singoli movimenti franosi.

Le fasi, i dati e le metodologie necessarie per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni sono distinte per tipologia di movimenti franosi, in particolare per i movimenti franosi tipo scivolamenti (rotazionali e traslazionali) possono essere così schematizzate:

- individuazione delle sezioni geologiche e geomorfologiche che caratterizzano il corpo franoso, le sue geometrie, gli andamenti delle superfici di



- scivolamento, dei livelli di falda, finalizzati alla ricostruzione di un modello geologico interpretativo del movimento franoso;
- individuazione dei parametri geotecnici necessari all'analisi: il peso di volume (γ), l'angolo di attrito (Φ) nei suoi valori di picco e residuo e la coesione (c) nei suoi valori di picco e residuo (nel caso si adottò il criterio di rottura di Mohr-Coulomb);
 - - individuazione degli accelerogrammi di input nel caso di analisi dinamiche;

Analisi numeriche: diversi sono i modelli numerici che possono essere utilizzati per il calcolo della stabilità; tali codici, più o meno semplificati (es. metodo dei conci, metodo ad elementi finiti, ecc.), forniscono la risposta in termini di valori del fattore di sicurezza (F_s) in condizioni statiche, in termini di valori del coefficiente di accelerazione orizzontale critica (K_c) in condizioni pseudostatiche ed in termini di spostamento atteso in condizioni dinamiche.

L'applicazione dei diversi modelli dipenderà chiaramente dalle condizioni geologiche del sito in analisi e dal tipo di analisi che si intende effettuare.

I risultati, ottenuti per ogni movimento franoso o per ogni area potenzialmente franosa, forniranno i livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame: in particolare i valori del fattore di sicurezza forniscono indicazioni sulla stabilità dell'area considerando un ben preciso stato del sito di analisi non tenendo in conto la contemporanea variazione di alcuni parametri quali contenuto d'acqua e carichi agenti (pioggia, terremoto, azioni antropiche, ecc.); il coefficiente di accelerazione orizzontale critica fornisce invece la soglia di accelerazione al suolo superata la quale l'area stabile diviene instabile in occasione di un terremoto; infine lo spostamento atteso fornisce indicazioni e sull'area di influenza del movimento franoso e una misura di quanto l'accadimento di un evento sismico può modificare la situazione esistente.



Per quanto riguarda i movimenti tipo crolli e ribaltamenti le analisi che possono essere effettuate sono di tipo statico e pseudostatico. Le fasi, i dati e le metodologie necessarie per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni possono essere così schematizzate:

- inquadramento geologico di un intorno significativo in scala 1:10.000 e esecuzione di sezioni geologiche e topografiche in scala 1:10.000;
- individuazione dei parametri dell'input sismico (quali valore del picco di accelerazione, valore del picco di velocità);
- rilievi geomeccanici per la classificazione degli ammassi rocciosi sorgenti dei distacchi (determinazione delle principali famiglie di discontinuità, prove in sito sugli affioramenti quali martello di Smidth tipo L, pettine di Barton, spessimetro per apertura giunti ecc., prelievo di campioni per esecuzione di Point Load Test e di prove di scivolamento Tilt Test);
- identificazione dei principali cinematismi di rottura degli ammassi rocciosi su sezioni tipo e, per situazioni particolarmente significative, analisi di stabilità in condizioni statiche e pseudostatiche di singoli blocchi;
- descrizione e rilievo della pista di discesa e della zona di arrivo, rilievo geologico e, ove possibile, statistica dei massi al piede (dimensioni e distribuzione);
- costruzione del modello numerico della/e pista/e di discesa e verifiche di caduta massi con vari metodi e statistiche arrivi.

I risultati, ottenuti per ogni movimento franoso o per ogni area potenzialmente franosa, forniranno livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame, in particolare, vengono individuate le possibili piste di discesa, le relative aree di influenza e la statistica degli arrivi.

Effetti di cedimenti e/o liquefazioni

L'analisi prevede la valutazione quantitativa delle aree soggette a fenomeni di cedimenti e liquefazioni.



Con il termine liquefazione si indica la situazione nella quale in un terreno saturo non coesivo si possono avere deformazioni permanenti significative o l'annullamento degli sforzi efficaci a causa dell'aumento della pressione interstiziale.

Per il calcolo del potenziale di liquefazione si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura.

Anche per il calcolo di possibili cedimenti che possono verificarsi sia in presenza di sabbie sature sia in presenza di sabbie asciutte, si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura.

Effetti di amplificazione morfologica e litologica

L'analisi prevede un approccio di tipo quantitativo e costituisce lo studio di maggior dettaglio, in cui la valutazione della pericolosità sismica locale è effettuata ricorrendo a metodologie che possono essere classificate come strumentali o numeriche.

La metodologia strumentale richiede l'acquisizione di dati strumentali attraverso campagne di registrazione eseguite in sito con l'utilizzo di strumentazioni specifiche, variabili a seconda del parametro di acquisizione scelto (velocimetri ed accelerometri). Le caratteristiche strumentali, il tipo di acquisizione e la disposizione logistica variano in funzione della complessità geologica dell'area di studio, del metodo di elaborazione scelto e del tipo di risultato a cui si vuole pervenire. Le registrazioni eseguite in un'area di studio possono riguardare rumore di fondo (microtremore di origine naturale o artificiale) o eventi sismici di magnitudo variabile; i dati acquisiti devono essere opportunamente selezionati (ripuliti da tutti i disturbi presenti) e qualificati tramite informazioni sismologiche dell'area in esame. Permettono di definire la direzionalità del segnale sismico e la geometria della zona sismogenetica-sorgente. Le tracce dei segnali di registrazione devono essere in seguito processate tenendo conto delle diverse condizioni di installazione degli strumenti e delle diverse condizioni di acquisizione dei dati. Inoltre, nel caso siano utilizzate stazioni equipaggiate con strumentazioni con frequenza propria diversa (caso più frequente) occorre rendere omogenei tra loro i vari segnali attraverso una



deconvoluzione per le rispettive risposte spettrali. L'analisi sperimentale può presentare diversi gradi di approfondimento ed affidabilità, in funzione del tipo di strumentazione impiegata, del tipo di elaborazione del dato di registrazione e, soprattutto, in funzione dell'intervallo di tempo dedicato alle misurazioni in sito. I metodi di analisi strumentale più diffusi ed utilizzati sono il metodo di Nakamura (1989)⁴ e il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981)⁵.

La metodologia numerica consiste nella modellazione di situazioni reali mediante un'appropriata e dettagliata caratterizzazione geometrica e meccanica del sito e nella valutazione della risposta sismica locale tramite codici di calcolo matematico più o meno sofisticati (modelli monodimensionali 1D, bidimensionali 2D e tridimensionali 3D), basati su opportune semplificazioni e riduzioni del problema, necessarie ma comunque di influenza abbastanza trascurabile sul risultato finale. I concetti fondamentali su cui si basano i codici di calcolo numerico riguardano la teoria della propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo e la teoria del comportamento non lineare e dissipativo dei terreni in condizioni dinamiche. La valutazione della risposta sismica deve tener conto non solo delle variazioni di ampiezza massima del moto sismico di riferimento, ma anche dell'effetto di filtraggio esercitato su di esso dal terreno, cioè delle modifiche nel contenuto in frequenza.

L'applicazione della metodologia numerica richiede una caratterizzazione geometrica di dettaglio del sottosuolo, tramite rilievi specifici, una caratterizzazione geofisica e una caratterizzazione meccanica, tramite accurate indagini geologiche e geotecniche, in grado di determinare i parametri geotecnici statici e dinamici specifici su campioni indisturbati o comunque di alta qualità e in condizioni tali per cui vengano simulate il meglio possibile le condizioni di sito del terreno durante i terremoti attesi. Perciò viene richiesto un programma di indagini geotecniche specifico, i cui risultati saranno da aggiungere a quelli esistenti (1° e 2° LIVELLO). E'

⁴ Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR Railway Tech. Res. Inst., 30, 1

⁵ Kanai, K., Tanaka, T., 1961. On Microtremors. VIII, Bull. Earthquake res. Inst., University of Tokyo. Vol. 39



inoltre necessaria l'individuazione di uno o più input sismici sotto forma di spettri di risposta e/o di accelerogrammi.

Le analisi strumentali e numeriche rappresentano due approcci diversi per la valutazione quantitativa dell'amplificazione locale; essi sono tra loro coerenti ma presentano le seguenti differenze:

- l'analisi numerica ha il vantaggio di essere facilmente applicabile con tempi veloci ma ha lo svantaggio di richiedere alti costi di realizzazione, di considerare modelli semplificati della situazione reale (soprattutto per i codici di calcolo 1D e 2D) e di trascurare l'effetto delle onde superficiali, sottostimando gli effetti ad alti periodi;
- l'analisi strumentale ha il vantaggio di considerare l'effetto della sollecitazione sismica nelle tre dimensioni spaziali ma ha lo svantaggio di considerare eventi di bassa magnitudo, valutando il comportamento dei materiali solo per basse deformazioni in campo elastico; di richiedere, oltre alle analisi sismologiche di registrazione strumentale, analisi geotecniche dinamiche integrative atte a rilevare il comportamento del bedrock sotto sollecitazione, di effettuare le registrazioni per periodi di tempo che dipendono dalla sismicità dell'area e che possono variare da un minimo di 1 mese ad un massimo di 2 anni.

Per compensare i limiti di un metodo con i vantaggi dell'altro è da valutare la possibilità di integrazione delle due metodologie: in questo modo è possibile effettuare un'analisi quantitativa completa che considera sia l'effetto della tridimensionalità del sito sia il comportamento non lineare dei materiali soggetti a sollecitazioni sismiche.

Al fine di poter effettuare le analisi di 3° LIVELLO la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati:

lo-acc contenente, per ogni comune, diversi accelerogrammi attesi caratterizzati da due periodi di ritorno (475 e 975 anni);

curve_lomb.xls contenente i valori del modulo di taglio normalizzato (G/G_0) e del rapporto di smorzamento (D) in funzione della deformazione (γ).



24 - NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE PER LE COSTRUZIONI DEL TERRITORIO COMUNALE (BG) – ZONA SISMICA 3 – CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA E RIFLESSI SULLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

(Tavole 12 e 13)

Le norme Tecniche di Attuazione previste vengono descritte alla luce della nuova normativa di settore.

Tutte le prescrizioni di seguito riportate sono valide ferme restando la necessità di ottemperare per tutti gli interventi, in fase di progettazione esecutiva, a quanto previsto per le “*Norme tecniche per le costruzioni*” D.M. 14/01/2008, la Cir. LL.PP. 24.09.1988 n°. 30483; il D.P.R. 10 Sett. 1990 n. 285; la L.R. Lombardia 12/2005 e s.m.i.; la L.R. 41/97.

Gli stralci qui riportati hanno solamente valore indicativo e di aiuto alla consultazione, in quanto le normative potrebbero essere soggette a successive modifiche da parte degli Enti competenti e, pertanto, differire in futuro da quanto riportato nel presente documento.

Sono inoltre riportati ai paragrafi successivi i risultati emersi dalla presente ricerca con i criteri di applicazione previsti dalla normativa stessa “*Criteri ed Indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di Governo del Territorio*”, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 12/2005 e aggiornamento D.G.R. n. 9/2616 del 30.11.2011 .

Ciò è ad utilizzo dei tecnici incaricati nella futura progettazione edilizia delle strutture e delle infrastrutture pubbliche e private, per cui dal presente studio potranno trarre le conseguenti valutazioni e suggerimenti che sarà utile considerare per ciascun caso.

La Carta di Fattibilità Geologica è il risultato della valutazione mediata di tutti gli elementi studiati e, in sintesi, del rischio geologico come illustrato nell'apposito documento precedentemente descritto e qui tradotto in classi di fattibilità.



Il territorio del comune è stato suddiviso in quattro classi di fattibilità, secondo quanto previsto dalla D.G.R. 30 novembre 2011 - n.9/2616 *“Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12’ approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374”*.

La definizione delle aree a differente fattibilità geologica deriva dall’analisi comparata di tutti gli elementi fisiografici primari (geologici, geomorfologici e geologico - tecnici) rapportati con i specifici caratteri di pericolosità o sensibilità ambientale.

In particolare, ai fini della zonazione, si è tenuto conto delle valutazioni della pericolosità dei singoli fenomeni, degli scenari di rischio conseguenti e della componente geologico - ambientale.

L’assegnazione di una data zona ad una specifica classe di fattibilità geologica può essere modificata solo nel caso che i vincoli di carattere geologico - tecnico gravanti, individuati nel presente lavoro, vengono meno per operazioni di bonifica/sistemazione.

La bonifica/sistemazione può essere effettuata sia attraverso interventi pubblici che privati.

Essendo la carta di fattibilità un documento base delle scelte progettuali alla base del P.G.T. e facendo parte integrante del piano, per la modifica delle classi (areale e di consistenza) si deve adottare la medesima procedura tecnico - amministrativa prevista per varianti al P.G.T..

Si pone l’accento inoltre che la suddivisione delle aree non è stata operata in base alle difficoltà tecniche di caratterizzazione geologico - tecnica delle aree, ma in base alle prevedibili difficoltà di realizzazione delle opere o di messa in sicurezza dei lotti derivate dall’analisi qui effettuata.



Nota per la normativa sismica

Si rammenta che nell'area indicata in Carta di Fattibilità come "area in cui il fattore Fa è superiore a quello di soglia della normativa nazionale" (area viola sulla piana dell'Oglio) si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

Coesistenza di sigle diverse

Quando in un ambito vi sono indicate più sigle differenti, la prima rappresenta la classe di fattibilità (così come confermato anche dal relativo colore: rosso = classe 4, arancio = classe 3, giallo = classe 2) e il fenomeno di rischio principale, le altre indicano ulteriori problematiche di tipo geologico di cui occorre tener conto negli studi di approfondimento e nelle prescrizioni specifiche. In ogni caso prevale sempre la normativa più restrittiva.

24.1 - CLASSE 1: FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI

Si tratta di aree per le quali non sono state individuate situazioni di rischio geologico o comunque problemi tali da richiedere approfondimenti di indagine geologica e/o interventi in questo specifico settore, per cui non vi sono preclusioni o attenzioni di carattere geologico, che in qualche maniera influenzino il loro utilizzo per l'urbanizzazione od alla modifica della destinazione d'uso delle particelle. Si tratta tutt'al più di prevedere, come dovrebbe essere opportuno in qualsiasi luogo, quegli accorgimenti che consentano un corretto smaltimento delle acque reflue ed una sistemazione dei terreni movimentati stabile e rispettosa dell'ambiente.

Comprende pertanto quelle aree caratterizzate da una struttura geologico - ambientale favorevole alla realizzazione ed allo sviluppo del tessuto urbanistico. In



esse viene quindi identificata una situazione ottimale al fine di un potenziale sviluppo, anche diversificato, in ambito urbanistico - edificatorio.

Sul territorio di Costa Volpino non sono state riconosciute aree attribuibili a questa classe di fattibilità.

24.2 - CLASSE 2: FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico - tecnico od idrogeologico finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di sistemazione e bonifica. Queste ultime non dovranno incidere negativamente sulle aree limitrofe.

Sono comprese pertanto quelle aree caratterizzate da una struttura geologica favorevole alla realizzazione ed allo sviluppo del tessuto urbanistico, con comunque necessità di soluzioni progettuali finalizzate all'identificazione, caso per caso, delle condizioni specifiche di esercizio e della tipologia delle strutture di fondazione o contenimento, conservative ai fini della stabilità a lungo periodo delle opere medesime.

In queste aree viene quindi identificata una situazione medio – buona al fine di un potenziale sviluppo, anche diversificato, in ambito urbanistico – edificatorio.

Si ritiene che per tutte le aree di classe 2” sulle quali è prevista una consistente modificazione della destinazione d'uso o la costruzione di nuovi insediamenti, possano essere richieste a giudizio dell'Amministrazione Comunale indagini geologiche-geotecniche con diversi livelli di approfondimento a seconda della situazione locale; l'indagine geologico-geotecnica sarà comunque obbligatoria nel



caso di P.L., P.I.P., piani urbanistici particolareggiati o attuativi in genere, strade, insediamenti industriali, opere pubbliche.

Tali indagini dovranno evidenziare, sulla base della tipologia d'intervento, i mutui rapporti con la geologia, con la geomorfologia e l'idrogeologia del sito oltre al buon governo delle acque di scorrimento superficiale.

Si dovranno valutare pertanto le interferenze prodotte da eventuali scavi e/o riporti nei confronti della stabilità locale e generale del pendio ed in relazione al grado di permeabilità dei terreni, dovranno essere opportunamente valutati e dimensionati i sistemi di drenaggio, di raccolta e di smaltimento delle acque superficiali, facendo attenzione ad evitare lo scarico nel sottosuolo di agenti inquinanti.

Le suddette indagini, sulla base dell'entità dell'intervento e a discrezione del professionista incaricato, potranno essere costituite o da una semplice relazione geologica o richiedere specifici approfondimenti geotecnici attraverso l'effettuazione di prove penetrometriche in sito, sondaggi diretti, indagini geofisiche, analisi geostrutturali degli ammassi rocciosi potenzialmente instabili, ecc.; l'area di studio si dovrà estendere per un intorno significativo rispetto all'intervento edificatorio proposto.

In ogni caso, anche per interventi di piccola entità, l'Amministrazione Comunale potrà chiedere la relazione geologica se riterrà che l'intervento possa interferire significativamente con edifici vicini o con le condizioni geologiche locali.

In particolare si ritiene opportuno, per la realizzazione di qualsiasi nuovo edificio, di mantenere una distanza di sicurezza di almeno 10 metri dal ciglio di scarpate morfologiche di qualsiasi origine se classificate in classe 3 ed almeno 20 metri dal ciglio di scarpate in classe 4.

Nel caso di realizzazione di edifici in prossimità di cigli di scarpata si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità della scarpata sottostante che tengano in considerazione l'applicazione del sovraccarico che comporta la realizzazione dell'edificio.



Nel caso che la realizzazione dell'edificio comporti la formazione di un fronte di scavo a monte e/o ai lati (es: realizzazione di un edificio su un pendio inclinato, esecuzione di box e di locali interrati in fregio a edifici esistenti e magari di vecchia costruzione), si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità del pendio in relazione alla realizzazione del fronte di scavo previsto. Questo per predisporre un progetto adeguato in merito alle opere di sostegno necessarie evitando così che l'esecuzione di scavi in prossimità di edifici esistenti possano indurre lesioni nelle strutture adiacenti.

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa classe dovranno comprendere obbligatoriamente quanto riportato di seguito:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.
- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.



- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

La classe di fattabilità 2 comprende le seguenti **sottoclassi e relative norme**:

- **Sottoclasse 2a:** area ricadente in frana relitta/stabilizzata (versante a monte dei Corti).

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa classe dovranno comprendere obbligatoriamente quanto riportato di seguito:

- Rilevamento geologico, geomorfologico, strutturale e/o geomeccanico dell'area e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Verifiche di stabilità del pendio e/o scarpata interferente con l'area di intervento (stato di fatto e progetto). In caso di presenza di fenomeni di



crollo, analisi delle traiettorie di caduta, zonazione del rischio e progettazione di eventuali interventi di mitigazione.

- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.

24.3 - CLASSE 3: FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

La classe comprende le zone nelle quali si sono riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area di studio o nell'immediato intorno. L'utilizzo di queste zone è pertanto subordinato alla realizzazione di supplementi d'indagine per acquisire una maggiore conoscenza geologico - tecnica dell'area e del suo intorno, mediante campagne geognostiche, prove in sito o di laboratorio, nonché mediante studi tematici specifici di varia natura (idrogeologici, idraulici, ambientali, ecc.). Ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e bonifica.

Nella Classe 3 sono comprese aree acclivi potenzialmente soggette all'influenza di fenomeni di dissesto idrogeologico e fenomeni alluvionali con trasporto in massa, terreni con scarsa qualità geotecnica o potenziale instabilità, forme di degrado antropico.

L'utilizzo di queste zone sarà pertanto necessariamente subordinato alla realizzazione di indagini dettagliate finalizzate all'acquisizione di una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonché mediante studi specifici di varia natura (geologici, geofisici, idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici, ecc.) in relazione alla sottoclasse di fattibilità di appartenenza e alle problematiche individuate.



Ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le necessarie opere di sistemazione e bonifica. Per l'edificato esistente dovranno essere fornite indicazioni in merito alle indagini da eseguire per la progettazione e la realizzazione delle opere di difesa, sistemazione idrogeologica e degli eventuali interventi di mitigazione degli effetti negativi indotti dall'edificato. Potranno essere inoltre predisposti idonei sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto o indotti dall'intervento.

Nel caso di problematiche di tipo idraulico, gli studi saranno necessari non solo in corrispondenza dei principali corsi d'acqua, ma anche dei corsi d'acqua minori che nel passato hanno manifestato significative forme di dissesto.

Il risultato delle indagini condotte dovrà valutare la compatibilità dell'intervento edificatorio e la portata massima che esso può avere in relazione alle caratteristiche del sito.

Gli interventi di bonifica idraulica o idrogeologica dovranno, ove possibile, essere eseguiti con tecniche di bioingegneria forestale.

Pur tenendo conto del fatto che sarebbe opportuno limitare nuovi consistenti insediamenti nelle aree appartenenti alla Classe 3, si ribadisce naturalmente che in questo caso le relazioni geologiche e geologico-tecniche andranno eseguite sui nuovi fabbricati singoli e su tutti quegli interventi che presentano un significativo impatto sul territorio (es. viabilità, reti tecnologiche, ecc.).

Anche in questo caso si ritiene opportuno, nel caso della realizzazione di qualsiasi edificio, di mantenere una distanza di sicurezza di almeno 20 metri dal ciglio di scarpate in classe 4.

Nel caso di realizzazione di edifici in prossimità di un ciglio di scarpata si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità della scarpata sottostante che tengano in considerazione l'applicazione del sovraccarico che comporta la realizzazione dell'edificio.

Nel caso che la realizzazione dell'edificio comporti la formazione di un fronte di scavo a monte e/o ai lati (es: realizzazione di un edificio su un pendio inclinato, esecuzione



di box e di locali interrati in fregio a edifici esistenti e magari di vecchia costruzione), si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità del pendio in relazione alla realizzazione del fronte di scavo previsto. Questo per predisporre un progetto adeguato in merito alle opere di sostegno necessarie evitando così che l'esecuzione di scavi in prossimità di edifici esistenti possano indurre lesioni nelle strutture adiacenti.

La classe 3 comprende aree di discariche, aree di piattaforma ecologica, aree con rete idrografica artificiale principale, l'area di rispetto cimiteriale.

Rispetto alle precedenti aree, quelle rientranti nella 3 classe di fattibilità, presentano una maggiore diffusione ed estensione delle criticità legate all'assetto geomorfologico dei versanti e comportano, quasi sempre, la necessità di realizzare opere di difesa idrogeologica o idraulica.

Non sempre queste opere dovranno essere collocate nell'area contrassegnata della classe di appartenenza, ma al contrario potranno collocarsi in aree esterne.

All'interno di questa classe si è ritenuto inoltre di segnalare in modo opportuno le aree rientranti nelle "Zone di rispetto" (raggio di 200 m) di derivazioni d'acqua captate per uso potabile, così come definite dal R.D. 523/1904 e D. Lgs. 152/06 e s.m.i., e più in generale il loro probabile bacino di alimentazione; infatti queste porzioni di territorio devono godere di una particolare attenzione visto il valore, sia in termini ambientali, sia in termini economici, del bene da tutelare.

Per i terreni compresi nella classe 3, quando ammessa, è ipotizzabile una edificazione di basso impatto geologico; per l'edificato esistente dovranno essere fornite indicazioni in merito alle indagini da eseguire per la progettazione e la realizzazione delle opere di difesa, sistemazione idrogeologica e degli eventuali interventi di mitigazione degli effetti negativi indotti dall'edificato.



Le indagini geologiche dovranno essere realizzate e consegnate presso l'Amministrazione Comunale all'atto del rilascio del provvedimento autorizzativo ai sensi del DPR 380/2001 e previo parere dell'Ufficio Tecnico Comunale.

Nelle aree con problematiche di tipo geomorfologico per l'edificato esistente sono consentiti interventi manutentivi, di risanamento conservativo e restauro.

Interventi di ristrutturazione comportanti la sostituzione di elementi costitutivi dell'edificio, l'edificazione di nuovi insediamenti, progettazioni di ricomposizione urbanistica, dovranno essere accompagnati da relazione geologica e geotecnica. Tale relazione dovrà evidenziare le problematiche geologiche dell'area oggetto di intervento e parametrizzare, da un punto di vista geotecnico, i terreni interessati dalle fondazioni.

Qualsiasi scavo che comporti sbancamento di versante con arretramento dovrà essere documentato da verifica di stabilità del profilo originario e finale.

Se il materiale di risulta sarà collocato in area classificata all'interno di questa fattibilità 3 si dovrà documentare l'idoneità del luogo di conferimento e le modalità esecutive dell'intervento.

I progetti di nuovi insediamenti o le modifiche dell'edificato esistente necessarie per realizzare ed integrare i servizi igienico-sanitari in aree sprovviste di collettamento o impossibilitate ad usufruire della rete esistente, dovranno essere accompagnati da relazione idrogeologica che attesti l'idoneità dei luoghi alla dispersione nel primo sottosuolo dei reflui liquidi (D. Lgs. 152/06 e s.m.i. e R.R. 2, 3 e 4 del 24.03.2006).

Interventi che prevedano rimodellamenti del terreno (anche senza asporto o riporto di materiale) devono essere supportati da una relazione geologica che verifichi la stabilità del nuovo profilo.

Qualsiasi modifica apportata alla rete viabilistica secondaria in essere (strade di accesso ai fondi, piste per la manutenzione dei boschi, etc..) dovrà essere attentamente valutata, progettata ed eseguita in modo da rispettare il regolare deflusso delle acque superficiali evitando occlusioni di canali di drenaggio e conseguenti ristagni d'acqua.



Rientrano in questa sottoclasse le aree collinari e montuose del versante settentrionale.

Queste aree presentano una pericolosità potenziale legata alla pendenza costituite da substrato subaffiorante o regolite misto a eluvio limo-argilloso, in qualche caso interessate da modesti movimenti superficiali (creep); le aree in oggetto sono vulnerabili dal punto di vista geomorfologico per potenziali condizioni di instabilità connesse anche con sfavorevole giacitura degli strati rocciosi o con la presenza di copertura eluviale spesso non protetta da macchia boschiva con buone funzioni regolatrici e di protezione delle acque di ruscellamento.

Possibilità di intervento	
Edificazione	<p>POSSIBILE MA LIMITATA</p> <ul style="list-style-type: none">◆ Previa indagine geologica supportata da prove geotecniche in sito, ed eventualmente di laboratorio, per qualsiasi intervento edificativo e verifica di stabilità del pendio nel caso di edifici prossimi a cigli di scarpata, eventuale realizzazione di opere di drenaggio per garantire la stabilità degli edifici e dei manufatti in genere.◆ Previa indagine idrogeologica mirata alla ricostruzione dell'andamento, della soggiacenza e della escursione della falda, alla valutazione della permeabilità dei terreni e interazione eventuali piani interrati con il livello falda, alla valutazione della permeabilità dei terreni, vulnerabilità degli acquiferi.

Sempre nella classe di fattibilità 3 rientrano le aree ove sono presenti terreni dotati di caratteristiche geologico-geotecniche da mediocri a scadenti (argilla e limo in superficie), scarsamente permeabili e soggetti ad infiltrazione idriche connesse talora alla presenza di un reticolato drenante minore fitto e gerarchizzato che si attiva in



breve tempo in relazione al verificarsi di piogge intense al quale può associarsi la possibilità di innesco di fenomeni erosivi e di modesti dissesti di frana.

La natura dei clasti è eterogenea e pertanto si dovrà tenere conto dei possibili cedimenti differenziali legati all'estrema difformità dei materiali presenti. La realizzazione di edifici nelle immediate vicinanze di queste ultime potrebbe indurre cedimenti nelle strutture.

Il cambio di destinazione per l'uso insediativo dei terreni compresi in questa classe dovrà prevedere tipologie a basso impatto.

Possibilità di intervento	
Edificazione, scavi e sbancamenti ed edificazione sotto il piano campagna	<p>POSSIBILE</p> <ul style="list-style-type: none">◆ Previa indagine geologica supportata da prove geotecniche in sito, ed eventualmente di laboratorio, per qualsiasi intervento edificativo, di scavo e sbancamento, con verifica della stabilità della scarpata in presenza dell'intervento di progetto e eventuale progettazione di opere di mitigazione dei rischi (es. opere di drenaggio) .

La classe di fattibilità 3 comprende le seguenti **sottoclassi e relative norme**:

- **Sottoclasse 3a: aree di frana relitta o stabilizzata**

Le relazioni geologiche redatte per gli interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Rilevamento geologico, geomorfologico, strutturale e/o geomeccanico dell'area e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).



- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Verifiche di stabilità del pendio e/o scarpata interferente con l'area di intervento (stato di fatto e progetto). In caso di presenza di fenomeni di crollo, analisi delle traiettorie di caduta, zonazione del rischio e progettazione di eventuali interventi di mitigazione.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.



- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

In più, in considerazione delle criticità specifiche per questa sottoclasse, sarà necessario attenersi alle seguenti indicazioni:

- Ubicare le strutture il più lontano possibile dai cigli di scarpata.
- Evitare per quanto possibile sbancamenti di notevole altezza verso monte.
- Evitare tassativamente dispersioni incontrollate di acque sui versanti o nelle immediate vicinanze dei cigli di scarpata.

- **Sottoclasse 3b: aree a bassa soggiacenza della falda**

Le relazioni geologiche redatte per gli interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.
- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di



flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).

- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

In più, in considerazione delle criticità specifiche per questa sottoclasse, sarà necessario attenersi alle seguenti indicazioni:

- Evitare per quanto possibile la realizzazione di strutture interrato interferenti con le falde idriche sotterranee.
- Prevedere adeguati sistemi di impermeabilizzazione delle strutture fondazionali, tenendo conto delle possibili oscillazioni dei livelli piezometrici.



- Dovrà essere valutato attentamente lo svolgimento di attività che possano essere fonte di contaminazione per le acque sotterranee, in particolare: dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati; accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi; spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi; gestione di rifiuti; stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive; centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli. Tali attività dovranno essere valutate sulla scorta delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle eventuali tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche.

- **Sottoclasse 3c: aree interessate da carsismo diffuso**

Le relazioni geologiche redatte per gli interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Rilevamento geologico, geomorfologico, strutturale e/o geomeccanico dell'area e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.



- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

In più, in considerazione delle criticità specifiche per questa sottoclasse, sarà necessario attenersi alle seguenti indicazioni:

- Dovrà essere valutato attentamente lo svolgimento di attività che possano essere fonte di contaminazione per le acque sotterranee, in particolare:



dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati; accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi; spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi; gestione di rifiuti; stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive; centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli. Tali attività dovranno essere valutate sulla scorta delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle eventuali tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche.

- Durante l'esecuzione delle indagini di cui al punto I.3, si dovranno prevedere investigazioni atte a riconoscere la presenza di possibili cavità nel sottosuolo.

- **Sottoclasse 3d: aree di conoidi protette**

Nelle aree 3d compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

Le relazioni geologiche redatte per gli interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Rilevamento geologico, geomorfologico, strutturale e/o geomeccanico dell'area e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni



geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.

- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Analisi idrologica per la determinazione della portata di massima piena (tempo di ritorno da valutare caso per caso, comunque non inferiore a 100 anni). Analisi idraulica dello stato di fatto e/o delle opere di progetto su un significativo tratto di corso d'acqua, con valutazione dei rischi ed eventuale dimensionamento delle opere di protezione.
- Valutazione del trasporto solido del corso d'acqua e sua interferenza con le opere di progetto.



- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

In più, in considerazione delle criticità specifiche per questa sottoclasse, sarà necessario attenersi alle seguenti indicazioni:

- Valutare l'opportunità di eseguire interventi migliorativi per la riduzione del rischio idrogeologico verso l'area di progetto.
- Gli studi idrologici-idraulici dovranno essere eseguiti a scala di bacino, al fine di valutare le interferenze del corso d'acqua con l'area di progetto; gli studi dovranno essere eseguiti secondo i metodi previsti dagli Allegati 2 e 7 della D.G.R. 28/05/2008 n. 8/7374.
- Nel caso specifico del conoide della Val Gola, potrà essere consultato lo studio redatto dallo scrivente (cfr. Bibliografia della Relazione Tecnica) per le valutazioni idrologiche-idrauliche del caso.
- **Sottoclasse 3e: aree dotate di proprietà geotecniche scadenti, ex cave, riporti**

Le relazioni geologiche redatte per gli interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).



- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Verifiche di stabilità del pendio e/o scarpata interferente con l'area di intervento (stato di fatto e progetto). In caso di presenza di fenomeni di crollo, analisi delle traiettorie di caduta, zonazione del rischio e progettazione di eventuali interventi di mitigazione.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli



accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

In più, in considerazione delle criticità specifiche per questa sottoclasse, sarà necessario attenersi alle seguenti indicazioni:

- Ridurre il più possibile l'altezza degli sbancamenti.
 - Valutare caso per caso l'adozione di adeguate opere provvisorie di sostegno agli scavi.
 - Valutare l'opportunità di utilizzare preferibilmente fondazioni profonde.
 - Evitare tassativamente dispersioni incontrollate di acque sui versanti.
- **Sottoclasse 3g: aree ricadenti in fascia fluviale B**

Le relazioni geologiche redatte per gli interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.
- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di



flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).

- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.



Entrando nelle specifico, occorrerà tenere conto anche delle seguenti prescrizioni.

Nuovi edifici

1. Le superfici abitati, le aree sedi dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali dovranno essere realizzati ad una quota superiore di 1.5 metri rispetto al valore medio della quota presente al piano campagna nell'ambito di intervento, ed eventualmente in un suo ragionevole intorno, in modo da garantire almeno 1 metro di franco di sicurezza.
2. In tale area è vietata la realizzazione di locali interrati o seminterrati. In caso debbano obbligatoriamente essere realizzati dovranno essere muniti di perimetro di salvaguardia idraulica, costituito da dispositivi permanenti costituenti sbarramento alle acque fino ad almeno alla quota di allagamento, che dovrà essere ben rappresentato e specificato sulle tavole progettuali. Gli accessi dovranno essere comunque posizionati nella parte opposta dell'eventuale direzione del flusso della corrente.
3. Le disposizioni dei nuovi edifici dovranno essere realizzate in modo tale che il lato più lungo sia disposto parallelamente all'andamento del fiume. Per edifici di grandi dimensioni occorrerà valutare attentamente di non creare canali di scorrimento a grande velocità.
4. Dovrà essere prodotta un'approfondita relazione geotecnica per il dimensionamento delle fondazioni. Tale relazione deve tenere conto delle eventuali pressioni idrostatiche presenti nel sottosuolo. Il piano di posa delle fondazioni dovrà collocarsi comunque sotto la quota del piano campagna originario.
5. Dovranno eventualmente essere previste opere di difesa delle fondazioni superficiali al fine di scongiurare l'insacco di fenomeni erosivi.
6. Nei terreni coesivi dovrà necessariamente essere adottato l'utilizzo di fondazioni profonde per limitare il fenomeno di cedimento e/o rigonfiamento dei suoli.



7. Per la realizzazione delle murature di elevazione, almeno per i primi due metri fuori terra rispetto al piano campagna originario, dovranno essere utilizzati materiali da costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua e possibilmente impermeabili (esempio composti impermeabili, guaine bituminose, malte speciali ecc..).

- **Sottoclasse 3h: aree ricadenti in fascia fluviale C**

Le relazioni geologiche redatte per gli interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.



- Esauritive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

- **Sottoclasse 3i: aree comprese nel territorio delimitato in zona R3a**

In generale per questa classe valgono le normative relative alla Classe di Fattibilità 3 così come riportate nella D.g.r. 30/11/2011 n. IX/2616.

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli



interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.

- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.



Entrando nello specifico, occorrerà tenere conto anche delle seguenti prescrizioni.

Nuovi edifici

1. Le superfici abitabili, le aree sedi dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali dovranno essere realizzati ad una quota superiore di 1.5 metri rispetto al valore medio della quota presente al piano campagna nell'ambito di intervento, ed eventualmente in un suo ragionevole intorno, in modo da garantire almeno 1 metro di franco di sicurezza.
2. In tale area è vietata la realizzazione di locali interrati o seminterrati. In caso debbano obbligatoriamente essere realizzati dovranno essere muniti di perimetro di salvaguardia idraulica, costituito da dispositivi permanenti costituenti sbarramento alle acque fino ad almeno alla quota di allagamento, che dovrà essere ben rappresentato e specificato sulle tavole progettuali. Gli accessi dovranno essere comunque posizionati nella parte opposta dell'eventuale direzione del flusso della corrente.
3. Le disposizioni dei nuovi edifici dovranno essere realizzate in modo tale che il lato più lungo sia disposto parallelamente all'andamento del fiume. Per edifici di grandi dimensioni occorrerà valutare attentamente di non creare canali di scorrimento a grande velocità.
4. Le aperture principali dei nuovi edifici dovranno collocarsi dal lato opposto relativamente al corso d'acqua (Lato EST) o al massimo verso il lato di valle rispetto all'andamento del Fiume Oglio.
5. Dovrà essere limitato allo stretto necessario la realizzazione di porte finestre, soprattutto sui prospetti rivolti verso il Fiume e verso la direzione perpendicolare al deflusso della corrente.
6. Le costruzioni e le opere accessorie (recinzioni, ecc..) dovranno essere realizzate in modo da favorire il deflusso delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.
7. Dovrà essere prodotta un'approfondita relazione geotecnica per il dimensionamento delle fondazioni. Tale relazione deve tenere conto delle



eventuali pressioni idrostatiche presenti nel sottosuolo. Il piano di posa delle fondazioni dovrà collocarsi comunque sotto la quota del piano campagna originario.

8. Dovranno eventualmente essere previste opere di difesa delle fondazioni superficiali al fine di scongiurare l'insorgere di fenomeni erosivi.
9. Nei terreni coesivi dovrà necessariamente essere adottato l'utilizzo di fondazioni profonde per limitare il fenomeno di cedimento e/o rigonfiamento dei suoli.
10. Per la realizzazione delle murature di elevazione, almeno per i primi due metri fuori terra rispetto al piano campagna originario, dovranno essere utilizzati materiali da costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua e possibilmente impermeabili (esempio composti impermeabili, guaine bituminose, malte speciali ecc..).

Edifici esistenti

Nella fascia R3a sono consentite le opere di cui alla legge regionale 12/05 art.27 comma 1, lettere a), b), c) e d).

L'approfondimento geologico – geotecnico si renderà necessario quando l'intervento di ristrutturazione risulti significativo rispetto all'esistente, e la decisione in tal senso, sarà presa dal tecnico responsabile del procedimento che, a suo insindacabile giudizio, valuterà l'opportunità o meno della presentazione dello studio. Gli interventi che riguardano il piano terra e le fondazioni dovranno comunque tenere conto, ove possibile, degli accorgimenti costruttivi indicati nel documento “*Edifici in aree a rischio di alluvione – Come ridurre la vulnerabilità*”.

L'ufficio tecnico comunale, nello spirito di restare in sintonia con gli obiettivi di tutela previsti per questa fascia, valuterà la congruità del progetto presentato e potrà richiedere tutti quei cambiamenti che si possono rendere necessari, al fine di raggiungere un livello di sicurezza accettabile.



- **Sottoclasse 3I: aree comprese nel territorio delimitato in zona R3b**

In generale per questa classe valgono le normative relative alla Classe di Fattibilità 3 così come riportate nella D.g.r. 30/11/2011 n. IX/2616.

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.
- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.



- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

Entrando nello specifico, occorrerà tenere conto anche delle seguenti prescrizioni.

Nuovi edifici

1. Le superfici abitali, le aree sedi dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali dovranno essere realizzati ad una quota superiore di 1.0 metri rispetto al valore medio della quota presente al piano campagna nell'ambito di intervento, ed eventualmente in un suo ragionevole intorno.
2. Eventuali locali interrati o seminterrati dovranno essere muniti di perimetro di salvaguardia idraulica, costituito da dispositivi permanenti costituenti sbarramento alle acque fino ad almeno alla quota di allagamento, che dovrà essere ben rappresentato e specificato sulle tavole progettuali. Gli accessi dovranno essere comunque posizionati nella parte opposta dell'eventuale direzione del flusso della corrente.
3. Le disposizioni dei nuovi edifici dovranno essere realizzate in modo tale che il



lato più lungo sia disposto parallelamente all'andamento del fiume. Per edifici di grandi dimensioni

4. Le aperture principali dei nuovi edifici dovranno collocarsi dal lato opposto relativamente al corso d'acqua (Lato EST) o al massimo verso il lato di valle rispetto all'andamento del Fiume Oglio.
5. Dovrà essere limitato allo stretto necessario la realizzazione di porte finestre, soprattutto sui prospetti rivolti verso il Fiume e verso la direzione perpendicolare al deflusso della corrente.
6. Le costruzioni e le opere accessorie (recinzioni, ecc..) dovranno essere realizzate in modo da favorire il deflusso delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.
7. Dovrà essere prodotta un'approfondita relazione geotecnica per il dimensionamento delle fondazioni. Tale relazione deve tenere conto delle eventuali pressioni idrostatiche presenti nel sottosuolo. Il piano di posa delle fondazioni dovrà collocarsi comunque sotto la quota del piano campagna originario.
8. Dovranno eventualmente essere previste opere di difesa delle fondazioni superficiali al fine di scongiurare l'insorgere di fenomeni erosivi.
9. Nei terreni coesivi dovrà necessariamente essere adottato l'utilizzo di fondazioni profonde per limitare il fenomeno di cedimento e/o rigonfiamento dei suoli.
10. Per la realizzazione delle murature di elevazione, almeno per i primi due metri fuori terra rispetto al piano campagna originario, dovranno essere utilizzati materiali da costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua e possibilmente impermeabili (esempio composti impermeabili, guaine bituminose, malte speciali ecc..).



Edifici esistenti

Nella fascia R3b sono consentite le opere di cui alla legge regionale 12/05 art.27 comma 1, lettere a), b), c) e d).

L'approfondimento geologico – geotecnico si renderà necessario quando l'intervento di ristrutturazione risulti significativo rispetto all'esistente, e la decisione in tal senso, sarà presa del tecnico responsabile del procedimento che, a suo insindacabile giudizio, valuterà l'opportunità o meno della presentazione dello studio. Gli interventi che riguardano il piano terra e le fondazioni dovranno comunque essere accompagnati dall'approfondimento e dovranno comunque tenere conto, ove possibile, degli accorgimenti costruttivi indicati nel documento *“Edifici in aree a rischio di alluvione – Come ridurre la vulnerabilità”*.

L'ufficio tecnico comunale, nello spirito di restare in sintonia con gli obiettivi di tutela previsti per questa fascia, valuterà la congruità del progetto presentato e potrà richiedere tutti quei cambiamenti che si possono rendere necessari, al fine di raggiungere un livello di sicurezza accettabile.

- Sottoclasse 3m: aree acclivi o prossime a scarpate acclivi

Le relazioni geologiche redatte per gli interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Rilevamento geologico, geomorfologico, strutturale e/o geomeccanico dell'area e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno



essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.

- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Verifiche di stabilità del pendio e/o scarpata interferente con l'area di intervento (stato di fatto e progetto). In caso di presenza di fenomeni di crollo, analisi delle traiettorie di caduta, zonazione del rischio e progettazione di eventuali interventi di mitigazione.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.



In più, in considerazione delle criticità specifiche per questa sottoclasse, sarà necessario attenersi alle seguenti indicazioni:

- Ubicare le strutture il più lontano possibile dai cigli di scarpata.
- Evitare per quanto possibile sbancamenti di notevole altezza verso monte.
- Evitare tassativamente dispersioni incontrollate di acque sui versanti o nelle immediate vicinanze dei cigli di scarpata.

24.4 - CLASSE 4: FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI

L'alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle particelle.

In queste aree dovrà pertanto essere di norma esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non la manutenzione ordinaria e straordinaria degli edifici esistenti, per i quali saranno consentiti esclusivamente gli interventi così come definiti dall'Art. 27 lettere a), b) e c) della LR 12/2005, nonché piccoli ampliamenti funzionali all'edificio e puntualmente verificati. Interventi edificatori non ricadenti nei punti a), b), c) dell'art. 27 della LR 12/2005 possono essere realizzati solo se riferiti ad infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico.

La realizzazione di eventuali opere pubbliche e di interesse collettivo quali acquedotti, strade, fognature, depuratori ecc., oltre alle operazioni di manutenzione di piccole strutture non residenziali di supporto all'attività agricola che non prevedano la presenza continuativa di persone, potranno essere realizzate previa valutazione puntuale.

A tal fine alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità pubblica, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica e/o idrogeologica/idraulica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico. In questi casi, sulla base dei risultati emersi dall'indagine, dovrà essere elaborato un progetto degli interventi di consolidamento e di bonifica, di trattamento e/o miglioramento dei terreni. Il progetto dovrà tenere conto altresì di un



programma di monitoraggio ambientale destinato a verificare gli effetti degli interventi eseguiti in relazione all'entità dell'opera.

Gli interventi di bonifica idraulica o idrogeologica dovranno, ove possibile, essere eseguiti con tecniche di bioingegneria forestale.

Appartengono a questa classe aree di rispetto dei corsi d'acqua, pari ad almeno 15 metri lineari dal ciglio superiore della sponda o scarpata per i principali impluvi, 10 metri per gli altri corsi d'acqua minori. Aree soggette a processi d'erosione spondale e/o fenomeni alluvionali con ingente trasporto in massa di materiale con tempi di ritorno di 100 anni il torrente risulti verificato da fenomeni esondativi).

Aree di frana attiva e/o falda detritica attiva o parzialmente attiva;

Zone di pericolosità alta, area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di erosione di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido, con danneggiamento di opere e di manufatti. Comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide;

Zone di tutela assoluta delle singole sorgenti o pozzi captati dall'acquedotto comunale per una distanza non inferiore a 10 metri dall'opera di captazione.

Nelle zone in classe 4 di fattibilità è altresì ammissibile, a determinate condizioni, la realizzazione di infrastrutture viarie, di reti tecnologiche, di fabbricati tecnici, di opere di bonifica, consolidamento e messa in sicurezza dei siti. In genere sono aree destinate allo sviluppo di attività d'uso del suolo diverse dall'insediamento antropico e dall'urbanizzazione, previ appositi studi geologici e progettazioni. La cura dei boschi è un aspetto non trascurabile nella prevenzione del degrado del territorio, soprattutto per quanto riguarda la vetustà, dunque la stabilità delle piante, e la prevenzione dagli incendi, ai quali in genere segue una situazione di degrado del suolo e l'insorgere di erosioni diffuse.

Eventuali opere che non prevedano la presenza continuativa di persone, dovranno essere valutate puntualmente. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte



dell'autorità comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Si tratta di aree con eccessiva acclività del pendio, di aree con presenza di rocce e/o terreni franosi, di zone di pertinenza dei corpi idrici superficiali e delle loro fasce di esondazione; sono inoltre le fasce di tutela assoluta delle sorgenti e dei bacini dell'acqua potabile (D.Lgs. 152/06 e s.m.i.).

Le aree di tutela assoluta delle sorgenti e dei bacini dell'acqua potabile sono rappresentate in carta da cerchi di raggio 10 m. In base alla normativa specifica esse sono da recintare ed impermeabilizzare, ed in esse devono essere escluse attività di qualsiasi tipo.

Nel territorio di Costa Volpino ricadono in Classe 4 tutte le aree per le quali sono state rilevate situazioni di rischio reale o potenziale, ma anche porzioni limitate di territorio per le quali si ritiene importante prevedere opportune forme di difesa o di valorizzazione, nonché ove siano state rilevate potenziali condizioni morfologiche che potrebbero renderle adatte a costituire "mitigazione" del rischio idraulico.

Appartengono a questa classe aree di rispetto dei corsi d'acqua, pari ad almeno 10 metri lineari dal ciglio superiore della sponda o scarpata per tutti i corsi d'acqua del territorio comunale. Aree soggette a processi d'erosione spondale e/o fenomeni alluvionali con ingente trasporto in massa di materiale con tempi di ritorno di 100 anni (il torrente risulta verificato da fenomeni esondativi).

Zone di pericolosità alta, area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di erosione di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido, con danneggiamento di opere e di manufatti. Comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide.



Zone di tutela assoluta delle singole sorgenti o pozzi captati dall'acquedotto comunale per una distanza non inferiore a 10 metri dall'opera di captazione. In base alla normativa specifica esse sono da recintare ed impermeabilizzare, ed in esse devono essere escluse attività di qualsiasi tipo.

Per quanto attiene alle aree soggette a vulnerabilità della falda idrica, il riconoscimento delle stesse nella classe 4 vuole essere in primo luogo un elemento di scoraggiamento per nuovi interventi ed in secondo luogo un segnale per far sì che in quelle aree si operi con estrema attenzione soprattutto nell'applicazione di alcune fondamentali leggi nazionali e regionali (D. Lgs. 152/06 e s.m.i., R.R. 2-3-4 del 24.03.06) che trattano le modalità di smaltimento in acque superficiali e al suolo dei reflui sia urbani che industriali.

In queste situazioni sono eventualmente da prevedere opere di bonifica, consolidamenti e messa in sicurezza dei siti, previa attuazione di appositi studi geologici e progettazioni. E' opportuno l'attivazione di sistemi di monitoraggio geologico.

Come già espresso nel capitolo dedicato "Zona B-Pr fiume Oglio" in tale classe è presente anche la zona in sinistra idraulica del fiume Oglio a valle del ponte della SS42 relativa al rischio idrogeologico molto elevato del PAI (B-Pr) fino alla completa realizzazione e collaudo degli interventi, così come definiti nel progetto degli interventi per la messa in sicurezza del tratto in oggetto. Lo svincolo di tale perimetrazione potrà entrare in vigore a seguito della variante urbanistica, secondo le procedure di cui alla l.r. 12/05, necessaria per recepire le risultanze delle valutazioni contenute nello studio in oggetto e nel progetto degli interventi.

La classe di fattibilità 4 comprende le **seguenti sottoclassi e relative norme**:

- **Sottoclasse 4c: aree di conoidi attivi non protetti**

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:



- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Rilevamento geologico, geomorfologico, strutturale e/o geomeccanico dell'area e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.
- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia



necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.

- Analisi idrologica per la determinazione della portata di massima piena (tempo di ritorno da valutare caso per caso, comunque non inferiore a 100 anni). Analisi idraulica dello stato di fatto e/o delle opere di progetto su un significativo tratto di corso d'acqua, con valutazione dei rischi ed eventuale dimensionamento delle opere di protezione.
- Valutazione del trasporto solido del corso d'acqua e sua interferenza con le opere di progetto.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

- **Sottoclasse 4f: aree ricadenti in fascia fluviale A**

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni



geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.

- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità



geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

- **Sottoclasse 4i: aree comprese nel territorio delimitato come limite duì progetto tra la fascia B e la fascia C**

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.
- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.



- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

- **Sottoclasse 4I: aree comprese nel territorio delimitato come limite duì progetto tra la fascia B e la fascia C (zona R4)**

In generale per questa classe valgono le normative relative alla Classe di Fattibilità 4 così come riportate nella D.g.r. 30/11/2011 n. IX/2616.

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un



ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.

- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.



- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

In sintesi, le aree caratterizzate da tale livello di rischio sono da ritenersi in condizioni di non compatibilità, e quindi suddette aree dovranno essere escluse nuove edificazioni. Sono ammissibili interventi di recupero del patrimonio edilizio esistente limitati a manutenzioni ordinarie e straordinarie, restauri conservativi di cui alla L.R. 12/05 art. 27, comma 1, lettere a), b) e c) senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo.

Nelle zone 4I è peraltro ammissibile, a determinate condizioni, la realizzazione di infrastrutture viarie, di reti tecnologiche, di fabbricati tecnici, di opere di bonifica, consolidamento e messa in sicurezza dei siti; sono compatibili in genere lo sviluppo di attività d'uso del suolo diverse dall'insediamento antropico, previa appositi studi geologici e relative progettazioni.

Può essere opportuna anche l'attivazione di sistemi di monitoraggio idrogeologico.

- **Sottoclasse 4n: aree molto acclivi e/o in erosione accelerata**

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Rilevamento geologico, geomorfologico, strutturale e/o geomeccanico dell'area e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un



ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.

- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Verifiche di stabilità del pendio e/o scarpata interferente con l'area di intervento (stato di fatto e progetto). In caso di presenza di fenomeni di crollo, analisi delle traiettorie di caduta, zonazione del rischio e progettazione di eventuali interventi di mitigazione.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità



geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

In più, in considerazione delle criticità specifiche per questa sottoclasse, sarà necessario attenersi alle seguenti indicazioni:

- Ubicare le strutture il più lontano possibile dai cigli di scarpata
- Evitare per quanto possibile sbancamenti di notevole altezza verso monte
- Evitare tassativamente dispersioni incontrollate di acque sui versanti o nelle immediate vicinanze dei cigli di scarpata

- **Sottoclasse 4o: area a rischio idrogeologico molto elevato nel reticolo idrografico principale e secondario nelle aree di pianura**

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.
- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).



- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

- **Sottoclasse 4p: aree a pericolosità molto elevata di esondazione torrentizia**

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).



- Rilevamento geologico, geomorfologico, strutturale e/o geomeccanico dell'area e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.
- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Analisi idrologica per la determinazione della portata di massima piena (tempo di ritorno da valutare caso per caso, comunque non inferiore a 100 anni).



Analisi idraulica dello stato di fatto e/o delle opere di progetto su un significativo tratto di corso d'acqua, con valutazione dei rischi ed eventuale dimensionamento delle opere di protezione.

- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

- **Sottoclasse 4q: aree di frana attiva**

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Rilevamento geologico, geomorfologico, strutturale e/o geomeccanico dell'area e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli



interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.

- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Verifiche di stabilità del pendio e/o scarpata interferente con l'area di intervento (stato di fatto e progetto). In caso di presenza di fenomeni di crollo, analisi delle traiettorie di caduta, zonazione del rischio e progettazione di eventuali interventi di mitigazione.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.



- **Sottoclasse 4r: aree di frana quiescente**

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Rilevamento geologico, geomorfologico, strutturale e/o geomeccanico dell'area e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia



necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.

- Verifiche di stabilità del pendio e/o scarpata interferente con l'area di intervento (stato di fatto e progetto). In caso di presenza di fenomeni di crollo, analisi delle traiettorie di caduta, zonazione del rischio e progettazione di eventuali interventi di mitigazione.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

- **Sottoclasse 4s: aree a franosità superficiale diffusa attiva**

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Rilevamento geologico, geomorfologico, strutturale e/o geomeccanico dell'area e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della



loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.

- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Verifiche di stabilità del pendio e/o scarpata interferente con l'area di intervento (stato di fatto e progetto). In caso di presenza di fenomeni di crollo, analisi delle traiettorie di caduta, zonazione del rischio e progettazione di eventuali interventi di mitigazione.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità



geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

In più, in considerazione delle criticità specifiche per questa sottoclasse, sarà necessario attenersi alle seguenti indicazioni:

- Ubicare le strutture il più lontano possibile dai cigli di scarpata
- Evitare per quanto possibile sbancamenti di notevole altezza verso monte
- Evitare tassativamente dispersioni incontrollate di acque sui versanti o nelle immediate vicinanze dei cigli di scarpata

- **Sottoclasse 4t: aree ad elevato rischio di valanghe**

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Rilevamento geologico, geomorfologico, strutturale e/o geomeccanico dell'area e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.



- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Verifiche di stabilità del pendio e/o scarpata interferente con l'area di intervento (stato di fatto e progetto). In caso di presenza di fenomeni di crollo, analisi delle traiettorie di caduta, zonazione del rischio e progettazione di eventuali interventi di mitigazione.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Zonazione del rischio di valanga e progettazione dei relativi interventi di difesa.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.



- **Sottoclasse 4u: aree a rischio idrogeologico molto elevato in ambiente collinare e montano (zona 1)**

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.
- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.



- Esautive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisoriale di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

- **Sottoclasse 4v: aree a rischio idrogeologico molto elevato in ambiente collinare e montano (zona 2)**

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli



interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.

- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.
- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.



- **Sottoclasse BPr: area a rischio idrogeologico molto elevato**

Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questa sottoclasse dovranno comprendere obbligatoriamente quanto di seguito riportato:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno (in funzione del tipo di problematica da approfondire).
- Esecuzione di indagini dirette e/o indirette in sito (ad esempio prove penetrometriche, sondaggi, geofisica, ecc.), da estendersi anche ad un ragionevole intorno dell'area (in funzione della tipologia degli interventi, della loro dimensione, area di influenza e della presenza di eventuali fenomeni geomorfologici). La tipologia e il numero di indagini geognostiche dovranno essere scelti dal professionista, valutando di volta in volta il volume significativo di sottosuolo da indagare in base alle caratteristiche degli interventi previsti. Ove ritenuto opportuno, le indagini in sito dovranno essere integrate anche con adeguate prove di laboratorio.
- Valutazione di dettaglio dell'assetto idrogeologico del sottosuolo (soggiacenza della falda, geometria degli acquiferi, permeabilità dei terreni, direzioni di flusso sotterraneo, ecc.), ricavato da dati bibliografici e, ove possibile, da indagini dirette (ad esempio, monitoraggio piezometrico).
- Inquadramento generale dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno, con indicazione delle eventuali criticità di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.
- Ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni, con l'indicazione dei principali parametri geomeccanici delle rocce e/o dei terreni di intervento.
- Se richiesto dalla tipologia di intervento, valutazione della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sia per fondazioni superficiali che profonde.
- Esaustive indicazioni tecniche circa le modalità di sbancamento, l'eventuale adozione di opere provvisorie di sostegno per gli scavi e quant'altro sia necessario per l'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza, la realizzazione delle eventuali opere di drenaggio.



- Valutazione dell'efficacia del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e sotterranee previsto dal progetto e della sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche locali.
- Valutazione dell'effettivo stato di attività degli eventuali dissesti presenti nell'area e della loro compatibilità con gli interventi di progetto.
- Sulla base delle risultanze delle indagini svolte, valutazione e proposta degli interventi di mitigazione del rischio eventualmente necessari. Indicazione degli accorgimenti tecnico-costruttivi necessari per il superamento delle criticità geologico-tecniche riscontrate e per lo svolgimento dei lavori in condizioni di sicurezza.

In questa sottoclasse si applicano le norme per la zona B-Pr del titolo IV (artt. 48, 49, 51, 52, 53, 54) delle Norme di Attuazione del P.A.I. (L. 18/05/1989 n. 183 art. 17 comma 6ter, adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001).

24.5 - CARTOGRAFIA DEL DISSESTO CLASSIFICATO SECONDO LA LEGENDA P.A.I.
(Tavole 13 e 14)

Norme generali del P.A.I.

Art. 1 commi 5-6

Titolo II del P.A.I. – Norme per le fasce fluviali

Art. 29 comma 2, art. 30 comma 2, art. 31, art. 32 commi 3-4, art. 38, art. 38bis, art. 39 commi da 1 a 6, art. 41

Norme generali, art. 1. Finalità e contenuti

1. Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po, denominato anche PAI o Piano, disciplina:
 - a) con le norme contenute nel Titolo I, le azioni riguardanti la difesa idrogeologica e della rete idrografica del bacino del Po, nei limiti



territoriali di seguito specificati, con contenuti interrelati con quelli del primo e secondo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali di cui al successivo punto b);

- b) con le norme contenute nel Titolo II – considerato che con D.P.C.M. 24 luglio 1998 è stato approvato il primo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali che ha delimitato e normato le fasce relative ai corsi d'acqua del sottobacino del Po chiuso alla confluenza del fiume Tanaro, dall'asta del Po, sino al Delta, e degli affluenti emiliani e lombardi limitatamente ai tratti arginati – l'estensione della delimitazione e della normazione ora detta ai corsi d'acqua della restante parte del bacino, assumendo in tal modo i caratteri e i contenuti di secondo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali;
 - c) con le norme contenute nel Titolo III, in attuazione dell'art. 8, comma 3, della L. 2 maggio 1990 n. 102, il bilancio idrico per il Sottobacino Adda Sopralacuale e le azioni riguardanti nuove concessioni di utilizzazione per grandi derivazioni d'acqua;
 - d) con le norme contenute nel Titolo IV, le azioni riguardanti le aree a rischio idrogeologico molto elevato.
2. Il PAI è redatto, adottato e approvato ai sensi della L. 18 maggio 1989, n. 183; quale piano stralcio del piano generale del bacino del Po ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter della legge ora richiamata.
 3. Il Piano, attraverso le sue disposizioni persegue l'obiettivo di garantire al territorio del bacino del fiume Po un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, il recupero delle aree fluviali, con particolare attenzione a quelle degradate, anche attraverso usi ricreativi. Le finalità richiamate sono perseguite mediante:
 - l'adeguamento della strumentazione urbanistico-territoriale;



- la definizione del quadro del rischio idraulico e idrogeologico in relazione ai fenomeni di dissesto considerati;
 - la costituzione di vincoli, di prescrizioni, di incentivi e di destinazioni d'uso del suolo in relazione al diverso grado di rischio;
 - l'individuazione di interventi finalizzati al recupero naturalistico ed ambientale, nonché alla tutela e al recupero dei valori monumentali, paesaggistici ed ambientali presenti e/o la riqualificazione delle aree degradate;
 - l'individuazione di interventi su infrastrutture e manufatti di ogni tipo, anche edilizi, che determinino rischi idrogeologici, anche con finalità di rilocalizzazione;
 - la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture adottando modalità di intervento che privilegiano la conservazione e il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;
 - la moderazione delle piene, la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua, con specifica attenzione alla valorizzazione della naturalità delle regioni fluviali;
 - la definizione delle esigenze di manutenzione, completamento ed integrazione dei sistemi di difesa esistenti in funzione del grado di sicurezza compatibile e del loro livello di efficienza ed efficacia;
 - la definizione di nuovi sistemi di difesa, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo dell'evoluzione dei fenomeni di dissesto, in relazione al grado di sicurezza da conseguire;
 - il monitoraggio dei caratteri di naturalità e dello stato dei dissesti;
 - l'individuazione di progetti di gestione agro-ambientale e forestale;
 - lo svolgimento funzionale dei servizi di navigazione interna, nonché della gestione dei relativi impianti.
4. I Programmi e i Piani nazionali, regionali e degli Enti locali di sviluppo economico, di uso del suolo e di tutela ambientale, devono essere coordinati



- con il presente Piano. Di conseguenza le Autorità competenti provvedono ad adeguare gli atti di pianificazione e di programmazione previsti dall'art. 17, comma 4, della L. 18 maggio 1989, n. 183 alle prescrizioni del presente Piano.
5. Allorché il Piano riguardante l'assetto della rete idrografica e dei versanti detta disposizioni di indirizzo o vincolanti per le aree interessate dal primo e dal secondo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali; le previsioni integrano le discipline previste per detti piani, essendo destinate a prevalere nel caso che esse siano fra loro incompatibili.
 6. Nei tratti dei corsi d'acqua a rischio di asportazione della vegetazione arborea in occasione di eventi alluvionali, così come individuati nell'Allegato 3 al Titolo I - Norme per l'assetto della rete idrografica e dei versanti, è vietato, limitatamente alla Fascia A di cui al successivo art. 29 del Titolo II, l'impianto e il reimpianto delle coltivazioni a pioppeto.
 7. Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni più restrittive di quelle previste nelle presenti Norme, contenute nella legislazione in vigore, comprese quelle in materia di beni culturali e ambientali e di aree naturali protette, negli strumenti di pianificazione territoriale di livello regionale, provinciale e comunale ovvero in altri piani di tutela del territorio ivi compresi i Piani Paesistici.
 8. È fatto salvo, nella parte in cui deve avere ancora attuazione, il "Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione" approvato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 9 del 10 maggio 1995.
 9. Le previsioni e le prescrizioni del Piano hanno valore a tempo indeterminato. Esse sono verificate almeno ogni tre anni anche in relazione allo stato di realizzazione delle opere programmate e al variare della situazione morfologica, ecologica e territoriale dei luoghi ed all'approfondimento degli studi conoscitivi e di monitoraggio.



10. L'aggiornamento dei seguenti elaborati del Piano è operato con deliberazione del Comitato Istituzionale:

- Elaborato n. 2 "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo";
- Elaborato n. 4 "Caratteri paesistici e beni naturalistici, storico-culturali, ambientali";
- Elaborato n. 5 "Quaderno delle opere tipo";
- Elaborato n. 6 "Cartografia di Piano":

Tav. 1. Ambito di applicazione del Piano (scala 1:250.000)

Tav. 2. Ambiti fisiografici (scala 1:250.000)

Tav. 3. Corsi d'acqua interessati dalle fasce fluviali (scala 1:500.000)

Tav. 4. Geolitologia (scala 1:250.000)

Tav. 5. Sintesi dell'assetto morfologico e dello stato delle opere idrauliche dei principali corsi d'acqua (scala 1:250.000)

Tav. 6. Rischio idraulico e idrogeologico (scala 1:250.000)

Tav. 7. Emergenze naturalistiche, paesaggistiche e storico-culturali presenti nelle aree di dissesto idraulico e idrogeologico (scala 1:250.000)

Tav. 8. Sintesi delle linee di intervento sulle aste (scala 1:250.000)

Tav. 9. Sintesi delle linee di intervento sui versanti (scala 1:250.000)

- Elaborato n. 7 "Norme di attuazione": Allegato 1 al Titolo III "Bilancio idrico per il sottobacino dell'Adda Sopralacuale"

Con le stesse procedure di cui al precedente capoverso, si apportano al presente Piano aggiornamenti conseguenti agli adempimenti di cui al successivo art. 18, comma 2.

11. I Piani territoriali di coordinamento provinciali attuano il PAI specificandone ed articolandone i contenuti ai sensi dell'art. 57 del D.Lgs. 31 marzo 1998, n. 112 e delle relative disposizioni regionali di attuazione. I contenuti dell'intesa prevista dal richiamato art. 57 definiscono gli approfondimenti di natura idraulica e geomorfologica relativi alle problematiche di sicurezza idraulica e di stabilità dei versanti trattate dal PAI, coordinate con gli aspetti ambientali e



paesistici propri del Piano territoriale di coordinamento provinciale, al fine di realizzare un sistema di tutela sul territorio non inferiore a quello del PAI, basato su analisi territoriali non meno aggiornate e non meno di dettaglio. L'adeguamento degli strumenti urbanistici è effettuato nei riguardi dello strumento provinciale per il quale sia stata raggiunta l'intesa di cui al medesimo art. 57.

12. Il presente Piano costituisce riferimento per la progettazione e la gestione delle reti ecologiche.
13. Alle finalità del presente Piano provvede, per il proprio territorio, la Provincia Autonoma di Trento, secondo quanto stabilito dall'art. 5, comma 4, del D.P.R. 22 marzo 1974, n. 381 (Norme di attuazione dello Statuto speciale per la Regione Trentino - Alto Adige in materia di urbanistica e opere pubbliche), come modificato dal D.Lgs. 11 novembre 1999, n. 463.
14. Nelle materie in cui lo Statuto speciale di autonomia della Regione Valle d'Aosta ha attribuito alla Regione stessa competenza legislativa primaria, i riferimenti alle leggi statali contenuti nel presente Piano si intendono sostituiti con quelli alle corrispondenti leggi regionali approvate nel rispetto dello Statuto e delle norme di attuazione. Nel territorio della Regione Autonoma della Valle d'Aosta, pertanto, agli adempimenti di cui alle presenti Norme provvedono la Regione e i Comuni ai sensi delle vigenti disposizioni regionali in materia di urbanistica.

Titolo II, art. 29. Fascia di deflusso della piena (Fascia A)

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



2. Nella Fascia A sono vietate:

- a) le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;
- b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. l);
- c) la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l'ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. m);
- d) le coltivazioni erbacee non permanenti e arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturazione con specie autoctone, per 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 dell'art. 41 del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 e successive modifiche e integrazioni, ferme restando le disposizioni di cui al Capo VII del R.D. 25 luglio 1904, n. 523;
- e) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;
- f) il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.

3. Sono per contro consentiti:

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



- b) gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- c) le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;
- d) i prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 m³ annui;
- e) la realizzazione di accessi per natanti alle cave di estrazione ubicate in golena, per il trasporto all'impianto di trasformazione, purché inserite in programmi individuati nell'ambito dei Piani di settore;
- f) i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattiva autorizzata ed agli impianti di trattamento del materiale estratto e presente nel luogo di produzione da realizzare secondo le modalità prescritte dal dispositivo di autorizzazione;
- g) il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto della fascia;
- h) il deposito temporaneo a cielo aperto di materiali che per le loro caratteristiche non si identificano come rifiuti, finalizzato ad interventi di recupero ambientale comportanti il ritombamento di cave;
- i) il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art. 6, comma 1, let. m), del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22;
- j) l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita



tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo;

- k) l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.
4. 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.
5. 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.

Titolo II, art. 30. Fascia di esondazione (Fascia B)

1. Nella Fascia B il Piano persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.
2. Nella Fascia B sono vietati:
 - a) gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di vaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di vaso in area idraulicamente equivalente;
 - b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al precedente art. 29, comma 3, let. I);



- c) in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.
3. Sono per contro consentiti, oltre agli interventi di cui al precedente comma 3 dell'art. 29:
- a) gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;
 - b) gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis;
 - c) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;
 - d) l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D.Lgs. 152/1999 e successive modifiche e integrazioni;
 - e) il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis.
4. Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze



negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Titolo II, art. 31. Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)

1. Nella Fascia C il Piano persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e quindi da parte delle Regioni o delle Province, di Programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del presente Piano.
2. I Programmi di previsione e prevenzione e i Piani di emergenza per la difesa delle popolazioni e del loro territorio, investono anche i territori individuati come Fascia A e Fascia B.
3. In relazione all'art. 13 della L. 24 febbraio 1992, n. 225, è affidato alle Province, sulla base delle competenze ad esse attribuite dagli artt. 14 e 15 della L. 8 giugno 1990, n. 142, di assicurare lo svolgimento dei compiti relativi alla rilevazione, alla raccolta e alla elaborazione dei dati interessanti la protezione civile, nonché alla realizzazione dei Programmi di previsione e prevenzione sopra menzionati. Gli organi tecnici dell'Autorità di bacino e delle Regioni si pongono come struttura di servizio nell'ambito delle proprie competenze, a favore delle Province interessate per le finalità ora menzionate. Le Regioni e le Province, nell'ambito delle rispettive competenze, curano ogni opportuno raccordo con i Comuni interessati per territorio per la stesura dei piani comunali di protezione civile, con riferimento all'art. 15 della L. 24 febbraio 1992, n. 225.
4. Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C.
5. Nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" nelle tavole grafiche, per i quali non



siano in vigore misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 17, comma 6, della L. 183/1989, i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, entro il termine fissato dal suddetto art. 17, comma 6, ed anche sulla base degli indirizzi emanati dalle Regioni ai sensi del medesimo art. 17, comma 6, sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse ad applicare anche parzialmente, fino alla avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle presenti Norme relative alla Fascia B, nel rispetto di quanto previsto dall'art. 1, comma 1, let. b), del D.L. n. 279/2000 convertito, con modificazioni, in L. 365/2000.

Titolo II, art. 32. Demanio fluviale e pertinenze idrauliche e demaniali

1. Il Piano assume l'obiettivo di assicurare la migliore gestione del demanio fluviale. A questi fini le Regioni trasmettono all'Autorità di bacino i documenti di ricognizione anche catastale del demanio dei corsi d'acqua interessati dalle prescrizioni delle presenti Norme, nonché le concessioni in atto relative a detti territori, con le date di rispettiva scadenza. Le Regioni provvederanno altresì a trasmettere le risultanze di dette attività agli enti territorialmente interessati per favorire la formulazione di programmi e progetti.
2. Fatto salvo quanto previsto dalla L. 5 gennaio 1994, n. 37, per i territori demaniali, i soggetti di cui all'art. 8 della citata legge, formulano progetti di utilizzo con finalità di recupero ambientale e tutela del territorio in base ai quali esercitare il diritto di prelazione previsto dal medesimo art. 8, per gli scopi perseguiti dal presente Piano. Per le finalità di cui al presente comma, l'Autorità di bacino, nei limiti delle sue competenze, si pone come struttura di servizio.
3. Le aree del demanio fluviale di nuova formazione, ai sensi della L. 5 gennaio 1994, n. 37, a partire dalla data di approvazione del presente Piano, sono destinate esclusivamente al miglioramento della componente naturale della regione fluviale e non possono essere oggetto di sdemanializzazione.



4. Nei terreni demaniali ricadenti all'interno delle fasce A e B, fermo restando quanto previsto dall'art. 8 della L. 5 gennaio 1994, n. 37, il rinnovo ed il rilascio di nuove concessioni sono subordinati alla presentazione di progetti di gestione, d'iniziativa pubblica e/o privata, volti alla ricostituzione di un ambiente fluviale diversificato e alla promozione dell'interconnessione ecologica di aree naturali, nel contesto di un processo di progressivo recupero della complessità e della biodiversità della regione fluviale. I predetti progetti di gestione, riferiti a porzioni significative e unitarie del demanio fluviale, devono essere strumentali al raggiungimento degli obiettivi del Piano, di cui all'art. 1, comma 3 e all'art. 15, comma 1, delle presenti norme, comunque congruenti alle finalità istitutive e degli strumenti di pianificazione e gestione delle aree protette eventualmente presenti e devono contenere:

- l'individuazione delle emergenze naturali dell'area e delle azioni necessarie alla loro conservazione, valorizzazione e manutenzione;
- l'individuazione delle aree in cui l'impianto di specie arboree e/o arbustive, nel rispetto della compatibilità col territorio e con le condizioni di rischio alluvionale, sia utile al raggiungimento dei predetti obiettivi;
- l'individuazione della rete dei percorsi d'accesso al corso d'acqua e di fruibilità delle aree e delle sponde.

Le aree individuate dai progetti così definiti costituiscono ambiti prioritari ai fini della programmazione dell'applicazione dei regolamenti comunitari vigenti. L'organo istruttore trasmette i predetti progetti all'Autorità di bacino che, entro tre mesi, esprime un parere vincolante di compatibilità con le finalità del presente Piano, tenuto conto degli strumenti di pianificazione e gestione delle aree protette eventualmente presenti. In applicazione dell'art. 6, comma 3, della L. 5 gennaio 1994, n. 37, le Commissioni provinciali per l'incremento delle coltivazioni arboree sulle pertinenze demaniali dei corsi d'acqua costituite ai sensi del R.D.L. 18 giugno 1936, n. 1338, convertito, con modificazioni, dalla L. 14 gennaio 1937, n. 402, e successive modificazioni, devono uniformarsi, per determinare le modalità d'uso e le forme di destinazione delle pertinenze idrauliche demaniali dei corsi d'acqua, ai



contenuti dei progetti di gestione approvati dall'Autorità di bacino. Nel caso in cui il progetto, sulla base del quale è assentita la concessione, per il compimento dei programmi di gestione indicati nel progetto stesso, richieda un periodo superiore a quello assegnato per la durata dell'atto concessorio, in sede di richiesta di rinnovo l'organo competente terrà conto dell'esigenza connessa alla tipicità del programma di gestione in corso. In ogni caso è vietato il nuovo impianto di coltivazioni senza titolo legittimo di concessione.

Titolo II, art. 38. Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico

1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui la comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.
2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.
3. Le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle



prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall'Autorità di bacino.

Titolo II, art. 38bis. Impianti di trattamento delle acque reflue, di gestione dei rifiuti e di approvvigionamento idropotabile

1. L'Autorità di bacino definisce, con apposite direttive, le prescrizioni e gli indirizzi per la riduzione del rischio idraulico a cui sono soggetti gli impianti di trattamento delle acque reflue, le operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti e gli impianti di approvvigionamento idropotabile ubicati nelle fasce fluviali A e B.
2. I proprietari e i soggetti gestori di impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, di potenzialità superiore a 2000 abitanti equivalenti, nonché di impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti e di impianti di approvvigionamento idropotabile, ubicati nelle fasce fluviali A e B predispongono, entro un anno dalla data di pubblicazione dell'atto di approvazione del Piano, una verifica del rischio idraulico a cui sono soggetti i suddetti impianti ed operazioni, sulla base delle direttive di cui al comma 1. Gli stessi proprietari e soggetti gestori, in relazione ai risultati della verifica menzionata, individuano e progettano gli eventuali interventi di adeguamento necessari, sulla base delle richiamate direttive.
3. L'Autorità di bacino, anche su proposta dei suddetti proprietari e soggetti gestori ed in coordinamento con le Regioni territorialmente competenti, delibera specifici Programmi triennali di intervento ai sensi degli artt. 21 e seguenti della L. 18 maggio 1989, n. 183, per gli interventi di adeguamento di cui al precedente comma. Nell'ambito di tali programmi l'Autorità di bacino incentiva inoltre, ovunque possibile, la delocalizzazione degli impianti di cui ai commi precedenti al di fuori delle fasce fluviali A e B.



Titolo II, art. 39. Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica

1. I territori delle Fasce A e B individuati dal presente Piano, sono soggetti ai seguenti speciali vincoli e alle limitazioni che seguono, che divengono contenuto vincolante dell'adeguamento degli strumenti urbanistici comunali, per le ragioni di difesa del suolo e di tutela idrogeologica perseguite dal Piano stesso:
 - a) le aree non edificate ed esterne al perimetro del centro edificato dei comuni, così come definito dalla successiva lett. c), sono destinate a vincolo speciale di tutela fluviale ai sensi dell'art. 5, comma 2, lett. a) della L. 17 agosto 1942, n. 1150;
 - b) alle aree esterne ai centri edificati, così come definiti alla seguente lettera c), si applicano le norme delle Fasce A e B, di cui ai successivi commi 3 e 4;
 - c) per centro edificato, ai fini dell'applicazione delle presenti Norme, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ed escluse le aree libere di frangia. Laddove sia necessario procedere alla delimitazione del centro edificato ovvero al suo aggiornamento, l'Amministrazione comunale procede all'approvazione del relativo perimetro.
2. All'interno dei centri edificati, così come definiti dal precedente comma 1, lett. c), si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti; qualora all'interno dei centri edificati ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l'Amministrazione comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.
3. Nei territori della Fascia A, sono esclusivamente consentite le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti all'art. 31, lett.



- a), b), c) della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.
4. Nei territori della Fascia B, sono inoltre esclusivamente consentite:
- a) opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;
 - b) interventi di ristrutturazione edilizia, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, non superiori a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime e a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;
 - c) interventi di adeguamento igienico - funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;
 - d) opere attinenti l'esercizio della navigazione e della portualità, commerciale e da diporto, qualora previsti nell'ambito del piano di settore, anche ai sensi del precedente art. 20.
5. La realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico che possano limitare la capacità di invaso delle fasce fluviali, è soggetta ai procedimenti di cui al precedente art. 38.



6. Fatto salvo quanto specificatamente disciplinato dalle precedenti Norme, i Comuni, in sede di adeguamento dei rispettivi strumenti urbanistici per renderli coerenti con le previsioni del presente Piano, nei termini previsti all'art. 27, comma 2, devono rispettare i seguenti indirizzi:
- a) evitare nella Fascia A e contenere, nella Fascia B la localizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico destinate ad una fruizione collettiva;
 - b) favorire l'integrazione delle Fasce A e B nel contesto territoriale e ambientale, ricercando la massima coerenza possibile tra l'assetto delle aree urbanizzate e le aree comprese nella fascia;
 - c) favorire nelle fasce A e B, aree di primaria funzione idraulica e di tutela naturalistico-ambientale, il recupero, il miglioramento ambientale e naturale delle forme fluviali e morfologiche residue, ricercando la massima coerenza tra la destinazione naturalistica e l'assetto agricolo e forestale (ove presente) delle stesse.
7. Sono fatti salvi gli interventi già abilitati (o per i quali sia già stata presentata denuncia di inizio di attività ai sensi dell'art. 4, comma 7, del D.L. 5 ottobre 1993, n. 398, così come convertito in L. 4 dicembre 1993, n. 493 e successive modifiche) rispetto ai quali i relativi lavori siano già stati iniziati al momento di entrata in vigore del presente Piano e vengano completati entro il termine di tre anni dalla data di inizio.
8. Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni e gli atti amministrativi ai sensi delle leggi 9 luglio 1908, n. 445 e 2 febbraio 1974, n. 64, nonché quelli di cui al D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 490 e dell'art. 82 del D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616 e successive modifiche e integrazioni.
9. Per le aree inserite all'interno dei territori protetti nazionali o regionali, definiti ai sensi della L. 6 dicembre 1991, n. 394 e successive modifiche e integrazioni e/o da specifiche leggi regionali in materia, gli Enti di gestione, in sede di formazione e adozione di strumenti di pianificazione d'area e territoriale o di loro varianti di adeguamento, sono tenuti, nell'ambito di un'intesa con l'Autorità



di bacino, a conformare le loro previsioni alle delimitazioni e alle relative prescrizioni del presente Piano, specificatamente finalizzate alla messa in sicurezza dei territori.

Titolo II, art. 41. Compatibilità delle attività estrattive

1. Fatto salvo, qualora più restrittivo, quanto previsto dalle vigenti leggi di tutela, nei territori delle Fasce A e B le attività estrattive sono ammesse se individuate nell'ambito dei piani di settore o degli equivalenti documenti di programmazione redatti ai sensi delle leggi regionali. Restano comunque escluse dalla possibilità di attività estrattive le aree del demanio fluviale.
2. I piani di settore o gli equivalenti documenti di programmazione redatti ai sensi delle leggi regionali devono garantire che gli interventi estrattivi rispondano alle prescrizioni e ai criteri di compatibilità fissati nel presente Piano. In particolare deve essere assicurata l'assenza di interazioni negative con l'assetto delle opere idrauliche di difesa e con il regime delle falde freatiche presenti. I piani di settore o gli equivalenti documenti di programmazione redatti ai sensi delle leggi regionali devono inoltre verificare la compatibilità delle programmate attività estrattive sotto il profilo della convenienza di interesse pubblico comparata con riferimento ad altre possibili aree di approvvigionamento alternative, site nel territorio regionale o provinciale, aventi minore impatto ambientale. I medesimi strumenti devono definire le modalità di ripristino delle aree estrattive e di manutenzione e gestione delle stesse, in coerenza con le finalità e gli effetti del presente Piano, a conclusione dell'attività. I piani di settore delle attività estrattive o gli equivalenti documenti di programmazione redatti ai sensi delle leggi regionali, vigenti alla data di approvazione del presente Piano, devono essere adeguati alle norme del Piano medesimo.
3. Gli interventi estrattivi non possono portare a modificazioni indotte direttamente o indirettamente sulla morfologia dell'alveo attivo, devono



mantenere o migliorare le condizioni idrauliche e ambientali della fascia fluviale.

4. I piani di settore o gli equivalenti documenti di programmazione redatti ai sensi delle leggi regionali devono essere corredati da uno studio di compatibilità idraulico-ambientale, relativamente alle previsioni ricadenti nelle Fasce A e B, e comunicati all'atto dell'adozione all'Autorità idraulica competente e all'Autorità di bacino che esprime un parere di compatibilità con la pianificazione di bacino.
5. In mancanza degli strumenti di pianificazione di settore, o degli equivalenti documenti di programmazione redatti ai sensi delle leggi regionali, e in via transitoria, per un periodo massimo di due anni dall'approvazione del presente Piano, è consentito procedere a eventuali ampliamenti delle attività estrattive esistenti, per garantire la continuità del soddisfacimento dei fabbisogni a livello locale, previa verifica della coerenza dei progetti con le finalità del presente Piano.
6. Nei territori delle Fasce A, B e C sono consentiti spostamenti degli impianti di trattamento dei materiali di coltivazione, nell'ambito dell'area autorizzata all'esercizio dell'attività di cava, limitatamente al periodo di coltivazione della cava stessa.

Ai fini delle esigenze di attuazione e aggiornamento del presente Piano, le Regioni attuano e mantengono aggiornato un catasto delle attività estrattive ricadenti nelle fasce fluviali con funzioni di monitoraggio e controllo. Per le cave ubicate all'interno delle fasce fluviali il monitoraggio deve segnalare eventuali interazioni sulla dinamica dell'alveo, specifici fenomeni eventualmente connessi al manifestarsi di piene che abbiano interessato l'area di cava e le interazioni sulle componenti ambientali.

Titolo I del P.A.I. – Norme per l'assetto della rete idrografica e dei versanti

Art. 9 – Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico)



Titolo I, art. 9. Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico

1. Le aree interessate da fenomeni di dissesto per la parte collinare e montana del bacino sono classificate come segue, in relazione alla specifica tipologia dei fenomeni idrogeologici, così come definiti nell'Elaborato 2 del Piano:

- frane:
 - Fa, aree interessate da frane attive - (pericolosità molto elevata),
 - Fq, aree interessate da frane quiescenti - (pericolosità elevata),
 - Fsa, area di franosità superficiale diffusa attiva,
- esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua:
 - Ee, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata,
 - fluvA, aree ricadenti in fascia fluviale A,
 - fluvR4a, aree comprese nel territorio delimitato come limite di progetto tra la fascia B e la fascia C,
 - fluvR3b aree comprese nel territorio delimitato come limite di progetto tra la fascia B e la fascia C,
- trasporto di massa sui conoidi:
 - Ca, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità molto elevata),
 - Z1, aree a rischio idrogeologico molto elevato (conoidi attive zona 1),
 - z2, aree a rischio idrogeologico molto elevato (conoidi attive zona 2),
- valanghe:
 - Va, aree di pericolosità elevata o molto elevata,



2. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Fa sono esclusivamente consentiti:
- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
 - gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
 - gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
 - gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
 - le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
 - le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
 - la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.
3. Nelle aree Fq, oltre agli interventi di cui al precedente comma 2, sono consentiti:
- gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
 - gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;



- gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purché consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle alinee successive;
 - la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. E' consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.
4. Nelle aree Fsa compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.



5. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ee sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;



- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
 - l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione
 - stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.
6. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ca sono esclusivamente consentiti:
- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
 - gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
 - gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
 - gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;



- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
 - gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
 - le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
 - la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
 - l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue.
7. Nelle aree Va sono consentiti esclusivamente gli interventi di demolizione senza ricostruzione, di rimboschimento in terreni idonei e di monitoraggio dei fenomeni.
8. Tutti gli interventi consentiti, di cui ai precedenti commi, sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 11 marzo 1988, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

Titolo IV del P.A.I. – Norme per le aree a rischio idrogeologico molto elevato

Artt. 48, 49, 50, 51, 42, 53, 54



Titolo IV, art. 48. Disciplina per le aree a rischio idrogeologico molto elevato

1. Le aree a rischio idrogeologico molto elevato, delimitate nella cartografia di cui all'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 del presente Piano, ricomprendono le aree del Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato, denominato anche PS 267, approvato, ai sensi dell'art. 1, comma 1-bis del D.L. 11 giugno 1998, n. 180, convertito con modificazioni dalla L. 3 agosto 1998, n. 267, come modificato dal D.L. 13 maggio 1999, n. 132, coordinato con la legge di conversione 13 luglio 1999, n. 226, con deliberazione del C.I. n. 14/1999 del 20 ottobre 1999.

Titolo IV, art. 49. Aree a rischio idrogeologico molto elevato

1. Le aree a rischio idrogeologico molto elevato sono individuate sulla base della valutazione dei fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, della relativa pericolosità e del danno atteso. Esse tengono conto sia delle condizioni di rischio attuale sia delle condizioni di rischio potenziale anche conseguente alla realizzazione delle previsioni contenute negli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.
2. Le aree a rischio idrogeologico molto elevato sono perimetrare secondo i seguenti criteri di zonizzazione:
 - ZONA 1 (z1): area instabile o che presenta un'elevata probabilità di coinvolgimento, in tempi brevi, direttamente dal fenomeno e dall'evoluzione dello stesso;
 - ZONA 2 (z2): area potenzialmente interessata dal manifestarsi di fenomeni di instabilità coinvolgenti settori più ampi di quelli attualmente riconosciuti o in cui l'intensità dei fenomeni è modesta in rapporto ai danni potenziali sui beni esposti.



Per i fenomeni di inondazione che interessano i territori di pianura le aree a rischio idrogeologico molto elevato sono identificate per il reticolo idrografico principale e secondario rispettivamente dalle seguenti zone:

ZONA B-Pr in corrispondenza della fascia B di progetto dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali nel Piano stralcio delle Fasce Fluviali e nel PAI: aree potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o uguale a 50 anni;

ZONA I: aree potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o uguale a 50 anni.

Nelle aree di cui ai commi precedenti deve essere predisposto un sistema di monitoraggio finalizzato ad una puntuale definizione e valutazione della pericolosità dei fenomeni di dissesto, all'individuazione dei precursori di evento e dei livelli di allerta al fine della predisposizione dei piani di emergenza, di cui all'art. 1, comma 4, della L. 267/1998, alla verifica dell'efficacia e dell'efficienza delle opere eventualmente realizzate. Le limitazioni d'uso del suolo attualmente operanti ai sensi della L. 9 luglio 1908, n. 445 e della L. 30 marzo 1998, n. 61, relative alle aree a rischio idrogeologico molto elevato, rimangono in vigore e non sono soggette alle misure di salvaguardia di cui al presente Piano.

Titolo IV, art. 50. Aree a rischio molto elevato in ambiente collinare e montano

1. Nella porzione contrassegnata come ZONA 1 delle aree di cui all'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 di Piano, sono esclusivamente consentiti:
 - gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
 - gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b), c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e



volume, salvo gli adeguamenti necessari per il rispetto delle norme di legge;

- le azioni volte a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità con riferimento alle caratteristiche del fenomeno atteso. Le sole opere consentite sono quelle rivolte al consolidamento statico dell'edificio o alla protezione dello stesso;
 - gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria relativi alle reti infrastrutturali;
 - gli interventi volti alla tutela e alla salvaguardia degli edifici e dei manufatti vincolati ai sensi del D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 490 e successive modifiche e integrazioni, nonché di quelli di valore storico-culturale così classificati in strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale vigenti;
 - gli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico e idraulico presente e per il monitoraggio dei fenomeni;
 - la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.
2. Per gli edifici ricadenti nella ZONA 1 già gravemente compromessi nella stabilità strutturale per effetto dei fenomeni di dissesto in atto sono esclusivamente consentiti gli interventi di demolizione senza ricostruzione e quelli temporanei volti alla tutela della pubblica incolumità.
3. Nella porzione contrassegnata come ZONA 2 delle aree di cui all'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 di Piano sono esclusivamente consentiti, oltre agli interventi di cui ai precedenti commi:



- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti unicamente per motivate necessità di adeguamento igienico-funzionale, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;
- la realizzazione di nuove attrezzature e infrastrutture rurali compatibili con le condizioni di dissesto presente; sono comunque escluse le nuove residenze rurali;
- gli interventi di adeguamento e ristrutturazione delle reti infrastrutturali.

Titolo IV, art. 51. Aree a rischio molto elevato nel reticolo idrografico principale e secondario nelle aree di pianura

1. Nelle aree perimetrate come ZONA B-Pr nell'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 di Piano sono applicate le disposizioni di cui all'art. 39 delle presenti Norme relative alla Fascia B, richiamate ai successivi commi. Dette perimetrazioni vengono rivedute in seguito alla realizzazione degli interventi previsti.
2. Nelle aree della ZONA B-Pr esterne ai centri edificati, sono esclusivamente consentiti:
 - le opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento;
 - gli interventi di ristrutturazione edilizia interessanti edifici residenziali, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di



superficie o volume, non superiori a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime;

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

3. 3. Nelle aree perimetrare come ZONA I nell'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 di Piano, esterne ai centri edificati, sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lett. a), b), c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superficie o volume;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità con riferimento alle caratteristiche del fenomeno atteso. Le sole opere consentite sono quelle rivolte al recupero strutturale dell'edificio o alla protezione dello stesso;
- la manutenzione, l'ampliamento o la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché non concorrano ad incrementare il carico insediativo e non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio, e risultino essere comunque coerenti con la pianificazione degli interventi d'emergenza di protezione civile. I progetti relativi agli interventi ed alle realizzazioni in queste aree dovranno essere corredati da un adeguato studio di compatibilità idraulica che dovrà ottenere l'approvazione dell'Autorità idraulica competente;



- gli interventi volti alla tutela e alla salvaguardia degli edifici e dei manufatti vincolati ai sensi del D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 490 e successive modifiche e integrazioni, nonché di quelli di valore storico-culturale così classificati in strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale vigenti;
 - gli interventi per la mitigazione del rischio idraulico presente e per il monitoraggio dei fenomeni.
4. Per centro edificato, ai fini dell'applicazione delle presenti Norme, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ed escluse le aree libere di frangia. Laddove sia necessario procedere alla delimitazione del centro edificato ovvero al suo aggiornamento, l'Amministrazione comunale procede all'approvazione del relativo perimetro.
5. Nelle aree della ZONA B-Pr e ZONA I interne ai centri edificati si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti, fatto salvo il fatto che 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.

Titolo IV, art. 52. Misure di tutela per i complessi ricettivi all'aperto

1. Ai fini del raggiungimento di condizioni di sicurezza per i complessi ricettivi turistici all'aperto esistenti, nonché per le costruzioni temporanee o precarie ad uso di abitazione nelle aree a rischio idrogeologico molto elevato, i Comuni sono tenuti a procedere a una verifica della compatibilità rispetto alle condizioni di pericolosità presenti. A seguito di tale verifica l'Amministrazione comunale è tenuta ad adottare ogni provvedimento di competenza atto a garantire la pubblica incolumità.



Titolo IV, art. 53. Misure di tutela per le infrastrutture viarie soggette a rischio idrogeologico molto elevato

1. Gli Enti proprietari delle opere viarie nei tratti in corrispondenza delle situazioni a rischio molto elevato, di cui un primo elenco è riportato nell'Allegato 4 alla Relazione generale del PS 267, procedono, entro 12 mesi dalla data di approvazione del presente Piano, tramite gli approfondimenti conoscitivi e progettuali necessari, alla definizione degli interventi a carattere strutturale e non strutturale atti alla mitigazione del rischio presente.
2. Per tutto il periodo che intercorre fino alla realizzazione degli interventi di cui al precedente comma, gli stessi Enti pongono in atto ogni opportuno provvedimento atto a garantire l'esercizio provvisorio dell'infrastruttura in condizioni di rischio compatibile, con particolare riferimento alla tutela della pubblica incolumità. In particolare definiscono:
 - le condizioni di vigilanza, attenzione, allertamento ed emergenza correlate alla tipologia degli eventi idrologici e idrogeologici che possono comportare condizioni di rischio sull'infrastruttura;
 - le eventuali attrezzature di misura necessarie per l'identificazione delle condizioni di cui al comma precedente e la conseguente attuazione delle misure di emergenza;
 - le operazioni periodiche di sorveglianza e ispezione da compiere per garantire la sicurezza del funzionamento dell'infrastruttura;
 - le segnalazioni al pubblico delle condizioni di rischio presenti, eventualmente opportune per la riduzione dell'esposizione al rischio.
3. Tale elenco può essere integrato ed aggiornato, su proposta delle Regioni territorialmente competenti o dagli Enti interessati, con deliberazione del Comitato Istituzionale.



Titolo IV, art. 54. Norma finale

1. Le norme di cui al presente Titolo resteranno in vigore fino all'adeguamento dello strumento urbanistico ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, anche con riferimento alla realizzazione delle azioni di mitigazione del rischio.

24.6 - PROTEZIONE DELLE RISORSE IDRICHE

Zona di Rispetto Sorgenti e Pozzi per acqua, adibiti al consumo umano

Come previsto dal D.P.R. 24 maggio 1988, n° 236 relativo alla "Attuazione della direttiva CEE n.80/778 riguardante la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'Art.15 della legge 16 aprile 1987, n.183" e delle indicazioni contenute nella Circolare della Regione Lombardia 38/SAN/83 e della D.G.R. n.VI/15137 del 27 giugno 1996 riguardante le "Direttive per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee (pozzi e sorgenti) destinate al consumo umano", si sono individuate le zone di salvaguardia per i pozzi e sorgenti destinati al consumo umano presenti sul territorio comunale

Di seguito si riporta quanto previsto dalla legge per le aree di salvaguardia per i pozzi e sorgenti le cui acque siano destinate al consumo umano.

Zona di tutela assoluta

La zona di tutela assoluta circonda la captazione con un'estensione di raggio non inferiore a 10 metri. Tale zona deve essere recintata e devono essere raccolte ed allontanate le acque superficiali e devono essere previsti interventi di difesa da eventuali fenomeni di esondazione dei corpi idrici superficiali.

La zona di tutela assoluta è adibita esclusivamente alle opere di presa ed a costruzioni di servizio (eventuale impianto di trattamento delle acque). La zona di tutela assoluta è stata applicata anche nell'intorno dei bacini di accumulo con raggio di 40 metri.



Zona di rispetto

La legge definisce due diversi modi per definire la zona di rispetto: il criterio idrogeologico e quello geometrico.

La zona di rispetto definita con il criterio idrogeologico è costituita da una porzione di cerchio di raggio non inferiore a 200 metri, con centro nel punto di captazione, che si estende idrogeologicamente a monte dell'opera di presa ed è delimitata lateralmente dai limiti del bacino di alimentazione.

Nella zona di rispetto sono vietate le seguenti attività o destinazioni (Art.94 D.Lgs. 152/06 e s.m.i.):

- dispersione, ovvero immissione in fossi non impermeabilizzati, di reflui, fanghi e liquami anche se depurati;
- accumulo di concimi organici;
- dispersione nel sottosuolo di acque bianche provenienti da piazzali o strade;
- aree cimiteriali;
- spandimento di pesticidi e fertilizzanti;
- apertura di cave e pozzi;
- discariche di qualsiasi tipo, anche se controllate;
- stoccaggio di rifiuti, reflui, prodotti, sostanze chimiche pericolose, sostanze radioattive;
- centri di raccolta, demolizione e rottamazione degli autoveicoli;
- pascolo e stazzo di bestiame.

Nelle zone di rispetto è vietato l'insediamento di fognature e pozzi perdenti; per quelli esistenti si adottano, ove possibile, le misure necessarie per il loro allontanamento.

Fascia di rispetto di inedificabilità assoluta per i corsi d'acqua

Per quanto riguarda le acque pubbliche, come stabilito dal R.D. 523/1904 art. 96, lettera f, stabilisce che per quelle aree ove manca una disciplina locale relativamente a "fabbriche e scavi", sia osservata una fascia di rispetto di 10 metri di larghezza in corrispondenza di ciascuna sponda del corso d'acqua. Questa informazione è stata



riportata esclusivamente nell'elaborato 15 per motivi di visibilità connessi alla scala di lavoro.

Sulla base dell' Art. 94 del D.lgs. n°152 del 03.04.2006 nella zona di rispetto di una captazione da acquifero non protetto:

- Non è consentita la realizzazione di fosse settiche pozzi perdenti, bacini di accumulo di liquami e impianti di depurazione;
- È in generale opportuno evitare la dispersione di acque meteoriche, anche provenienti da tetti, nel sottosuolo e la realizzazione di vasche di laminazione e di prima pioggia
- Per la progettazione e la costruzione degli edifici e delle infrastrutture di pertinenza non possono essere eseguiti sondaggi e indagini di sottosuolo che comportino la creazione di vie preferenziali di possibile inquinamento della falda
- Le nuove edificazioni possono prevedere volumi interrati che non dovranno interferire con la falda captata, in particolare dovranno avere una distanza non inferiore a 5 m dalla superficie freatica, qualora l'acquifero freatico sia oggetto di captazione

Inoltre, in tali zone non è consentito:

- La realizzazione, a servizio delle nuove abitazioni, di depositi di materiali pericolosi non gassosi, anche in serbatoi di piccolo volume a tenuta, sia sul suolo sia nel sottosuolo (stoccaggio di sostanze chimiche pericolose ai sensi dell'art.94, comma 4, lettera i) del D.Lgs. 152/06);
- L'insediamento di condotte per il trasporto di sostanze pericolose non gassose;
- L'utilizzo di diserbanti e fertilizzanti all'interno di parchi e giardini, a meno di non utilizzare sostanze antiparassitarie che presentino una ridotta mobilità nei suoli.

24.7 - SMALTIMENTO DELLE ACQUE REFLUE

Reti Fognarie Interne

Per i nuovi insediamenti dovrà essere fatto obbligo la realizzazione di reti fognarie interne separate rispettivamente per il convogliamento di:



- acque domestiche (da servizi igienici, cucine, ecc.);
- acque di processo;
- acque meteoriche e/o raffreddamento senza contatto.

Per gli insediamenti esistenti che non abbiano rete fognarie separate, si dispone:

- è facoltà dell'autorità competente al rilascio o al rinnovo dell'autorizzazione allo scarico, fissare tempi di adeguamento per la realizzazione delle suddette reti, su indicazioni vincolanti da parte dell'Ente gestore Impianto di depurazione.
- in mancanza di reti interne separate il flusso delle acque reflue misto è da considerarsi a tutti gli effetti scarico di acque di processo e soggetti a tutte le prescrizioni conseguenti.

L'immissione in fognatura di acque reflue raccolte separatamente può avvenire in un solo punto purché questo sia preceduto da idoneo pozzetto in cui confluiscono distintamente le acque da ogni rete così da consentire l'idonea caratterizzazione.

Obbligo di Immissione in Pubblica Fognatura

Gli scarichi degli insediamenti civili, qualificati domestici o assimilabili a quelli domestici, ubicati in zone servite da pubblica fognatura, devono obbligatoriamente immettere le proprie acque reflue nella pubblica fognatura, purché osservino il Regolamento fognario Comune e/o consortile nonché le normative di legge in vigore.

Per gli scarichi degli insediamenti produttivi, l'autorizzazione all'allacciamento e l'autorizzazione allo scarico, è subordinata alla verifica, da parte dell'Ente Gestore del servizio di fognatura e depurazione, della compatibilità degli scarichi con la potenzialità dei sistemi di convogliamento e depurazione disponibili.



Le costruzioni, nuove o esistenti, ubicate in zone non servite da fognatura pubblica, dovranno attenersi, per lo scarico delle proprie acque di rifiuto, alle disposizioni stabilite dal Decreto Legislativo 152/06 e s.m.i. e R.R. 24 Marzo 2006 n.2,3 e 4, loro modifiche ed integrazioni. In tal senso i comuni consorziati dovranno comunicare all'Ente Gestore dell'impianto di depurazione i futuri piani regolatori al fine di valutare congiuntamente la qualità e quantità dei reflui afferenti e le zone servite dalla pubblica fognatura.

Per gli insediamenti produttivi, sono obbligati, in zone servite da pubblica fognatura, a scaricare i propri reflui domestici, in pubblica fognatura, se non vengono trattati da un impianto di depurazione.

Le tombinature ed i lavandini in dotazione ad autorimesse e corselli, devono obbligatoriamente immettersi nella rete acque nere, è vietata la loro immissione direttamente in pozzi perdenti.

Smaltimento delle Acque di Prima Pioggia e di Lavaggio

Sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm, uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio.

Ai fini del calcolo delle portate si stabilisce che tale valore si verifichi in quindici minuti. I coefficienti di afflusso alla rete si assumono pari ad 1 per le superfici coperte, lastricate o impermeabilizzate e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici coltivate, di cui al R.R. 24/03/2006 n.4 e D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

Per la separazione delle acque di prima pioggia non dovranno essere utilizzati i pozzetti prefabbricati in quanto gli stessi non separano solo le acque di prima



pioggia, ma per tutto l'evento meteorico fanno confluire il refluo anche in pubblica fognatura. Dovranno pertanto essere create delle vasche dimensionate in modo esatto per contenere solo le acque di prima pioggia. Una volta riempita la vasca, tramite l'utilizzo di una sonda di livello (galleggiante) una paratoia dovrà chiudere l'entrata, il rimanente refluo e cioè l'acqua di seconda pioggia, dovrà trovare diverso recapito dalla fognatura. Al termine dell'evento meteorico, tramite una pompa, la vasca dovrà svuotarsi per la successiva pioggia in un arco di tempo di 24 ore.

Scarico sul Suolo e negli Strati Superficiali del Sottosuolo

È proibito immettere sul suolo e negli strati superficiali del sottosuolo scarichi provenienti da stabilimenti industriali e civili fatta eccezione per l'impossibilità tecnica o l'eccessiva onerosità a fronte dei benefici ambientali conseguibili, purché gli stessi siano conformi ai criteri ed ai valori-limite di emissione fissati dalla Tabella 4 dell'allegato 5 del Decreto Legislativo 03/04/2006, n.152 e s.m.i., ovvero, se più restrittivi, ai limiti fissati dalle normative regionali vigenti.

I titolari degli insediamenti produttivi o civili, aventi scarichi sul suolo e negli strati superficiali del sottosuolo, devono provvedere a loro cura e spese alla bonifica dei terreni e delle superfici drenanti delle opere utilizzate per la dispersione.

L'Ente Gestore del servizio di fognatura valuterà caso per caso, se le acque raccolte dai pluviali, possono essere recapitate direttamente sul suolo e negli strati superficiali del sottosuolo attraverso pozzetti e canali a tenuta, tutto ciò in modo tale che non permetta l'infiltrazione di altri scarichi e che si raggiunga una profondità congrua a toccare gli strati permeabili del sottosuolo.

Le acque provenienti dalle aree di pertinenza degli insediamenti produttivi, quali depositi scoperti, parcheggi, cortili di transito e/o carico e scarico di veicoli, non devono mai essere direttamente assorbite, ma devono essere convogliate



separatamente, in modo da sversare quelle di prima pioggia in pubblica fognatura, e disperdere le restanti sul suolo ovvero negli strati superficiali del sottosuolo.

L'autorizzazione verrà rilasciata dall'autorità competente per i casi previsti dalla normativa vigente tenendo conto anche dei criteri geologici previsti come supporto al Piano di Governo del Territorio nonché al DM 11 marzo 1998 del Ministero dei Lavori Pubblici e DM 14 gennaio 2008 "Testo Unico – Norme Tecniche per le Costruzioni".

Al fine di un corretto calcolo del dimensionamento dei pozzi perdenti si dovranno prendere in considerazione sia le caratteristiche geologiche, al fine di valutare il potere assorbente del terreno, nonché idrologici per la determinazione del calcolo idraulico.

La relazione geologica dovrà contenere:

- inquadramento geografico e geologico con indicazione delle coordinate geografiche e chilometriche per la localizzazione del pozzo perdente;
- inquadramento idrografico ed idrogeologico con particolare attenzione alla soggiacenza della falda acquifera;
- inquadramento climatologico con particolare attenzione alle precipitazioni massime nell'ambito giornaliero (calcolo delle precipitazioni intense);
- determinazione del coefficiente di permeabilità e la capacità disperdente della coltre superficiale – considerazioni sulla granulometria dei terreni secondo la tabella di seguito riportata;
- calcolo volumetrico delle acque da smaltire;
- dimensionamento dei pozzi perdenti.

Scarichi in Acque Superficiali

Gli scarichi di acque reflue in acque superficiali, devono essere conformi ai limiti di emissione indicati nella Tabella 3 dell'allegato 5 del Decreto Legislativo 03/04/2006, n.152, successive modifiche ed integrazioni, le acque reflue urbane



sono altresì soggette al rispetto dei limiti di cui alle tabella 1 e 2 del D.lgs 152/06 e s.m.i.

Lo scarico deve essere regolarmente autorizzato dall'autorità competente.

Scarico Acque di Raffreddamento

È vietato lo scarico di acque di raffreddamento nei collettori fognari comunali.

Per tali acque occorre dare corso ad operazioni di ricircolo, ovvero trovare un recapito alternativo, secondo le prescrizioni dell'Ente Gestore dell'impianto di depurazione.

Per gli scarichi delle acque di raffreddamento degli insediamenti già esistenti, l'Ente Gestore dell'impianto di depurazione, valuterà caso per caso tenendo conto anche della portata di ciascuno scarico la possibilità di immissione in pubblica fognatura.



25 - GLOSSARIO

Aliasing. Effetto indesiderato che consiste nella creazione di una frequenza falsa (λ), non esistente nel segnale reale, dovuta a fenomeni di sottocampionamento.

Amplificazione/deamplificazione sismica. Incremento/decremento nell'ampiezza del segnale sismico rispetto ad un'ipotetica roccia di base (bedrock) al propagarsi delle onde, in funzione della frequenza e del livello di scuotimento.

Analisi di Fourier. Operazione matematica che permette di passare, nella descrizione di un segnale, dal dominio dei tempi al dominio della frequenza. In altre parole consente di descrivere una serie temporale (ad esempio una registrazione del movimento al suolo nel tempo) attraverso le componenti relative di fase e di ampiezza in funzione della frequenza (spettro di fase o di ampiezza o di potenza).

Bedrock. Roccia in affioramento o alla base di sedimenti sciolti.

Curva di dispersione. E' la curva che rappresenta l'andamento della velocità di fase dell'onda di Rayleigh in funzione della frequenza.

Densità. Indicata con r , è il rapporto tra massa e volume del mezzo.

Discontinuità sismiche. Livelli all'interno del profilo litostratigrafico in corrispondenza dei quali si verificano nette variazioni di velocità delle onde sismiche (e pertanto delle proprietà elastiche dei litotipi).

Doppia risonanza. Vd. *Risonanza doppia*.

Frequenza naturale (o fondamentale). E' la frequenza a cui un sistema, eccitato da un impulso, vibra con maggior ampiezza. E' il reciproco del periodo fondamentale.

Guida d'onda. Si intende per guida d'onda il fenomeno per cui un campo di onde tende a rimanere confinato entro un canale (es. un tubo o una fibra in ottica) a causa delle riflessioni delle onde con l'interfaccia di confinamento. In sismica il fenomeno si verifica nei mezzi stratificati, quando sopra e sotto lo strato i -esimo si hanno brusche variazioni di impedenza. Il fenomeno riguarda ad es. le onde di Love dove il mezzo di confinamento è dato dalla superficie libera in alto e, per es., dal bedrock, verso il basso.

Impedenza sismica. Prodotto Z tra la densità del terreno r e la velocità delle onde sismiche V , che varia fra strati differenti di terreno. Il contrasto di impedenza sismica fra strati di roccia adiacenti influisce sul coefficiente di riflessione. Il contributo maggiore alle variazioni di impedenza sismica è dato dalle variazioni di V , piuttosto che di r .

Microtremori. Rumore sismico ambientale, caratterizzato da oscillazioni di piccola ampiezza, provocate da sorgenti naturali o antropiche (onde del mare, vento, piccoli movimenti terrestri, traffico ecc.). I microtremori sono costituiti da tutti i tipi di onde sismiche, ma generalmente, in maggior misura, da onde superficiali di Rayleigh e di LOVE.

Microzonazione. Complesso di studi che prevede quale prodotto finale di sintesi una mappa del territorio nella quale sono indicate:

- le zone in cui il moto sismico viene amplificato (e come) a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e geomorfologiche del territorio;
- le zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione dissesti del suolo indotti dal sisma (frane, assestamenti, liquefazioni, fagliazioni superficiali).

Onde P. Sono le onde sismiche più veloci e vengono anche chiamate *primae* o di compressione. La vibrazione si sviluppa nella stessa direzione di propagazione delle onde. Sono onde di volume e si propagano con velocità V_P .

Onde di Love (L). Onde sismiche generate dall'intrappolamento delle onde S confinate e riflesse tra due strati con diversa impedenza sismica (fenomeno di guida d'onda, vd.). Si propagano con velocità V_L .

Onde di Rayleigh (R). Onde sismiche generate dall'interazione tra onde di volume P ed S. Hanno velocità (V_R) prossima a quella delle onde S (V_S), in particolare $0.87 < V_R / V_S < 0.96$.

Onde S. Sono le onde sismiche che giungono per seconde. Sono chiamate anche *secundae* o trasversali e la vibrazione avviene perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda sismica. Sono onde di volume e si propagano con velocità V_S . Sono le onde più dannose per le



strutture durante i terremoti in quanto, giungendo in superficie con incidenza quasi verticale, producono spinte orizzontali sui terreni e sugli edifici fondati su di essi. Gli edifici, che sopportano bene gli sforzi di compressione, generalmente soffrono invece molto la presenza di sforzi di taglio.

Onde di superficie. Termine generico per indicare le onde di Rayleigh e di Love, onde il cui campo di vibrazione è la superficie della crosta. La loro energia si disperde meno rapidamente delle onde di volume; esse pertanto tendono a dominare il campo lontano dalla sorgente.

Onde di volume. Termine generico per indicare le onde S e P. La loro energia si disperde più rapidamente delle onde di superficie, pertanto tendono a dominare il campo vicino alla sorgente.

Risonanza. E' la tendenza di un sistema ad oscillare con maggior ampiezza quando eccitato da energia ad una specifica frequenza, detta *frequenza naturale* di vibrazione del sistema, autofrequenza o *frequenza di risonanza*.

Nel caso degli edifici la risonanza è controllata dalle geometrie e dai materiali di costruzione mentre la frequenza di risonanza è controllata principalmente dall'altezza. La frequenza naturale di risonanza di un edificio può essere stimata, in prima approssimazione, dividendo 10 Hz per il numero dei piani dell'edificio.

Risonanza doppia. Tutte le strutture hanno una frequenza naturale alla quale la sovrapposizione di energia alla stessa frequenza amplifica il moto. Un analogo di facile comprensione è l'esempio di un bimbo su un'altalena. Se egli verrà spinto ad una frequenza casuale, l'altalena tenderà generalmente a fermarsi. Se invece la spinta sarà applicata all'istante giusto ad ogni oscillazione (cioè alla giusta frequenza), il dondolio dell'altalena aumenterà in modo eclatante. Allo stesso modo, se il moto sismico indotto dal terremoto eccita la base di un edificio a frequenze prossime a quelle di risonanza naturale dell'edificio stesso, l'amplificazione del moto risultante può diventare distruttiva e portare al collasso della struttura.

Scuotimento. E' la vibrazione del terreno indotta da un'onda sismica. Lo scuotimento in un sito può essere incrementato dalla focalizzazione dell'energia sismica causata da particolari condizioni geometriche del sottosuolo o geomorfologiche (forma di un bacino sedimentario, cresta, ecc...).

Slant-stack. Sovrapposizione obliqua. In questo lavoro questa procedura matematica rappresenta il primo passo nella creazione delle curve di dispersione.

Vs30. E' il valore medio della velocità delle onde S nei primi 30 m di sottosuolo.



26 - RICHIAMI NORMATIVI

Qui di seguito si fa un elenco dei principali riferimenti normativi in materia geologico tecnica e ambientale, a cui occorre fare riferimento nella programmazione e nella gestione del territorio:

Legge 523/1904: nell'art.96 prevede una distanza di 10 m dai corsi d'acqua entro la quale è interdetta l'edificazione.

R.D. 08.05.1904 n°368: regolamento per la esecuzione del T.U. della L. 22 marzo 1900 n°195 e della L. 7 luglio 1902 n° 333 sulle bonificazioni delle paludi e dei terreni paludosi

R.D. 14 agosto 1920 n° 1285: regolamento per le derivazioni ed utilizzazioni di acque pubbliche

D.M. 16 dicembre 1923: norme per la compilazione dei progetti di massima e di esecuzione a corredo di domande per grandi e piccole derivazioni di acqua.

R.D. 11 dicembre 1933 n° 1775 - Approvazione del testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici.

R.R 09.01.1982 n° 2 e n° 3; L.R. 13.12.1983 n° 94; L.R. 14.12.1983 n° 99; L.R. 10.09.1984 n° 54; D.L. 05/02/94 n° 22 (Ronchi), D.P.R. 10.09.82 n° 915, contengono le norme per lo smaltimento e lo stoccaggio dei rifiuti, la realizzazione e gestione delle discariche. Queste norme sono integrate e specificate con la Circolare Regionale n° 973 del 15.01.1986 e con la deliberazione della Giunta Regionale del 02.05.1991 n.5/8462.



Legge Regionale n° 8 del 05.04.1976, legge forestale regionale: in questa legge sono descritti i terreni soggetti a vincolo idrogeologico.

Decreto 8 gennaio 1997 n° 99: reca il regolamento sui criteri e sul metodo in base ai quali valutare le perdite degli acquedotti e delle fognature.

Delibera 4 febbraio 1977: reca i criteri, le metodologie e norme tecniche generali di cui all'art. 2 lettere b), d) ed e) della Legge 10.05.76 n° 319 recante le norme per la tutela delle acque dall'inquinamento

DPR 24 maggio 1977: formula tipo per la determinazione del canone e l'applicazione della tariffa di cui all'art. 16 della legge 10.05.76 n° 319 recante le norme per la tutela delle acque dall'inquinamento, e penalità per omessa, infedele o ritardata denuncia o per l'omesso e ritardo pagamento.

DPR n° 616 del 24.07.1997: attuazione della delega di cui all'art. 1 della L. 22.07.1975 n° 382

Legge Regionale n° 44 del 29.04.1980: disciplina della ricerca, coltivazione e utilizzo delle acque minerali e termali

Circolare n° 38/SAN/83 del 22 luglio 1983 della Regione Lombardia - Settore Sanità e Igiene, Servizio Igiene Pubblica. Direttiva per la vigilanza e i controlli sulle acque destinate al consumo umano.

Nota n° 1838 del 23.01.1984 della Regione Lombardia - Settore Sanità e Igiene, Servizio Igiene Pubblica. Nota integrativa alla Circolare n° 38/SAN/83 sulle acque destinate al consumo umano.



Legge 04 agosto 1984 n° 464: reca le norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio geologico della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale.

Legge Regionale 27 maggio 1985 n° 62: disciplina degli scarichi degli insediamenti civili e delle pubbliche fognature - Tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento.

Legge 431 del 08.08.1985: individua le zone da sottoporre a vincolo e a salvaguardia ambientale, tra le quali sono comprese le fasce adiacenti ai fiumi per una distanza di 50 metri dalle sponde. Questa legge prevede anche la redazione di Piani Paesistici ai quali gli strumenti di pianificazione locale devono adeguarsi.

DGR n° IV/3859 del 10.12.1985: individua delle aree di particolare interesse ambientale a norma della Legge 8 agosto 1985 n° 431.

DGR n° IV/12028 del 25.07.1986: in questo documento sono iscritti i corsi d'acqua classificati pubblici ai sensi del T.U. n° 1775 del 11.12.33.

Legge Regionale 33 del 21.06.1988: disciplina delle zone del territorio regionale a rischio geologico e sismico. Prevede la stesura da parte delle Provincie di un Piano Funzionale che definisca le zone da assoggettare a vincolo idrogeologico e le zone soggette a rischio geologico, nonché i criteri metodologici per la formazione degli strumenti urbanistici in tali aree. Per la Provincia di Bergamo tali Piani sono attualmente in fase di compilazione.

D.P.R. n° 203 del 24.05.88, attuazione della direttiva CEE n° 880/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a



specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto da grandi impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987 n° 183.

D.P.R. n° 236 del 24.05.88, attuazione della direttiva CEE n° 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della legge 16.04.1987 n° 183: definisce le zone di salvaguardia delle risorse idriche destinate al consumo umano, e stabilisce le modalità di intervento antropico consentito nelle stesse.

Decreto 11.03.88 del Ministero dei Lavori Pubblici: contiene dettagliate norme tecniche per la verifica della stabilità dei terreni, delle scarpate e per la progettazione delle opere di sostegno e di fondazione. Le istruzioni applicative sono state emanate con la Circolare Ministeriale n° 30483 del 24.09.1988.

Legge 18 maggio 1989 n° 183: prevede la suddivisione del territorio nazionale nei bacini idrografici maggiori, in modo da consentire interventi organici in materia di difesa del suolo e dell'assetto idrogeologico del territorio. Lo strumento di programmazione è costituito dai Piani di Bacino.

Legge Regionale 59/90 e 56/89 Istituzione del Parco delle Orobie Bergamasche

Regione Lombardia, Circolare del Settore Ambiente e Energia: "Direttive in materia di scarichi idrici e tutela delle acque sotterranee dallo inquinamento", D.G.R. n° 54023 del 03.06.1994, pubb. B.U.R.L. n° 33 del 10.08.1994, III supplemento straordinario.

Decreto 26 marzo 1991 del Ministero della Sanità: reca le norme tecniche di prima attuazione del DPR 236/88 relativo all'attuazione della direttiva CEE n° 80/778



concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della legge 16.04.1987 n° 183.

D.P.C.M. del 01.03.1991: limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.

D.L. n° 277 del 15.08.1991: reca le disposizioni in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro.

DGR n° V/22502 del 13.05.1992: reca le direttive ai Servizi Provinciali del Genio Civile per l'esercizio delle deleghe in materia di autorizzazioni alla ricerca e di concessioni delle acque sotterranee.

DGR n° V/28369 del 14.10.1992: con questo documento la Regione Lombardia da disposizione in ordine alla durata delle concessioni di piccole derivazioni d'acqua ad uso industriale.

Deliberazione della Giunta Regionale 18.05.1993 n.5/36147, pubblic. B.U.R.L. n° 28 del 16.07.1993, Il supplemento straordinario: con questo documento la Regione Lombardia detta i criteri e gli indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione locale.

Decreto Legislativo 12 luglio 1993 n° 275: reca il riordino in materia di concessioni di acque pubbliche.

Legge 5 gennaio 1994 n° 36 (Galli): disposizioni in materia di risorse idriche



Legge 5 gennaio 1994 n° 37: norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche

DGR n° V/50599 del 07.04.1994: modalità concernenti gli adempimenti previsti dall'art. 10 del d.lgs n° 275 del 12.07.93 e approvazione modello di denuncia.

Decreto Legge 17 marzo 1994 n° 177: reca le modifiche alla disciplina degli scarichi delle pubbliche fognature e degli insediamenti civili che non recapitano in pubbliche fognature.

Circolare del settore ambiente e energia approvata con DGR n° 54023 del 03.06.1994: direttive in materia di scarichi idrici e di tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento.

Legge n° 447 del 26.10.1995: legge quadro sull'inquinamento acustico

D.P.C.M. del 14.11.1997: determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore.

DGR n° VI/15137 del 27.06.1996: reca le direttive per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee (pozzi e sorgenti) destinate al consumo umano (art. 9, punto 1, lett. f) del DPR 24 maggio 1988 n° 236.

Legge Regionale 24 novembre 1997 n° 41: prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti.

Legge Regionale 9 giugno 1997 n° 18: riordino delle competenze e semplificazioni delle procedure in materia di tutela dei beni ambientali e di piani paesistici.
Subdeleghe agli Enti locali



DGR n° VI/30194 del 25/07/97: deleghe della Regione Lombardia agli Enti locali per la tutela del paesaggio. Criteri per l'esercizio delle funzioni amministrative ai sensi della legge regionale 9 giugno 1997 n° 18

Legge Regionale 8 agosto 1998 n° 14: reca le nuove norme per la disciplina della coltivazione di sostanze minerali di cava.

Legge Regionale 20 Ottobre 1998 n° 21: organizzazione del servizio idrico integrato e individuazione degli ambiti territoriali ottimali in attuazione della legge 5 gennaio 1994 n° 36 "Disposizioni in materia di risorse idriche"

Legge Regionale n° 142 del 04.11.1998: reca le disposizioni in materia di tasse sulle concessioni regionali ed in particolare l'art. 3 p.to 1, ai sensi dell'art 89 comma 1 lett. i) del D.Lgs del 31.03.1998 n° 112 tutte le acque sotterranee e superficiali raccolte in corsi d'acqua ed invasi insistenti nel territorio lombardo sono considerate pubbliche.

D.G.R. 15 gennaio 1999 - n° 6/40996: approvazione delle "Legende di riferimento per la predisposizione della carta geologica, geomorfologica ed idrogeologica e dei colori per la redazione delle 4 classi della carta della fattibilità" e dell'ulteriore documentazione da allegare allo studio geologico previsto dalla legge regionale 24 novembre 1997, n° 41.

Decreto Legislativo n° 152 del 11.05.1999: disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.



Deliberazione 11 maggio 1999: Adozione del progetto di piano stralcio per l'assetto idrogeologico (deliberazione n° 1 /99)

Deliberazione Giunta Regionale 2 dicembre 2001 n°7/7365: Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) in campo urbanistico. Art. 17, comma 5, della legge 18 maggio 1989 n°183

D.C.R. 15 gennaio 2002 n° VII/402: piano regionale di risanamento delle acque settori funzionali pubblici servizi acquedotto, fognatura, collettamento e depurazione (l.r. 32/80 e l.r. 58/84)

Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003: primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza n° 3274)

D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693: Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto (art.21, comma 6 del D.Lgs 152/99 e successive modificazioni)

Decreto Legislativo 03 Aprile 2006 n°152 Norme in materia ambientale

Decreto Ministeriale 14 Settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni"

Legge Regionale 11 Marzo 2005, n°12, Art. 57 Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio

Delibera Giunta Regionale 22 Dicembre 2005 n°8/1566 Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n°12



Regolamento Regionale 24 Marzo 2006 n.2 Disciplina all'uso delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'art.52, comma 1, lettera c) della L.R. 12.12.2003, n.26

Regolamento Regionale 24 Marzo 2006 n.3 Disciplina e regime autorizzatorio degli scarichi di acque reflue domestiche e di reti fognarie in attuazione dell'art.52, comma 1, lettera a) della L.R. 12.12.2003, n.26

Regolamento Regionale 24 Marzo 2006 n.4 Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e lavaggio delle aree esterne in attuazione dell'art.52, comma 1, lettera a) della L.R. 12.12.2003, n.26

D.M. 14 Gennaio 2008 Testo Unico - Nuove Norme Tecniche delle Costruzioni (G.U. n.29 del 04.02.2008 – Supplemento Ordinario n.30)

Decreto Legislativo 16 Gennaio 2008 n. 04 Ulteriori modifiche al D. Lgs. 3 Aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale



27 - BIBLIOGRAFIA

Per la redazione dello studio geologico sono stati consultati i seguenti riferimenti principali:

1. Carta Geologica della Provincia di Bergamo e relative Note Illustrative (Provincia di Bergamo, 2000)
2. Inventario dei Fenomeni Franosi della Regione Lombardia, consultabile su www.cartografia.regione.lombardia.it
3. SIRVAL – Sistema Informativo Regionale Valanghe, consultabile su www.cartografia.regione.lombardia.it
4. Criteri attuativi L.R. 12/2005 per il Governo del Territorio – Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio (Bollettino Ufficiale Regione Lombardia n. 13 – edizione speciale del 28 marzo 2006 e successive integrazioni)
5. Atlante dei dissesti P.A.I. e delle fasce fluviali, consultabile su www.adbpo.it
6. Studio di dettaglio del conoide della Val Gola (Studio G.E.A., 2007)
7. Opere di regimazione idraulica del torrente “Valle Supine” secondo il programma stralcio di interventi urgenti per la riduzione del rischio idrogeologico (Studio G.E.A., 2008)
8. Studio di dettaglio dell’area a rischio idrogeologico molto elevato del conoide della Valle Supine (Studio G.E.A., 2005)
9. Indagine geologica relativa al fenomeno dei “boati” in Val Supine e resoconto del sopralluogo aereo (Studio G.E.A., 2007)
10. Verifica idraulica sul Fiume Oglio in Comune di Costa Volpino – valutazione delle condizioni di rischio nel territorio della fascia C delimitato come “limite di progetto tra la fascia B e la fascia C” (Studio G.E.A., 2002)
11. Studio geologico di supporto al Piano Regolatore Generale (GeoTer, 1999)
12. Integrazione alla indagine geologica di supporto al Piano Regolatore Generale ai sensi della L.R. 41/97 (Studio G.E.A., 2007)



13. Cartografia Geoambientale della Regione Lombardia (Carta Litologica, Carta Geomorfologica, Carta Idrologica con Indicazioni inerenti la Permeabilità, Carta del Dissesto e della Pericolosità)
14. I fenomeni di sinkhole in Italia: terminologia, meccanismi genetici e problematiche aperte (Nisio et al., anno n/d)
15. Morfologie e sismicità del Preappennino Laziale (Pirro et al., 2003)
16. Censimento dei dissesti dovuti a cavità sotterranee in Italia – la scheda di rilevamento (Corazza, anno n/d)
17. La fluvionomia della Bergamasca (Mario da Sovere, 2001)
18. “Adeguamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio” del giugno 2008 – redatta a cura del Dott. Geol. Sergio Ghilardi, in collaborazione con l’Ing. Francesco Ghilardi e il Dott. Daniele Moro.
19. “Proposta preliminare degli interventi inerenti la messa in sicurezza del tratto in sinistra idrografica del Fiume Oglio a valle del ponte della strada S.S. 42” del novembre 2013 – redatta a cura del Dott. Geol. Sergio Ghilardi.

I dati inerenti pozzi e sorgenti situati nel territorio comunale o nel territorio di comuni limitrofi sono stati consultati presso la Provincia di Bergamo.

I dati climatologici sono derivati dalla bibliografia, ed i più recenti derivano in particolare dall’indagine Studio di dettaglio dell’area a rischio idrogeologico molto elevato del conoide della Valle Supine (op. cit., 2005).



COMUNE DI
COSTA VOLPINO

P.G.T.
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA
A CURA DI DOTT. DIEGO MARSETTI REL. RG/10440-REV03/12

COMUNE DI COSTA VOLPINO

Piazza Caduti di Nassiriya, 3 - Costa Volpino (BG)

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL
PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO, IN ATTUAZIONE DELLA
L.R. 11 MARZO 2005, N.12**

Allegato 1 – Schede dei pozzi e delle sorgenti

P1

id pratica BG0137532001 Codice faldone 5102 n. captazione 1

Descrizione Pozzo Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio Mappale 621

Tipo pratica Nuova Stato pratica Attiva

Data domanda 25/6/2001 Inizio concessione 10/8/1999 Fine concessione 9/8/2029

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
27	0	Potabile

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
COMUNE DI COSTA VOLPINO	VIA NAZIONALE 143	COSTA VOLPINO	BG

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		1800	Ghiaie, sabbie e ciottoli, con livelli conglomeratici
2	1800	4200	Sabbie e ghiaie

Note prelievo L.S.=-19 m

P2

id pratica BG037911995 **Codice faldone** 00783/XX/95 **n. captazione** 1

Descrizione Pozzo **Nome pratica** //

Comune COSTA VOLPINO **Località Foglio Mappale** 619

Tipo pratica Nuova **Stato pratica** Chiusa

Data domanda 13/9/1995 **Inizio concessione** // **Fine concessione** //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0	0	Uso domestico

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
AGLIARDI LUIGI		COSTA VOLPINO	BG

Note prelievo Innaffiamento giardino

P3

id pratica BG0120121993 Codice faldone 1541 n. captazione 1

Descrizione Pozzo Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio Mappale //

Tipo pratica Rinnovo Stato pratica In istruttoria

Data domanda 23/12/1993 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
15	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
SIAD	VIA SAN BENDARDINO 92	BERGAMO	BG

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		1200	Ghiaie, sabbie e ciottoli
2	1200	500	Limi e limi sabbiosi
3	1700	400	Ghiaie, sabbie e ciottoli
4	2100	4000	Ghiaie e sabbie

Note prelievo L.S.=-4,00 m

P4

id pratica BG0114341995 Codice faldone 2472 n. captazione 4

Descrizione Pozzo Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio 10R Mappale 3205

Tipo pratica Variante Stato pratica Attiva

Data domanda 23/5/1995 Inizio concessione 10/8/1999 Fine concessione 9/8/2029

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
16	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
DALMINE TUBI INDUSTRIALI	PIAZZA CADUTI 6 LUGLIO 1	DALMINE	BG

Informazioni colonna

N. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n.filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	106	40,6	14	25	104

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		120	Terreno vegetale e ghiaia
2	120	1320	Ghiaia e ciottoli
3	1440	310	Ghiaietto e sabbia media grigio scura
4	1750	290	Argilla cenere sabbiosa
5	2040	1430	Ghiaia, ghiaietto con sabbia media grigia
6	3470	730	Ghiaietto con sabbia media grigia
7	4200	90	Sabbia fine grigia
8	4290	390	Ghiaietto e sabbia media grigia
9	4680	420	Sabbia grossa con ghiaietto e ghiaia
10	5100	310	Sabbia media grigia

11	5410	170	Sabbia fine grigia
12	5580	2590	Ghiaia, ghiaietto con sabbia media grigia scura
13	8170	290	Sabbia media scura con ghiaietto
14	8460	60	Argilla torbosa
15	8520	750	Sabbia media con ghiaia e ghiaietto
16	9270	50	Argilla cenere sabbiosa
17	9320	350	Sabbia media scura con ghiaietto
18	9670	150	Sabbia fine grigia
19	9820	630	Sabbia media con ghiaietto e ghiaia
20	10450	270	Argilla cenere sabbiosa
21	10720	430	Sabbia fine argillosa

Note prelievo L.S.=-3,50 m; L.D.=-25,50 m

P5

id pratica BG0114341995 Codice faldone 2472 n. captazione 5

Descrizione Pozzo Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio 10R Mappale 3205

Tipo pratica Variante Stato pratica Attiva

Data domanda 23/5/1995 Inizio concessione 10/8/1999 Fine concessione 9/8/2029

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
DALMINE TUBI INDUSTRIALI	PIAZZA CADUTI 6 LUGLIO 1	DALMINE	BG

Informazioni colonna

N. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n.filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	110	41,2	11	15	107

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		50	Terreno vegetale
2	50	1070	Ghiaia e ciottoli
3	1120	260	Ghiaia grossa e ghiaietto e sabbia media grigia
4	1380	440	Ghiaia, ghiaietto e sabbia media grigia
5	1820	380	Sabbia media grigia
6	2200	290	Sabbia finissima argillosa nera molto torbosa
7	2490	480	Ghiaietto e sabbia media grigia scura
8	2970	480	Sabbia grossa grigia
9	3450	1110	Ghiaia, ghiaietto e sabbia grossa grigia
10	4560	380	Ghiaietto e sabbia media grigia scura

11	4940	1290	Ghiaia, ghiaietto e sabbia media grigia scura
12	6230	270	Argilla cenere sabbiosa
13	6500	210	Sabbia grossa e ghiaietto grigio
14	6710	120	Argilla cenere scura sabbiosa
15	6830	330	Ghiaietto e sabbia media grigia
16	7160	460	Argilla cenere scura sabbiosa
17	7620	1360	Ghiaietto e sabbia media grigia
18	8980	100	Argilla cenere scura sabbiosa
19	9080	1920	Ghiaietto e sabbia grossa grigia

Note prelievo L.S.=-3,30 m; L.D.=-19,50 m

P6

id pratica BG0114341995 Codice faldone 2472 n. captazione 3

Descrizione Pozzo Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio 10R Mappale 3205

Tipo pratica Variante Stato pratica Attiva

Data domanda 23/5/1995 Inizio concessione 10/8/1999 Fine concessione 9/8/2029

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
20	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
DALMINE TUBI INDUSTRIALI	PIAZZA CADUTI 6 LUGLIO 1	DALMINE	BG

Informazioni colonna

N. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n.filtri	Profondità inizio filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	110	31,5	8	25	98

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		50	Terreno di coltura
2	50	350	Ghiaia e sabbia
3	400	1300	Ghiaia e sabbia con ciottoli
4	1700	100	Argilla limosa sabbiosa di colore grigio
5	1800	1500	Ghiaia e sabbia grossolana di colore grigio
6	3300	1100	Limo grigio scuro con intervalli di lignite
7	4400	1900	Ghiaia con sabbia grossolana
8	6300	100	Limo sabbioso
9	6400	300	Ghiaia e ghiaietto
10	6700	1000	Sabbia grigia con poca ghiaia

11	7700	2200	Ghiaia e ghiaietto con sabbia grigia
12	9900	1800	Sabbia fine argillosa e argilla cenere

Note prelievo L.S.=-3,50 m; L.D.=-7,50 m

P7

id pratica BG0114341995 Codice faldone 2472 n. captazione 3

Descrizione Pozzo Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio 10R Mappale 3205

Tipo pratica Variante Stato pratica Attiva

Data domanda 23/5/1995 Inizio concessione 10/8/1999 Fine concessione 9/8/2029

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
6	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
DALMINE TUBI INDUSTRIALI	PIAZZA CADUTI 6 LUGLIO 1	DALMINE	BG

Informazioni colonna

N. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n.filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	65,83	25,3	1	8	45

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		1050	Ghiaia
2	1050	50	Argilla con ciottoli
3	1100	700	Ghiaia e sabbia
4	1800	850	Sabbia
5	2650	160	Torba limosa
6	2810	240	Ghiaiello e limo
7	3050	120	Sabbia con ciottoli
8	3170	160	Ghiaiello con sabbia
9	3330	70	Ghiaia
10	3400	600	Sabbia e ghiaia

11	4000	350	Ghiaia, ciottoli e sabbia
12	4350	150	Ciottoli e sabbia compatta
13	4500	1040	Ghiaia e sabbia
14	5540	1043	Ghiaietto e sabbia

Note prelievo L.S.=-3,80 m; L.D.=-16,82 m

P8

id pratica BG0114341995 Codice faldone 2472 n. captazione 3

Descrizione Pozzo Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio 10R Mappale 3205

Tipo pratica Variante Stato pratica Attiva

Data domanda 23/5/1995 Inizio concessione 10/8/1999 Fine concessione 9/8/2029

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
13	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
DALMINE TUBI INDUSTRIALI	PIAZZA CADUTI 6 LUGLIO 1	DALMINE	BG

Informazioni colonna

N. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n.filtri	Profondità inizio filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	88,5	41	8	13	83

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		780	Ghiaia grossa e ciottoli
2	780	240	Ghiaietto e sabbia grossa
3	1020	450	Ghiaia grossa con sabbia grossa
4	1470	350	Ghiaietto e sabbia grossa grigio scura
5	1820	170	Sabbia fine grigio scura
6	1990	260	Ghiaietto e sabbia grossa scura
7	2250	410	Sabbia grossa con granino
8	2660	60	Sabbia argillosa
9	2720	210	Ghiaietto granino e sabbia
10	2930	250	Sabbia fine argillosa

11	3180	200	Argilla scura
12	3380	240	Sabbia viva scura
13	3620	630	Argilla scura
14	4250	1600	Ghiaietto e sabbia viva grossa
15	5850	770	Sabbia limosa scura
16	6620	1830	Ghiaietto e sabbia viva grossa
17	8450	450	Sabbia argillosa scura

Note prelievo L.S.=-5,00 m; L.D.=-17,95 m

P3

id pratica BG034531990 Codice faldone 00471/XX/90 n. captazione 1

Descrizione Pozzo Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio Mappale 3125

Tipo pratica Nuova Stato pratica Attiva/Esonero canone

Data domanda 2/4/1990 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0	0	Uso domestico

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
FILIPPI PALMINO		COSTA VOLPINO	BG

Informazioni colonna

N. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n.filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	9	15	1	0	0

Note prelievo Innaffiamento giardino

P10

id pratica BG0123431995 Codice faldone 4968 n. captazione 1

Descrizione Pozzo Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio Mappale 380

Tipo pratica Nuova Stato pratica Attiva

Data domanda 30/6/1995 Inizio concessione 10/8/1999 Fine concessione 9/8/2029

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
2	0	Igienico

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
S.A.V. SOCIETA' AUTOSERVIZI VISIONI SRL	VIA M. POLO, 7	COSTA VOLPINO	BG

Informazioni colonna

N. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n.filtr i	Profondit à inizio primo filtro (m)	Profondit à fine ultimo filtro (m)
1	30	0	1	12	18

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		70	Materiale di riporto
2	70	80	Terra e sassi
3	150	150	Argilla grigia
4	300	600	Ghiaia viva
5	900	900	Sabbia con lenti do argilla
6	1800	1700	Fango grigio

Note prelievo L.S.=-2,20 m

P11

id pratica BG03132952008 **Codice faldone** 081/08 **n. captazione** 1

Descrizione Pozzo **Nome pratica** //

Comune COSTA VOLPINO **Località Foglio** 8/11 **Mappale** 418

Tipo pratica Nuova **Stato pratica** Attiva

Data domanda 25/11/2008 **Inizio concessione** 25/8/2012 **Fine concessione** 25/8/2042

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
20	0	Antincendio

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
NAVIGAZIONE LAGO D'ISEO SRL	VIA NAZIONALE 16	COSTA VOLPINO	BG

Note prelievo 0

P12

id pratica BG0342012005 Codice faldone 4969 n. captazione 1

Descrizione Pozzo Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio 12 Mappale 5145

Tipo pratica Subentro Stato pratica Attiva

Data domanda 20/1/2005 Inizio concessione 10/8/1999 Fine concessione 9/8/2029

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
2	0	Igienico

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
TERMOTECNICA SEBINA SRL	VIA CESARE BATTISTI, N. 68	COSTA VOLPINO	BG

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		350	Limi e limi sabbiosi
2	350	400	Ghiaie, ciottoli, sabbie limose
3	750	250	Sabbia limosa con raro pietrisco
4	1000	350	Ghiaia e sabbia limosa
5	1350	1150'	Ghiaia, ciottoli e sabbia limosa
6	2500	5000	Sabbia media con raro ghiaietto

Note prelievo L.S.=-3,50 m

P13

id pratica BG0345782007 Codice faldone 088/07 n. captazione 1

Descrizione Pozzo Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio 1 Mappale 9433

Tipo pratica Nuova Stato pratica In istruttoria

Data domanda 17/8/2007 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
4,28	0	Igienico

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
MEV IMMOBILIARE SRL	VIA CESARE BATTISTI, N. 68	COSTA VOLPINO	BG

Informazioni colonna

N. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità a inizio primo filtro (m)	Profondità a fine ultimo filtro (m)
1	15	22,5	1	12	15

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		100	Materiale di riporto
2	100	400	Ghiaia fine
3	500	1000	Ghiaia grossolana pulita

Note prelievo L.S.=-2,00 m da p.c.; L.D.=-4,00 m

P14

id pratica BG03118672007 Codice faldone 5133 n. captazione 1

Descrizione Pozzo Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località BAR DELLE ROSE Foglio 12/R Mappale 472

Tipo pratica Variante in sanatoria Stato pratica Attiva

Data domanda 11/12/2007 Inizio concessione 10/8/1999 Fine concessione 9/8/2014

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0,5	0	Igienico

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov
CIRCOLO NAUTICO BERSAGLIO	VIA ROMA 37	COSTA VOLPINO	BG

Informazioni colonna

N. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n.filtr i	Profondit à inizio primo filtro (m)	Profondit à fine ultimo filtro (m)
1	10	7,5	0	0	0

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		70	Terreno vegetale
2	70	930	Ghiaia sabbiosa

Note prelievo L.S.=-2,00 m

P15

id pratica BG0311923003 **Codice faldone** 00295/AT/03 **n. captazione** 1

Descrizione Pozzo **Nome pratica** //

Comune COSTA VOLPINO **Località Foglio** 12 **Mappale** 10088

Tipo pratica In sanatoria **Stato pratica** Rinunciata e/o dismessa

Data domanda 1/6/2003 **Inizio concessione** // **Fine concessione** //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
19	0	Zootecnico

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
RAIMONDI MARIO	VIA BENEDETTO CROCE	COSTA VOLPINO	BG

Note prelievo 0

P16

id pratica BG037931995 **Codice faldone** 00785/XX/95 **n. captazione** 1

Descrizione Pozzo **Nome pratica** //

Comune COSTA VOLPINO **Località Foglio Mappale** 8862

Tipo pratica Nuova **Stato pratica** Chiusa

Data domanda 13/9/1995 **Inizio concessione** // **Fine concessione** //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0	0	Uso domestico

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
TACCOLINI GIANPIERO		COSTA VOLPINO	BG

Note prelievo Innaffiamento giardino

P17

id pratica BG03160311992 Codice faldone 1491 n. captazione 1

Descrizione Pozzo Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio Mappale 884

Tipo pratica Rinuncia Stato pratica Rinunciata e/o dismessa

Data domanda 30/1/1992 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
19	0	Antincendio

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
PIETRO RAVANI S.P.A.	VIA CESARE BATTISTI 100	COSTA VOLPINO	BG

Informazioni colonna

N. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n.filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	9	0	0	0	0

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		60	Terriccio
2	60	500	Ghiaioso
3	560	200	Argilloso
4	760	140	Sabbioso

Note prelievo 0

P18

id pratica BG037921995 **Codice faldone** 00784/XX/95 **n. captazione** 1

Descrizione Pozzo **Nome pratica** //

Comune COSTA VOLPINO **Località Foglio Mappale** 2945/b

Tipo pratica Nuova **Stato pratica** Chiusa

Data domanda 13/9/1995 **Inizio concessione** // **Fine concessione** //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
19	0	Uso domestico

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
CASTELANELLI MARIO GIANPIERO		COSTA VOLPINO	BG

Note prelievo Innaffiamento giardino

P19

id pratica BG0114361992 Codice faldone 2370 n. captazione 1

Descrizione Pozzo Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località PIZZO Foglio Mappale 3512/A

Tipo pratica Nuova Stato pratica Chiusa

Data domanda 13/4/1992 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
40	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
BETON CAMUNA	VIA LEOPARDI	DARFO BOARIO TERME	BS

Informazioni colonna

N. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n.filtri	Profondità a inizio primo filtro (m)	Profondità a fine ultimo filtro (m)
1	39,5	40	1	22	34

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		400	Materiale di riporto
2	400	500	Ghiaione grossolano
3	900	1200	Limo
4	2200	1200	Ghiaia
5	3400	550	Sabbia argillosa

Note prelievo L.S.=-2,50 m; L.D.=-7,50 m

PISOL – S9

id pratica BG0138802001 **Codice faldone** 5084 **n. captazione** 2

Descrizione Sorgente **Nome pratica** //

Comune COSTA VOLPINO **Località Foglio** 4 **Mappale** 1084

Tipo pratica Nuova **Stato pratica** In istruttoria

Data domanda 28/3/2001 **Inizio concessione** // **Fine concessione** //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
1,63	0	Potabile

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
COMUNE DI BOSSICO	PIAZZA SAN PIETRO 2	BOSSICO	BG

FONTANA FREDDA – S3

id pratica BG017602000 Codice faldone 3482 n. captazione 3

Descrizione Sorgente Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio 4 Mappale 1084

Tipo pratica Nuova Stato pratica In istruttoria

Data domanda 29/12/2000 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
1	0	Potabile

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
COMUNE DI COSTA VOLPINO	VIA NAZIONALE 143	COSTA VOLPINO	BG

VESTER – S6

id pratica BG011731984 Codice faldone 2010 n. captazione 1

Descrizione Sorgente Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio 6 Mappale 1003-1285

Tipo pratica Nuova Stato pratica In istruttoria

Data domanda 3/9/1984 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0,3	0	Potabile

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
COMUNE DI COSTA VOLPINO	VIA NAZIONALE 143	COSTA VOLPINO	BG

VALLE PORCILE – S4

id pratica BG012131981 Codice faldone 1799 n. captazione 1

Descrizione Sorgente Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio 7 Mappale 471-605

Tipo pratica Nuova Stato pratica In istruttoria

Data domanda 30/1/1981 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
1	0	Potabile

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
COMUNE DI COSTA VOLPINO	VIA NAZIONALE 143	COSTA VOLPINO	BG

SAN CARLO – S8

id pratica BG017602000 Codice faldone 3482 n. captazione 4

Descrizione Sorgente Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio 7 Mappale 1263

Tipo pratica Nuova Stato pratica In istruttoria

Data domanda 29/12/2000 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0,1	0	Potabile

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
COMUNE DI COSTA VOLPINO	VIA NAZIONALE 143	COSTA VOLPINO	BG

CILIEGINA – S2

id pratica BG017602000 Codice faldone 3482 n. captazione 2

Descrizione Sorgente Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio 7 Mappale 440

Tipo pratica Nuova Stato pratica In istruttoria

Data domanda 29/12/2000 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0,4	0	Potabile

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
COMUNE DI COSTA VOLPINO	VIA NAZIONALE 143	COSTA VOLPINO	BG

CIAR – S1

id pratica BG017602000 Codice faldone 3482 n. captazione 1

Descrizione Sorgente Nome pratica //

Comune COSTA VOLPINO Località Foglio 10 Mappale 93

Tipo pratica Nuova Stato pratica In istruttoria

Data domanda 29/12/2000 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
5,5	0	Potabile

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
COMUNE DI COSTA VOLPINO	VIA NAZIONALE 143	COSTA VOLPINO	BG

PUNTEROLA - 13

id pratica BG012981971 Codice faldone 1181 n. captazione 3

Descrizione Sorgente Nome pratica //

Comune LOVERE Località Foglio Mappale 1710-6'7

Tipo pratica Nuova Stato pratica Attiva

Data domanda 23/4/1971 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
15	0	Potabile

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
COMUNE DI COSTA VOLPINO	VIA NAZIONALE 143	COSTA VOLPINO	BG



COMUNE DI
COSTA VOLPINO

P.B.T.
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA
A CURA DI DOTT. DIEGO MARSETTI REL. RG/10440-REV03/12

COMUNE DI COSTA VOLPINO

Piazza Caduti di Nassiriya, 3 - Costa Volpino (BG)

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO, IN ATTUAZIONE DELLA L.R. 11 MARZO 2005, N.12

**Allegato 2 – “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente
geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio”, in
attuazione dell’art. 57 della L.R. 12/2005 – ALLEGATO 5**

Vi informiamo che è possibile scaricare dal nostro sito www.geolomb.it il B.U.R.L. n. 3 terzo supplemento straordinario giovedì 19 gennaio 2006 “**Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12**”

ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI
SISMICI DI SITO IN LOMBARDIA FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELL’ASPETTO SISMICO NEI
PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO

PROCEDURE

1. Introduzione

Le presenti procedure sostituiscono la metodologia di analisi riportata in un precedente studio dal titolo “Determinazione del rischio sismico in Lombardia - 1996”, inserito come uno dei testi di riferimento nelle precedenti direttive regionali per la redazione dello studio geologico a supporto dei piani regolatori generali, in attuazione dell’art. 3 della l.r. 41/97, approvate con d.g.r. 29 ottobre 2001, n. 7/6645.

Il campo di applicazione di tali linee guida è limitato ad alcune litologie presenti nel territorio regionale; le procedure riportate sono organizzate con una struttura modulare che si presta ad una continua e graduale implementazione ed aggiornamento.

La metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: i primi due livelli sono obbligatori (con le opportune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza, come meglio specificato nel testo della direttiva) in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il 2° livello si dimostra l’inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

Il livello 3° è obbligatorio anche nel caso in cui si stia progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l’ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Tra i tre livelli di approfondimento solo il 2° livello verrà implementato tramite la realizzazione di nuove schede litologiche che ampliaranno il campo di applicazione delle procedure.

La procedura messa a punto fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

2. Procedure

La procedura di valutazione prevede tre livelli di approfondimento organizzati come da Figura 1 che mostra il diagramma di flusso, che illustra i dati necessari e i percorsi da seguire.

I tre diversi livelli di approfondimento prevedono:

2.1. 1° LIVELLO

Consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

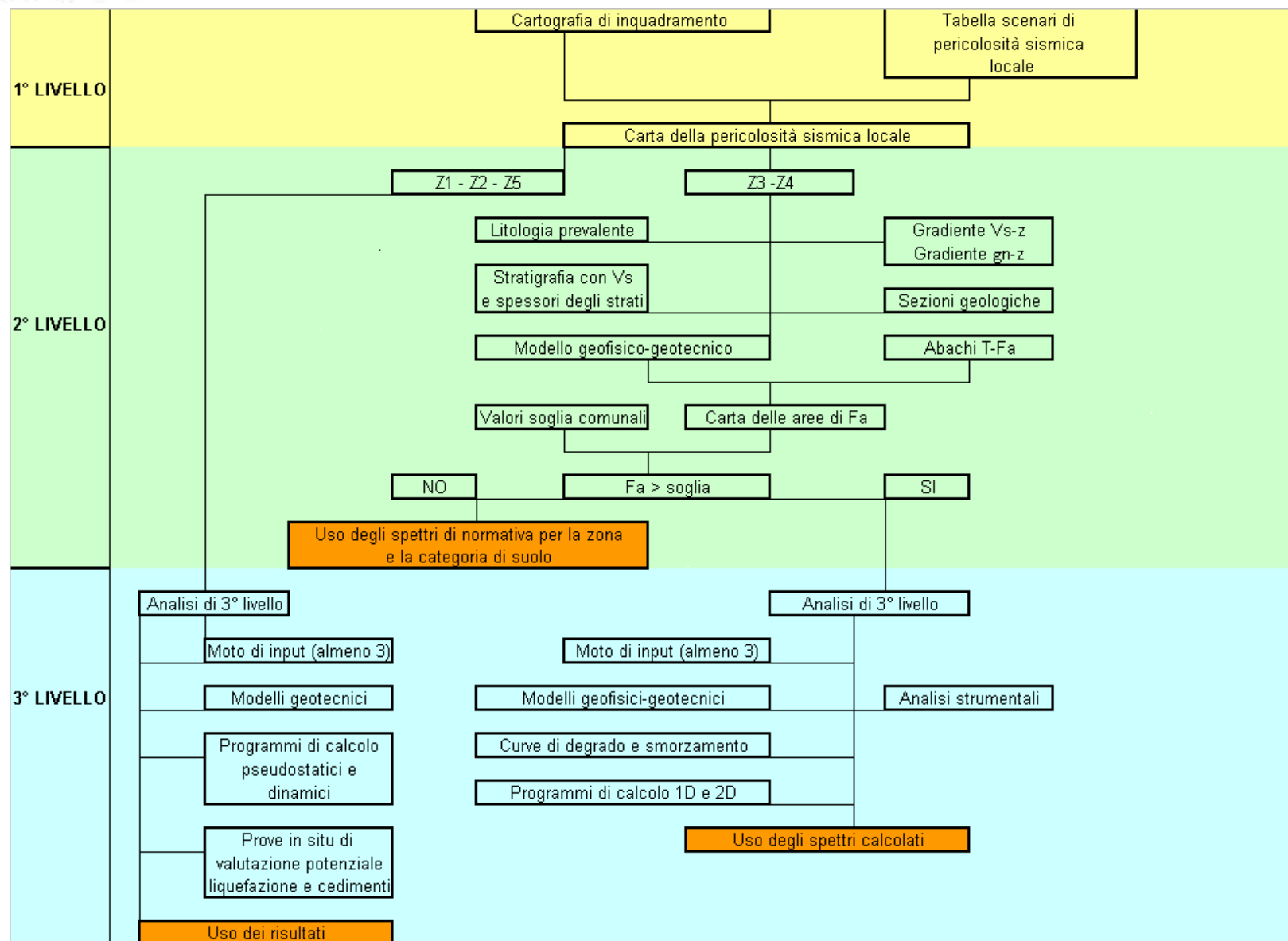


Figura 1 - Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Perciò, salvo per quei casi in cui non siano disponibili informazioni geotecniche di alcun tipo, nell'ambito degli studi di 1° livello non sono necessarie nuove indagini geotecniche.

Lo studio consiste nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento (carta geologica, carta geomorfologica, ecc.) e nella redazione di un'apposita cartografia (a scala 1:10.000 – 1:2.000) rappresentata dalla **Carta della pericolosità sismica locale**, derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo (Tabella 1) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 1 – Scenari di pericolosità sismica locale

La carta della pericolosità sismica locale rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento:

- il 2° livello permetterà la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zone Z3 e Z4), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici;
- il 3° livello permetterà sia la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata, sia la quantificazione degli effetti di instabilità dei versanti (zone Z1) e dei cedimenti e/o liquefazioni (zone Z2).

Non è necessario la valutazione quantitativa a livelli di approfondimento maggiore dello scenario inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

La carta della pericolosità sismica locale permette anche l'assegnazione diretta della classe di pericolosità e dei successivi livelli di approfondimento necessari (Tabella 2):

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	CASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 – livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2– livello di approfondimento 3°

Tabella 2 – Classi di pericolosità per ogni scenario di pericolosità sismica locale

2.2. 2° LIVELLO

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) e riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza.

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F_a); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di F_a .

Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di F_a sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di F_a per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0.1-0.5 s: questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0.5-1.5 s.

2.2.1. Effetti morfologici

La procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Z3b), caratterizzata da pendii con inclinazione maggiore o uguale ai 10°; il rilievo è identificato sulla base di cartografie a scala almeno 1:10.000 e la larghezza alla base è scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche: sono da considerare creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H) (scheda di valutazione).

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s.

Nell'ambito delle creste si distinguono due situazioni:

- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta (l) molto inferiore alla larghezza alla base (L) (cresta appuntita);

- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno 1/3 della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o subpianeggiante con inclinazioni inferiori a 10° (cresta arrotondata).

Per l'utilizzo della scheda di valutazione si richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- larghezza alla base del rilievo L ;
- larghezza in cresta del rilievo l ;
- dislivello altimetrico massimo H e dislivello altimetrico minimo h dei versanti;
- coefficiente di forma H/L .

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, la curva più appropriata per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s, in base al valore del coefficiente di forma H/L .

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta l , mentre lungo i versanti tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante.

I valori di F_a così ottenuti dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di F_a ottenuti dalla scheda di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zone 2, 3 e 4) e per suolo di tipo A ($V_s \geq 800$ m/s) e per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (**soglie_lomb.xls**) e rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con la scheda di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di ± 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1);
- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia (classe di pericolosità H2).

2.2.2. Effetti litologici

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle V_s con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento.

Attualmente sono disponibili:

- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2).

Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità; in particolare si dovrà verificare l'andamento delle V_s con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di V_s inferiori ai 600 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

Nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di V_s con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s (curva 1, curva 2 e curva 3 e relative formule) e nell'intervallo 0.5-1.5 s (unica curva e relativa formula), in base al valore del periodo proprio del sito T^1 .

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

ove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello.

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zona 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (**soglie_lomb.xls**) e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di ± 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1);
- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia (classe di pericolosità H2).

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di V_s , utilizzati nella procedura di 2° livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la seguente Tabella 3:

<i>Dati</i>	<i>Attendibilità</i>	<i>Tipologia</i>
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (V_s)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Tabella 3 – Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

¹ Nel caso il valore di V_s dello strato superficiale risulta pari o superiore ad 800 m/s non si applica la procedura semplificata per la valutazione del F_a in quanto l'amplificazione litologica attesa è nulla ($F_a=1.0$).

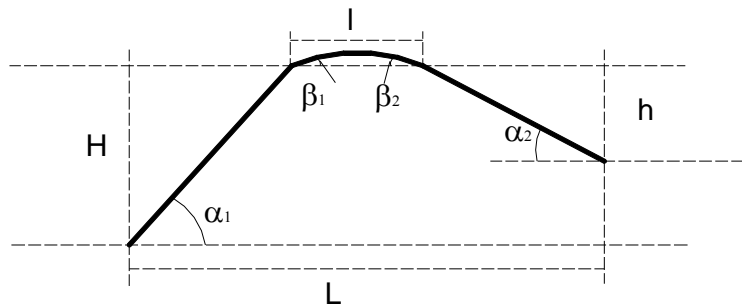
EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b

CRITERI DI RICONOSCIMENTO

CRESTA
 $\alpha_1 \geq 10^\circ$ e $\alpha_2 \geq 10^\circ$
 $h \geq 1/3 H$

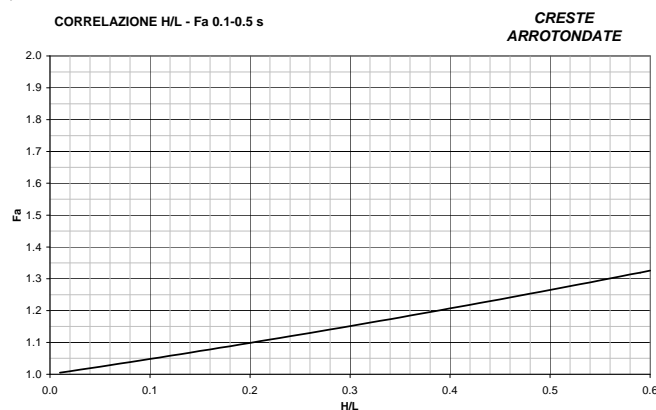
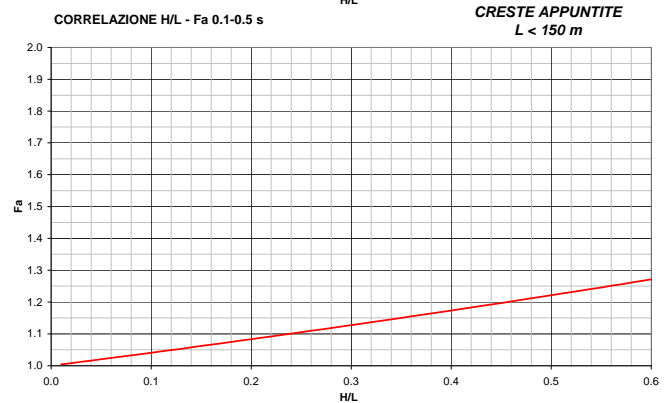
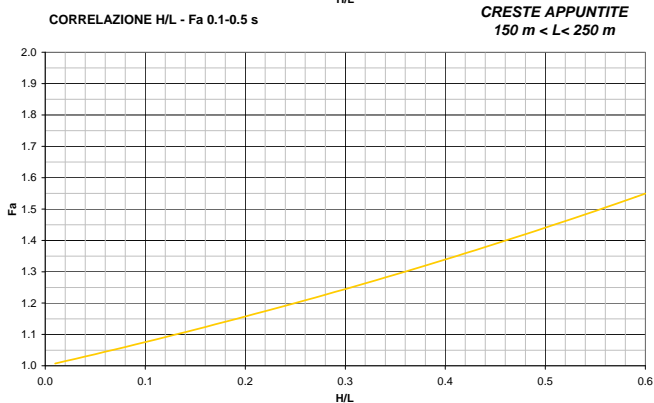
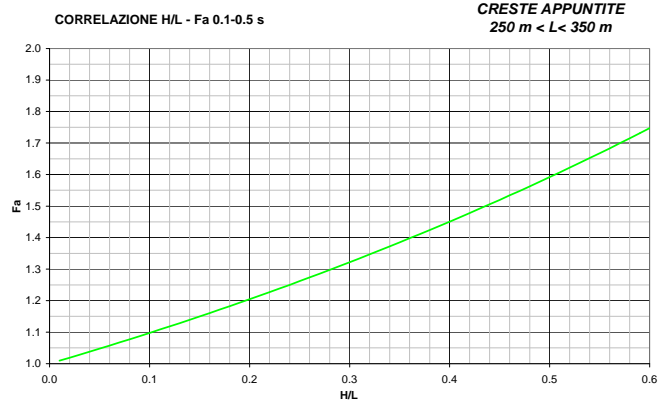
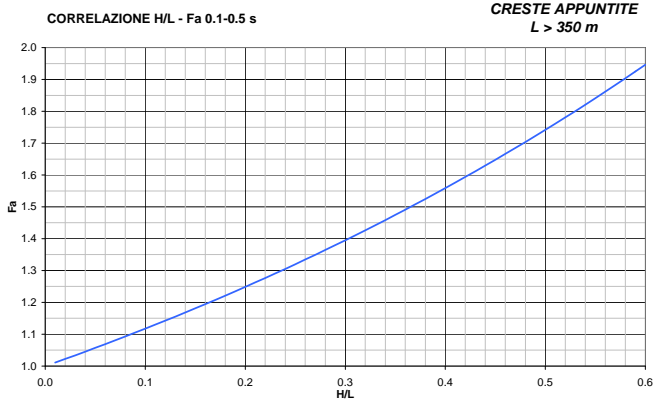
CRESTA ARROTONDATA
 $\beta_1 < 10^\circ$ e $\beta_2 < 10^\circ$
 $l \geq 1/3 L$

CRESTA APPUNTITA
 $l < 1/3 L$



$V_s \geq 800$ m/s

	L > 350	250 < L < 350	150 < L < 250	L < 150
Creste Appuntite	$Fa_{0.1-0.5} = e^{1.11H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.93H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.73H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.40H/L}$
Creste Arrotondate	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$			



EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

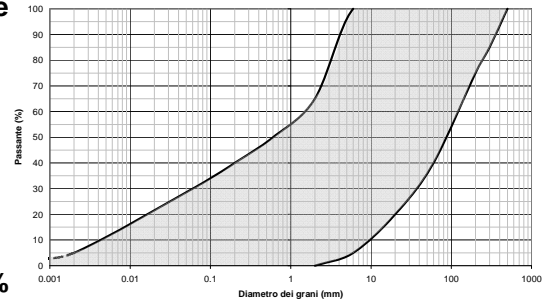
GRANULOMETRIA:

Da ghiaie e ciottoli con blocchi a ghiaie e sabbie limose debolmente argillose passando per ghiaie con sabbie limose, ghiaie sabbiose, ghiaie con limo debolmente sabbiose e sabbie con ghiaie

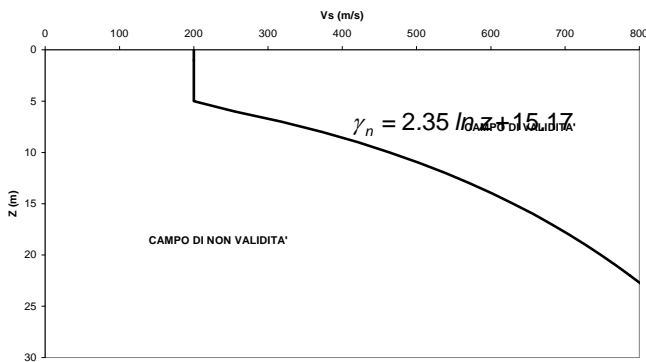
NOTE:

- Comportamento granulare
- Struttura granulo-sostenuta
- Frazione ghiaiosa superiore al 35%
- Frequenti clasti con $D_{max} > 20$ cm
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 65%
- Matrice limoso - argillosa fino ad un massimo del 30% con frazione argillosa subordinata (fino al 5%)
- Presenza di eventuali trovanti con $D > 50$ cm

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



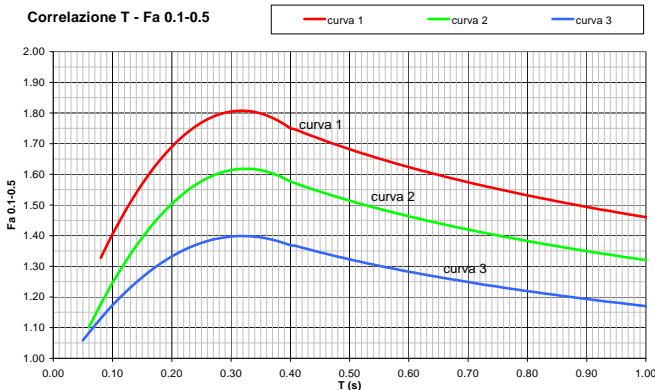
ANDAMENTO DEI VALORI DI V_s CON LA PROFONDITA'



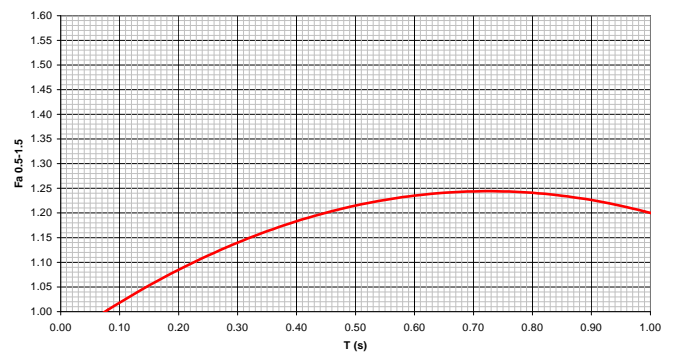
Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	
200				1	1										
250				2	2	2									
300				3	3	3	3								
350				3	3	3	3	3							
400				3	3	3	3	3	3						
450				3	3	3	3	3	3	3					
500				3	3	3	3	3	3	3	3				
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3			
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Correlazione T - Fa 0.1-0.5



Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.58T^2 + 0.84T + 0.94$$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.46 - 0.32LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -7.4T^2 + 4.8T + 0.84$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.32 - 0.28LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.17 - 0.22LnT$

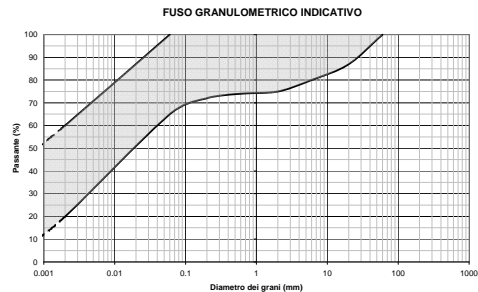
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

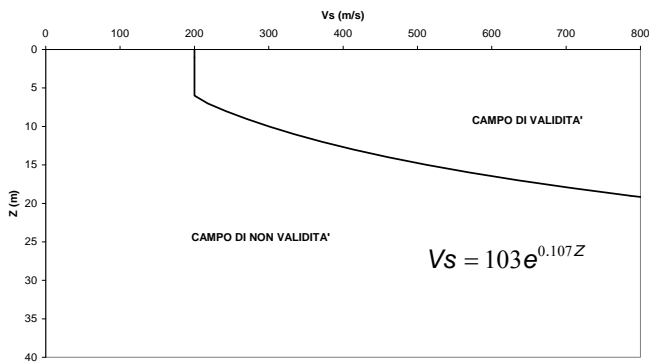
Da limi ghiaioso – argillosi debolmente sabbiosi ad argille con limi passando per limi argillosi, limi con sabbie argillose, limi e sabbie con argille, argille ghiaiose, argille ghiaiose debolmente limose ed argille con sabbie debolmente limose

NOTE:

- Comportamento coesivo
- Struttura matrice-sostenuta
- Frazione limosa superiore al 40%
- Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm
- Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 25%
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 35%
- Frazione argillosa compresa tra 20% e 60%
- Presenza di eventuali sottili orizzonti ghiaioso fini e sabbioso medio-grossolani



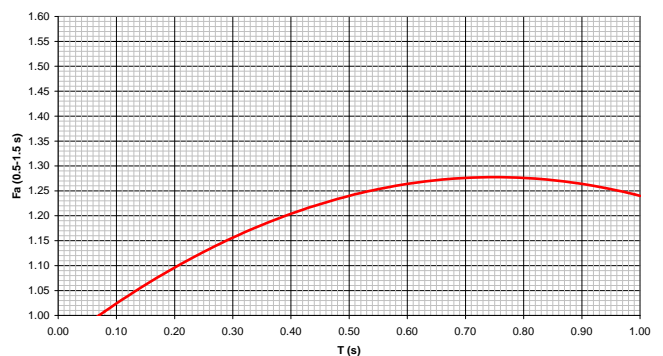
ANDAMENTO DEI VALORI DI V_s CON LA PROFONDITA'



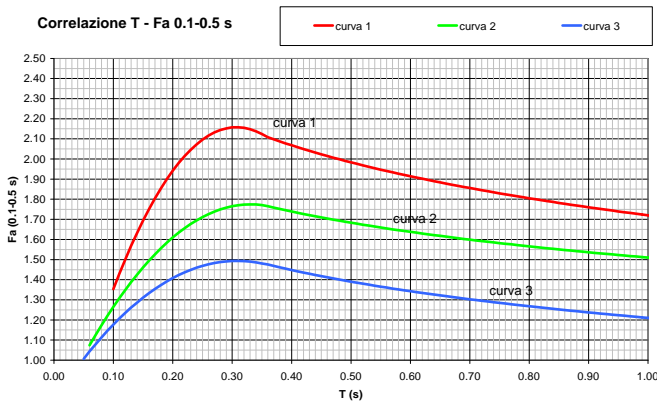
Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
200				1	1	1								
250				2	2	1								
300				2	2	2	2	2	2	2				
350				3	3	3	2	2	2	2	2			
400				3	3	3	3	3	3	3	3			
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3		
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.6T^2 + 0.9T + 0.94$$

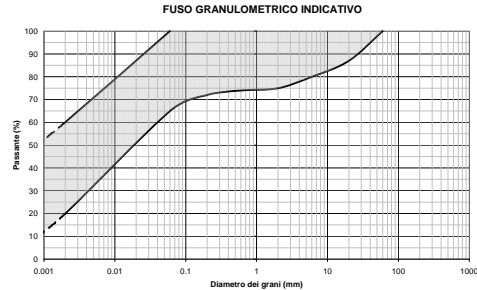
Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -18.7T^2 + 11.5T + 0.39$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.72 - 0.38LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 2

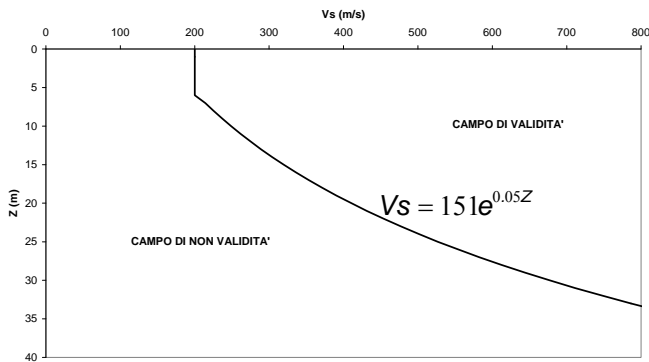
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA e NOTE: come per la litologia limoso - argillosa TIPO 1, a cui in aggiunta è possibile associare i seguenti range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per argille con limi ghiaiosi debolmente sabbiosi:

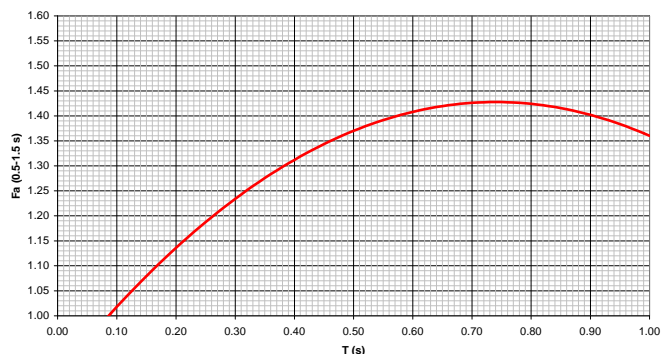
PARAMETRO		INTERVALLO
Peso di volume naturale	γ [kN/m ³]	19.5-20.0
Peso specifico particelle solide	γ_s [kN/m ³]	25.7-26.7
Contenuto d'acqua naturale	w [%]	20-25
Limite di liquidità	w _L [%]	30-50
Limite di plasticità	w _P [%]	15-20
Indice di plasticità	I _P [%]	15-30
Indice dei vuoti	e	0.5-0.7
Grado di saturazione	S _r [%]	90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K ₀	0.5-0.6
Indice di compressione	C _c	0.15-0.30
Indice di rigonfiamento	C _s	0.02-0.06
Coefficiente di consolidazione secondaria	C _a	0.001-0.005
Grado di consolidazione	OCR	1-3
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N _{spt}	15-30



ANDAMENTO DEI VALORI DI Vs CON LA PROFONDITA'

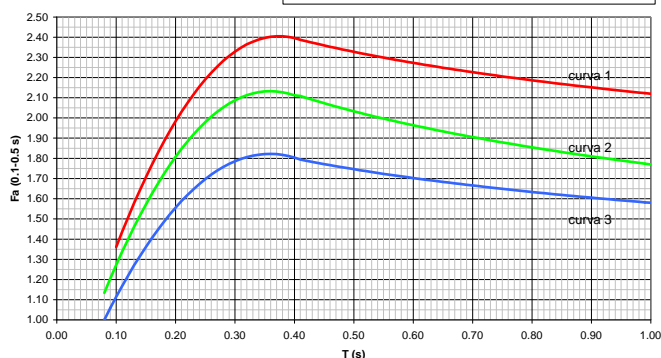


Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -T^2 + 1.48T + 0.88$$

Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 1

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:

Comportamento coesivo

Frazione limosa ad un massimo del 95%

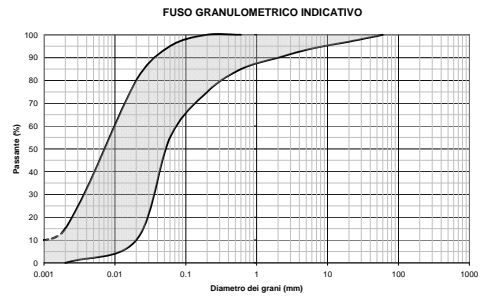
Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm

Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%

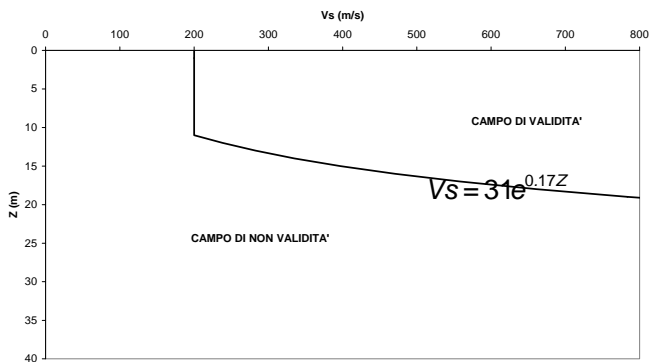
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%

Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%

A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente arillosi

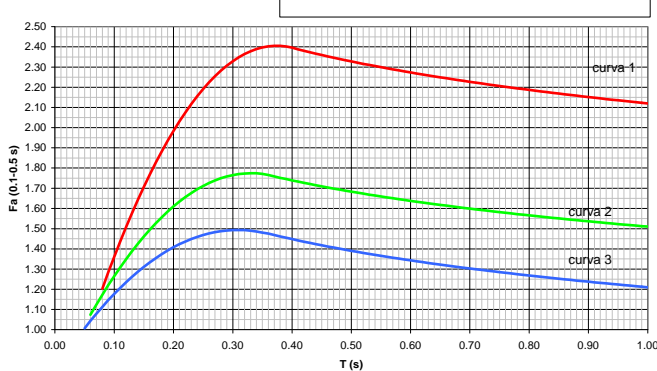


ANDAMENTO DEI VALORI DI Vs CON LA PROFONDITA'

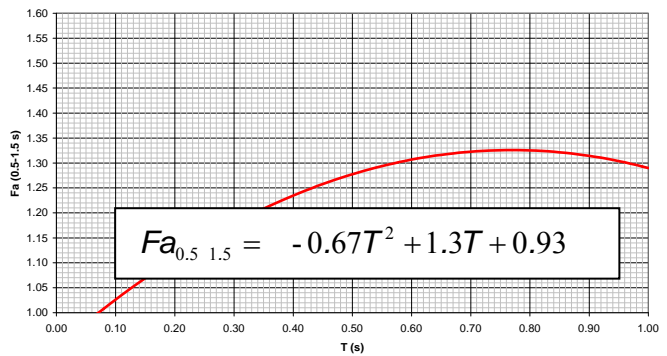


Velocità primo strato (m/s)	Profondità primo strato (m)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
200				1	1	1	1	1	1	1	1	1						
250				2	2	2	2	2	2	1	1	1						
300				2	2	2	2	2	2	2	2	2						
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	2					
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:

Comportamento coesivo

Frazione limosa ad un massimo del 95%

Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm

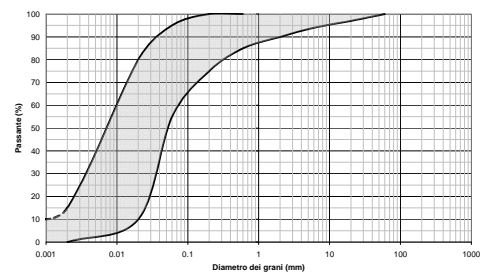
Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%

Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%

Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%

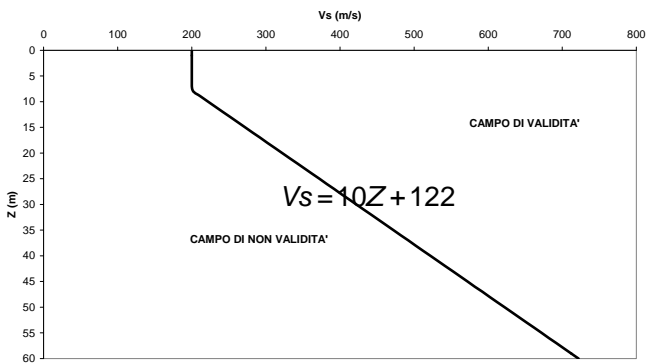
A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



PARAMETRO	INTERVALLO
Peso di volume naturale	γ [kN/m ³] 18.5-19.5
Peso specifico particelle solide	γ_s [kN/m ³] 26.0-27.9
Contenuto d'acqua naturale	w [%] 25-30
Limite di liquidità	w _L [%] 25-35
Limite di plasticità	w _p [%] 15-20
Indice di plasticità	I _p [%] 5-15
Indice dei vuoti	e 0.6-0.9
Grado di saturazione	S _r [%] 90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K ₀ 0.4-0.5
Indice di compressione	C _c 0.10-0.30
Indice di rigonfiamento	C _s 0.03-0.05
Coefficiente di consolidazione secondaria	C _α 0.002-0.006
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N _{spt} 0-20

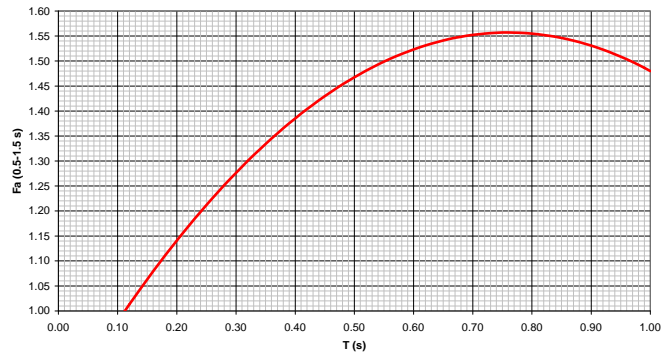
ANDAMENTO DEI VALORI DI Vs CON LA PROFONDITA'



Profondità primo strato (m)

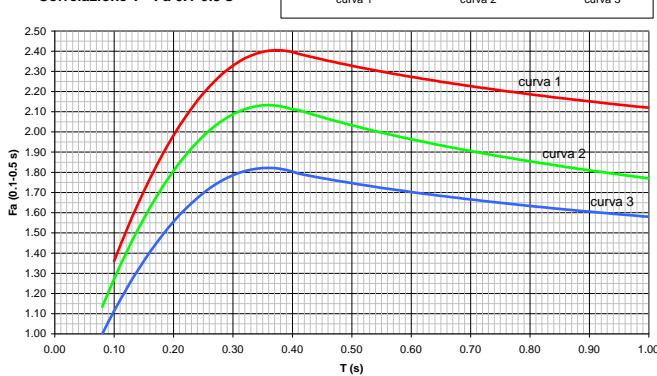
Profondità primo strato (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40	50	60	
200				1	1	1	1	1	1	1													
250				2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1								
300				3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2								
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3								
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3								
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$$

Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

2.3. 3° LIVELLO

Il 3° livello si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di F_a superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° livello e per le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z5).

Il livello 3° si applica anche nel caso in cui si stia progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

I risultati delle analisi di 3° livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

2.3.1. Effetti di instabilità

L'analisi prevede, a seguito della caratterizzazione ed identificazione dei movimenti franosi, la quantificazione della loro instabilità intesa come la valutazione degli indici di stabilità in condizioni statiche, pseudostatiche e dinamiche e prevede un approccio di tipo puntuale, finalizzato cioè alla quantificazione della instabilità di singoli movimenti franosi.

Le fasi, i dati e le metodologie necessarie per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni sono distinte per tipologia di movimenti franosi, in particolare per i movimenti franosi tipo scivolamenti (rotazionali e traslazionali) possono essere così schematizzate:

- individuazione delle sezioni geologiche e geomorfologiche che caratterizzano il corpo franoso, le sue geometrie, gli andamenti delle superfici di scivolamento, dei livelli di falda, finalizzati alla ricostruzione di un modello geologico interpretativo del movimento franoso;
- individuazione dei parametri geotecnici necessari all'analisi: il peso di volume (γ), l'angolo di attrito (Φ) nei suoi valori di picco e residuo e la coesione (c) nei suoi valori di picco e residuo (nel caso si adotti il criterio di rottura di Mohr-Coulomb);
- individuazione degli accelerogrammi di input nel caso di analisi dinamiche;
- analisi numeriche: diversi sono i modelli numerici che possono essere utilizzati per il calcolo della stabilità; tali codici, più o meno semplificati (es. metodo dei conci, metodo ad elementi finiti, ecc.), forniscono la risposta in termini di valori del fattore di sicurezza (F_s) in condizioni statiche, in termini di valori del coefficiente di accelerazione orizzontale critica (K_c) in condizioni pseudostatiche ed in termini di spostamento atteso in condizioni dinamiche. L'applicazione dei diversi modelli dipenderà chiaramente dalle condizioni geologiche del sito in analisi e dal tipo di analisi che si intende effettuare.

I risultati, ottenuti per ogni movimento franoso o per ogni area potenzialmente franosa, forniranno i livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame: in particolare i valori del fattore di sicurezza forniscono indicazioni sulla stabilità dell'area considerando un ben preciso stato del sito di analisi non tenendo in conto la contemporanea variazione di alcuni parametri quali contenuto d'acqua e carichi agenti (pioggia, terremoto, azioni antropiche, ecc); il coefficiente di accelerazione orizzontale critica fornisce invece la soglia di accelerazione al suolo superata la quale l'area stabile diviene instabile in occasione di un terremoto; infine lo spostamento atteso fornisce indicazioni e sull'area di influenza del movimento franoso e una misura di quanto l'accadimento di un evento sismico può modificare la situazione esistente.

Per quanto riguarda i movimenti tipo crolli e ribaltamenti le analisi che possono essere effettuate sono di tipo statico e pseudostatico. Le fasi, i dati e le metodologie necessarie per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni possono essere così schematizzate:

- inquadramento geologico di un intorno significativo in scala 1:10.000 e esecuzione di sezioni geologiche e topografiche in scala 1:10.000;
- individuazione dei parametri dell'input sismico (quali valore del picco di accelerazione, valore del picco di velocità);
- rilievi geomeccanici per la classificazione degli ammassi rocciosi sorgenti dei distacchi (determinazione delle principali famiglie di discontinuità, prove in sito sugli affioramenti quali martello di Smidth tipo L, pettine di Barton, spessimetro per apertura giunti ecc., prelievo di campioni per esecuzione di Point Load Test e di prove di scivolamento Tilt Test);

- identificazione dei principali cinematismi di rottura degli ammassi rocciosi su sezioni tipo e, per situazioni particolarmente significative, analisi di stabilità in condizioni statiche e pseudostatiche di singoli blocchi;
- descrizione e rilievo della pista di discesa e della zona di arrivo, rilievo geologico e, ove possibile, statistica dei massi al piede (dimensioni e distribuzione);
- costruzione del modello numerico della/e pista/e di discesa e verifiche di caduta massi con vari metodi e statistiche arrivi.

I risultati, ottenuti per ogni movimento franoso o per ogni area potenzialmente franosa, forniranno livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame, in particolare, vengono individuate le possibili piste di discesa, le relative aree di influenza e la statistica degli arrivi.

2.3.2. Effetti di cedimenti e/o liquefazioni

L'analisi prevede la valutazione quantitativa delle aree soggette a fenomeni di cedimenti e liquefazioni. Con il termine liquefazione si indica la situazione nella quale in un terreno saturo non coesivo si possono avere deformazioni permanenti significative o l'annullamento degli sforzi efficaci a causa dell'aumento della pressione interstiziale.

Per il calcolo del potenziale di liquefazione si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura^{2,3}.

Anche per il calcolo di possibili cedimenti che possono verificarsi sia in presenza di sabbie sature sia in presenza di sabbie asciutte, si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura.

2.3.3. Effetti di amplificazione morfologica e litologica

L'analisi prevede un approccio di tipo quantitativo e costituisce lo studio di maggior dettaglio, in cui la valutazione della pericolosità sismica locale è effettuata ricorrendo a metodologie che possono essere classificate come strumentali o numeriche.

La metodologia strumentale richiede l'acquisizione di dati strumentali attraverso campagne di registrazione eseguite in sito con l'utilizzo di strumentazioni specifiche, variabili a seconda del parametro di acquisizione scelto (velocimetri ed accelerometri). Le caratteristiche strumentali, il tipo di acquisizione e la disposizione logistica variano in funzione della complessità geologica dell'area di studio, del metodo di elaborazione scelto e del tipo di risultato a cui si vuole pervenire. Le registrazioni eseguite in un'area di studio possono riguardare rumore di fondo (microtremore di origine naturale o artificiale) o eventi sismici di magnitudo variabile; i dati acquisiti devono essere opportunamente selezionati (ripuliti da tutti i disturbi presenti) e qualificati tramite informazioni sismologiche dell'area in esame e permettono di definire la direzionalità del segnale sismico e la geometria della zona sismogenetica-sorgente. Le tracce dei segnali di registrazione devono essere in seguito processate tenendo conto delle diverse condizioni di installazione degli strumenti e delle diverse condizioni di acquisizione dei dati. Inoltre, nel caso siano utilizzate stazioni equipaggiate con strumentazioni con frequenza propria diversa (caso più frequente) occorre rendere omogenei tra loro i vari segnali attraverso una deconvoluzione per le rispettive risposte spettrali. L'analisi sperimentale può presentare diversi gradi di approfondimento ed affidabilità, in funzione del tipo di strumentazione impiegata, del tipo di elaborazione del dato di registrazione e, soprattutto, in funzione dell'intervallo di tempo dedicato alle misurazioni in situ. I metodi di analisi strumentale più diffusi ed utilizzati sono il metodo di Nakamura (1989)⁴ e il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981)⁵.

La metodologia numerica consiste nella modellazione di situazioni reali mediante un'appropriata e dettagliata caratterizzazione geometrica e meccanica del sito e nella valutazione della risposta sismica locale tramite codici di calcolo matematico più o meno sofisticati (modelli monodimensionali 1D, bidimensionali 2D e tridimensionali 3D), basati su opportune semplificazioni e riduzioni del problema, necessarie ma comunque di influenza abbastanza trascurabile sul risultato finale. I concetti fondamentali su cui si basano i codici di calcolo numerico riguardano la teoria della propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo e la teoria del comportamento non lineare e dissipativo dei terreni

² www.programgeo.it/FormuleGeo/Liquefazione.html

³ Crespellani T., 1991. La liquefazione del terreno in condizioni sismiche. Zanichelli, Bologna, pp 185

⁴ Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR Railway Tech. Res. Inst., 30, 1

⁵ Kanai, K., Tanaka, T., 1961. On Microtremors. VIII, Bull. Earthquake res. Inst., University of Tokyo. Vol. 39

+in condizioni dinamiche. La valutazione della risposta sismica deve tener conto non solo delle variazioni di ampiezza massima del moto sismico di riferimento, ma anche dell'effetto di filtraggio esercitato su di esso dal terreno, cioè delle modifiche nel contenuto in frequenza.

L'applicazione della metodologia numerica richiede una caratterizzazione geometrica di dettaglio del sottosuolo, tramite rilievi specifici, una caratterizzazione geofisica e una caratterizzazione meccanica, tramite accurate indagini geologiche e geotecniche, in grado di determinare i parametri geotecnici statici e dinamici specifici su campioni indisturbati o comunque di alta qualità e in condizioni tali per cui vengano simulate il meglio possibile le condizioni di sito del terreno durante i terremoti attesi. Perciò viene richiesto un programma di indagini geotecniche specifico, i cui risultati saranno da aggiungere a quelli esistenti (1° e 2° livello). E' inoltre necessaria l'individuazione di uno o più input sismici sotto forma di spettri di risposta e/o di accelerogrammi.

Le analisi strumentali e numeriche rappresentano due approcci diversi per la valutazione quantitativa dell'amplificazione locale; essi sono tra loro coerenti ma presentano le seguenti differenze:

- l'analisi numerica ha il vantaggio di essere facilmente applicabile con tempi veloci ma ha lo svantaggio di richiedere alti costi di realizzazione, di considerare modelli semplificati della situazione reale (soprattutto per i codici di calcolo 1D e 2D) e di trascurare l'effetto delle onde superficiali, sottostimando gli effetti ad alti periodi;
- l'analisi strumentale ha il vantaggio di considerare l'effetto della sollecitazione sismica nelle tre dimensioni spaziali ma ha lo svantaggio di considerare eventi di bassa magnitudo, valutando il comportamento dei materiali solo per basse deformazioni in campo elastico, di richiedere, oltre alle analisi sismologiche di registrazione strumentale, analisi geotecniche dinamiche integrative atte a rilevare il comportamento del bedrock sotto sollecitazione, di effettuare le registrazioni per periodi di tempo che dipendono dalla sismicità dell'area e che possono variare da un minimo di 1 mese ad un massimo di 2 anni.

Per compensare i limiti di un metodo con i vantaggi dell'altro è da valutare la possibilità di integrazione delle due metodologie: in questo modo è possibile effettuare un'analisi quantitativa completa che considera sia l'effetto della tridimensionalità del sito sia il comportamento non lineare dei materiali soggetti a sollecitazioni sismiche.

Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati:

1. **lo-acc** contenente, per ogni comune, diversi accelerogrammi attesi caratterizzati da due periodi di ritorno (475 e 975 anni);
2. **curve_lomb.xls** contenente i valori del modulo di taglio normalizzato (G/G_0) e del rapporto di smorzamento (D) in funzione della deformazione (γ).



COMUNE DI
COSTA VOLPINO

P.G.T.
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA
A CURA DI DOTT. DIEGO MARSETTI REL. RG/10440-REV03/12

COMUNE DI COSTA VOLPINO

Piazza Caduti di Nassiriya, 3 - Costa Volpino (BG)

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO, IN ATTUAZIONE DELLA L.R. 11 MARZO 2005, N.12

**Allegato 3 – Integrazioni all’ ALLEGATO 5 - “Criteri ed indirizzi per la
definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di
Governo del Territorio”, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 12/2005**



**Dipartimento di Ingegneria Strutturale
Politecnico di Milano**

Piazza Leonardo Da Vinci, 32 - 20133 Milano

**Convenzione tra Regione Lombardia
e Dipartimento di Ingegneria Strutturale**

**ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI
SISMICI DI SITO IN LOMBARDIA FINALIZZATE ALLA
DEFINIZIONE DELL'ASPETTO SISMICO NEI PIANI DI
GOVERNO DEL TERRITORIO**

**ALLEGATO 5
INTEGRAZIONI**

Floriana Pergalani

Massimo Compagnoni

Vincenzo Petrini

Milano, febbraio 2006

INDICE

1. PREMESSA	3
2. MODELLAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA AL SITO.....	4
2.1. Analisi bidimensionali	4
2.1.1. SCARPATE (SCENARIO Z3a).....	4
3. INDICAZIONI SULL'UTILIZZO DELLA PROCEDURA.....	9
3.1. Analisi di I° livello.....	9
3.2. Analisi di II° livello	9
3.3. Analisi di III° livello	10

1. PREMESSA

La presente relazione costituisce l'integrazione all'allegato 5 dei "Criteri ed Indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 12/2005".

L'integrazione riguarda in particolare la messa a punto della scheda di valutazione per gli scenari di scarpata (Z3a), da utilizzarsi nell'ambito di analisi di II° livello; inoltre sono riportate alcune indicazioni sull'utilizzo della procedura proposta nel caso vengano analizzati casi non contemplati nelle schede di valutazione.

Tali indicazioni si rendono necessarie sia perché in questa prima fase lo strumento procedurale proposto non è in grado di trattare tutte le possibili casistiche geologiche presenti in Lombardia sia perché è comunque necessario nell'ambito degli studi geologici a supporto dei Piani di Governo del Territorio poter pervenire, dopo l'analisi di II° livello, ad una valutazione finale.

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva degli scenari di pericolosità sismica locale:

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

2. MODELLAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA AL SITO

2.1. Analisi bidimensionali

Le analisi di risposta sismica locale su scenari di scarpata sono state condotte seguendo la stessa metodologia utilizzata per l'analisi degli scenari di cresta rocciosa, adottando gli stessi moti di input rappresentativi della sismicità regionale, lo stesso codice di calcolo bidimensionale (ELCO, 2001) e le stesse condizioni al contorno.

I risultati sono forniti in termini di fattori di amplificazione F_a già definiti nell'ambito del precedente lavoro.

Si ricorda pertanto che le modellazioni sono state eseguite considerando separatamente i 6 accelerogrammi dei Comuni di Sirmione (BS) e Vizzola Ticino (VA) e che tutti i risultati sono da intendersi validi per condizioni di *far-field*, cioè situazioni in cui la sorgente sismica è sufficientemente lontana dal sito di analisi, tale per cui sia possibile escludere effetti di direzionalità e di meccanismo di rottura alla sorgente e tale per cui risulta lecito ipotizzare le onde sismiche come fonti d'onda elastici provenienti dall'infinito ed incidenti verticalmente al sito.

E' infatti dimostrato come, soprattutto nell'ambito di analisi 2D per la valutazione degli effetti di amplificazione sismica di tipo morfologico e geometrico, sia molto influente l'angolo di incidenza delle onde sismiche rispetto all'irregolarità morfologica analizzata e come sia difficilmente prevedibile la direzionalità di un evento sismico, soprattutto quando, come nel caso della Regione Lombardia, non si hanno a disposizione sufficienti conoscenze sismologiche sull'area sismogenetica responsabile della pericolosità sismica.

Sulla base di analisi morfologiche eseguite su casistiche reali presenti nel territorio regionale sono stati individuati i criteri geometrici da utilizzare per l'identificazione dello scenario Z3a.

Dall'osservazione di scarpate presenti sia in area montana lungo i versanti di rilievi principali, sia in area collinare e di pianura nell'ambito di zone di cava e di grandi terrazzamenti fluviali sono stati costruiti modelli teorici da analizzare con il codice di calcolo ELCO, assegnando al materiale un comportamento elastico tipico del substrato roccioso, che presenta le seguenti proprietà meccaniche (γ peso di volume, V_s velocità onde S):

γ (kN/m ³)	V_s (m/s)
22.0 - 24.0	800 - 1500

Le analisi sono state effettuate utilizzando i 3 accelerogrammi di input dei due comuni campione per cui sono attesi i valori massimo e minimo nell'ambito del territorio regionale: Sirmione (BS) e Vizzola Ticino (VA).

2.1.1. SCARPATE (SCENARIO Z3a)

Lo scenario di zona di scarpata rocciosa (Z3a) è caratterizzato da irregolarità con fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione (α) del fronte principale uguale o superiore ai 10°.

In funzione della tipologia del fronte superiore si distinguono:

- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;

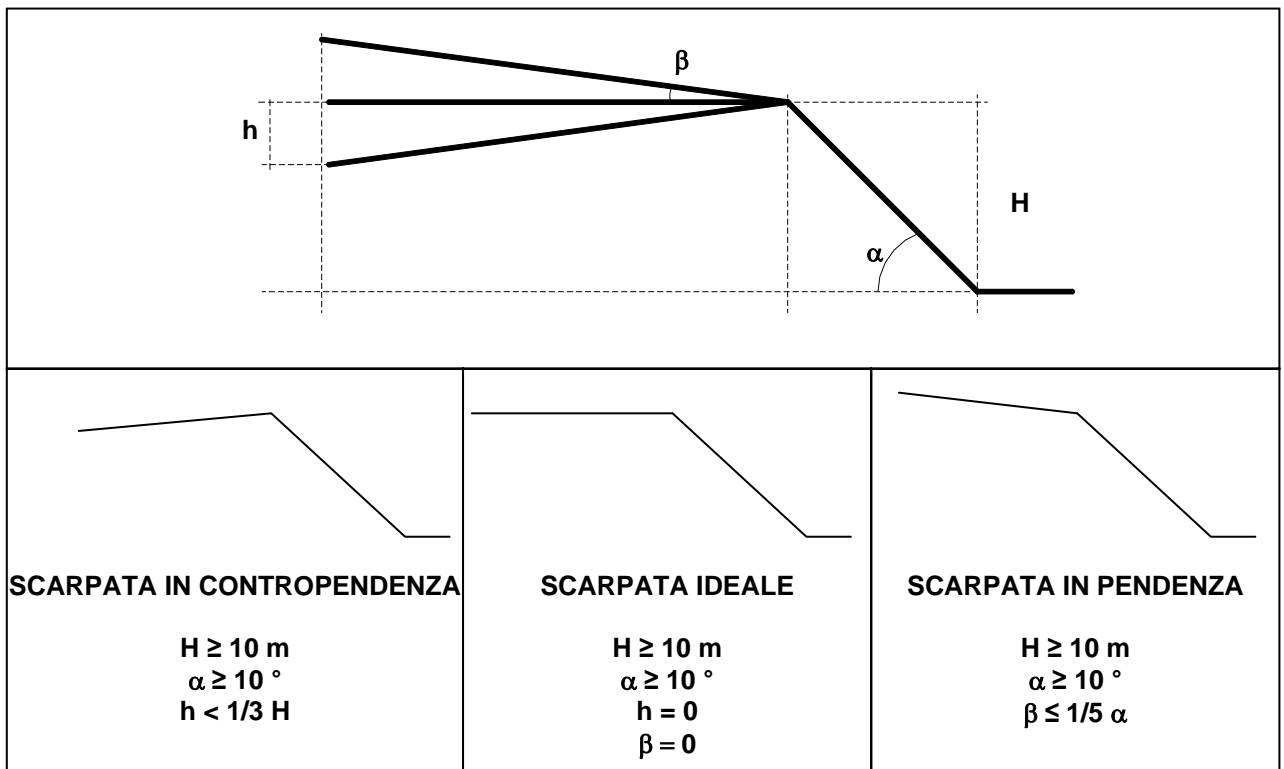
- scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nel senso opposto a quello del fronte principale.

La misura dell'altezza H è da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore è da definire come distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15-20 m;
- l'inclinazione (β) del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione (α) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza (per $\beta > 1/5\alpha$ la situazione è da considerarsi pendio);
- il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpate in contropendenza (per $h \geq 1/3H$ la situazione è da considerarsi una cresta appuntita).

Di seguito si riporta lo schema identificativo e le tipologie delle situazioni di scarpata:



Sulla base delle situazioni reali identificate sono stati costruiti modelli caratterizzati da diverse altezze H , diverse inclinazioni α del fronte principale e diversa tipologia del fronte superiore ed è stato calcolato l'andamento del valore del Fattore di amplificazione per l'intervallo di periodo compreso tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s lungo il fronte superiore, identificando anche l'area di influenza (A_i) dei fenomeni di amplificazione sismica.

Il valore di Fa così calcolato è stato messo in relazione al corrispondente valore di α .

Le diverse coppie α/Fa (per ogni intervallo calcolato) sono state riportate su appositi grafici: i risultati sono apparsi poco dispersi per l'intervallo (0.1-0.5 s), mentre per l'intervallo (0.5-1.5 s) sono apparsi influenzati sensibilmente dalla variabilità del moto di input e quindi non sufficientemente adatti a rappresentare in modo univoco la risposta sismica al sito.

Di conseguenza si è scelto di operare utilizzando il solo intervallo di periodo 0.1-0.5 s, analogamente a quanto eseguito per gli scenari di cresta rocciosa (Z3b).

La dispersione evidenziata nei risultati considerando l'intervallo 0.1-0.5 s è stata limitata distinguendo le varie coppie di valori in funzione dell'altezza H del fronte principale.

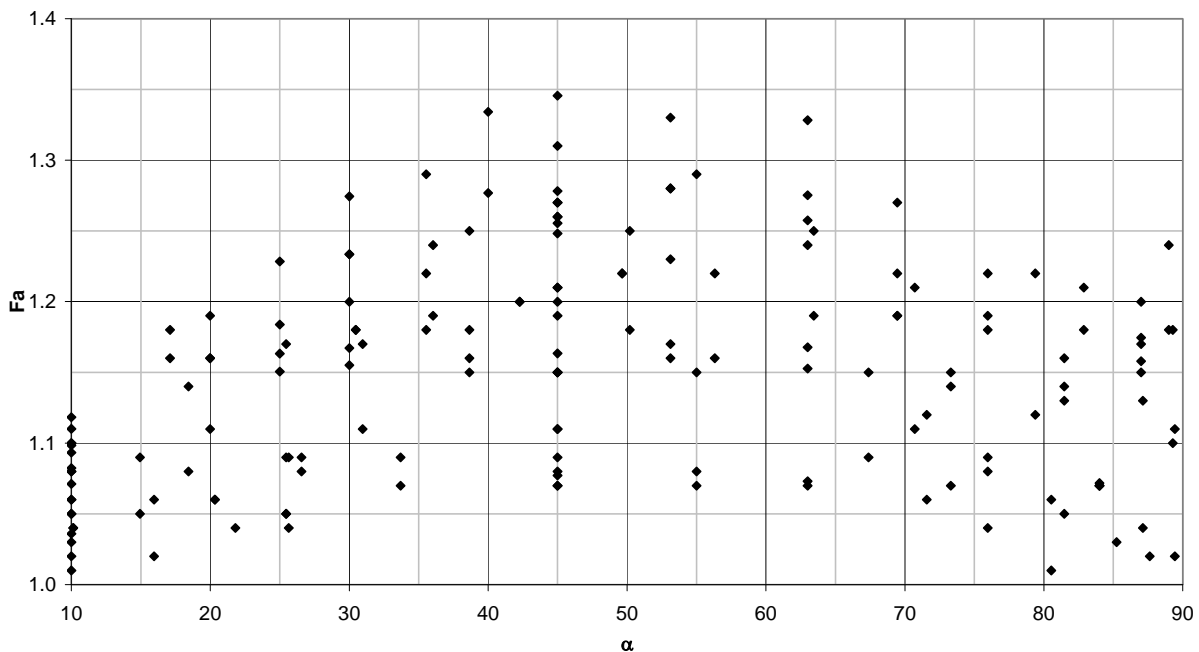
Di seguito si riportano i grafici α/Fa da cui si è scelto, data la particolare distribuzione dei risultati e il limitato intervallo di variazione sul parametro Fa , di non fornire un abaco di correlazione come nel caso delle creste rocciose, ma un valore di Fa caratteristico per ogni tipologia di scarpata individuata con l'estensione della relativa area di influenza (A_i).

Il valore di Fa è assegnato al ciglio del fronte principale mentre all'interno della relativa area di influenza il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario.

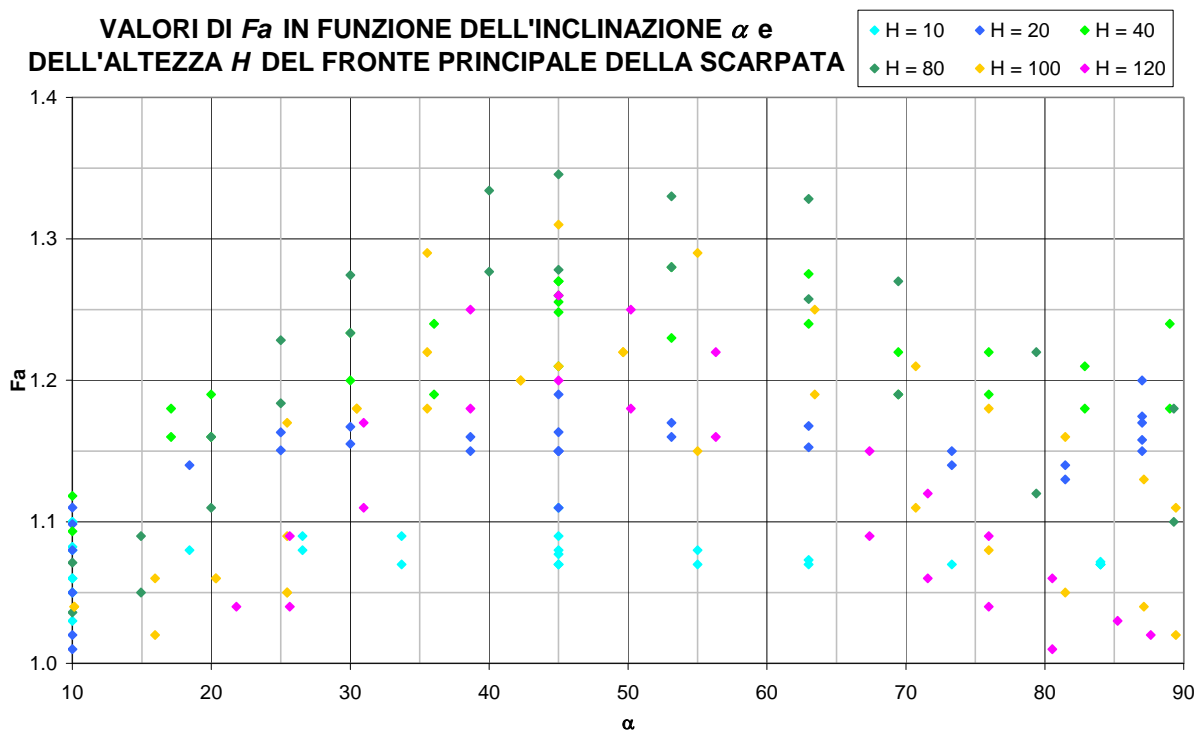
La fase di validazione dei valori di Fa caratteristici e delle aree di influenza degli effetti di amplificazione sismica è stata condotta su casi reali e ha evidenziato una variabilità massima nei valori di Fa inferiore a ± 0.1 .

L'utilizzo dei 3 accelerogrammi definiti per ciascun comune di analisi fornisce una variabilità massima di ± 0.1 nei valori di Fa , a parità di H e di α : questa variabilità tiene in considerazione il diverso contenuto in frequenza del moto di input.

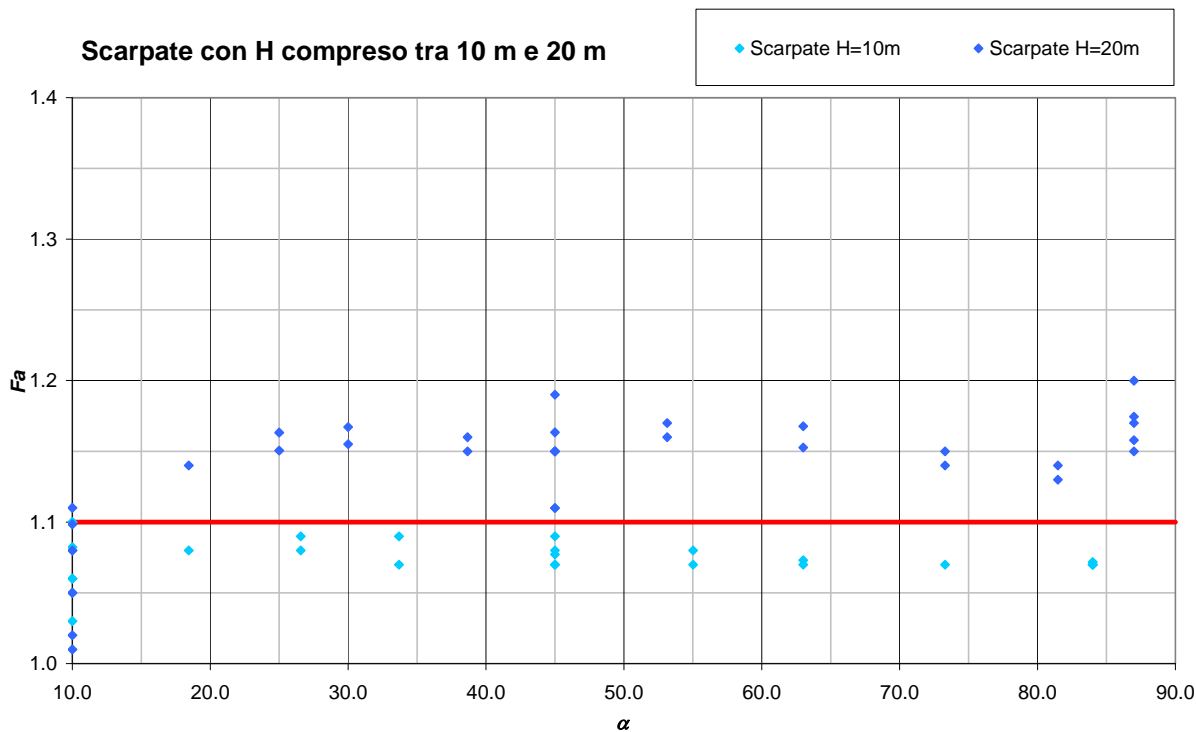
**VALORI DI Fa IN FUNZIONE DELL'INCLINAZIONE α
DEL FRONTE PRINCIPALE DELLA SCARPATA**

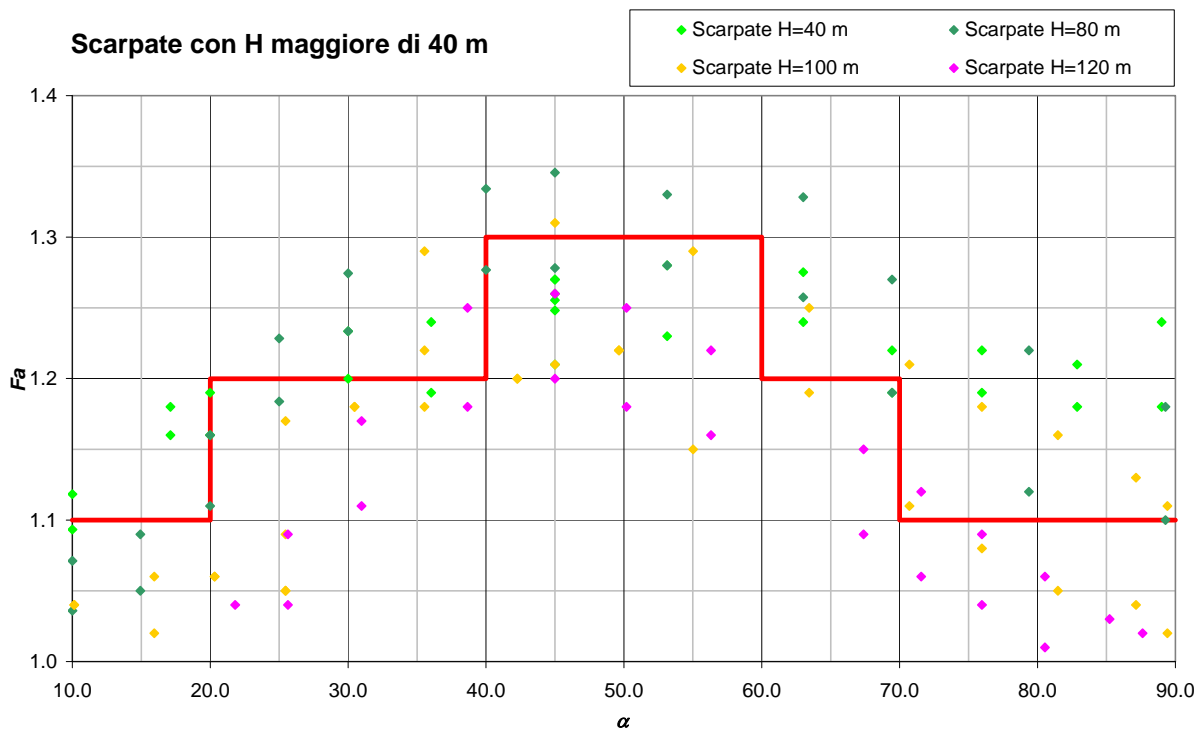
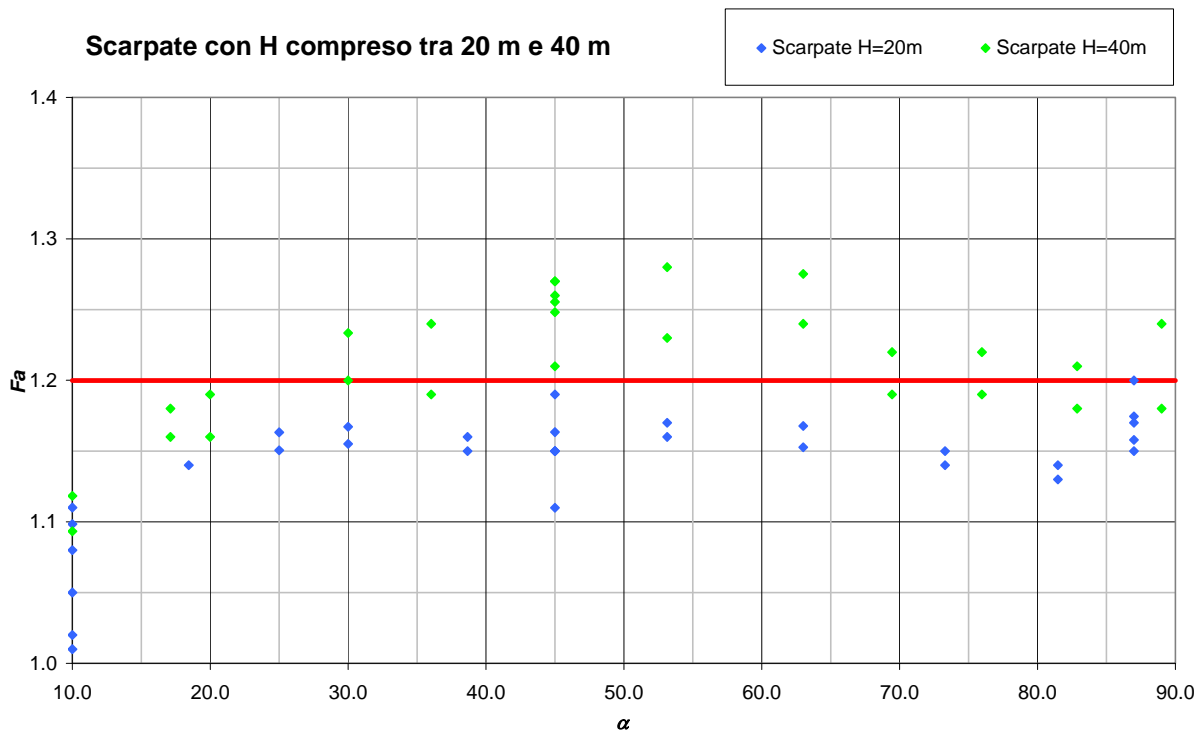


VALORI DI F_a IN FUNZIONE DELL'INCLINAZIONE α e DELL'ALTEZZA H DEL FRONTE PRINCIPALE DELLA SCARPATA



Di seguito si riportano le coppie α/F_a suddivise in classi altimetriche, a cui è possibile associare un unico valore di F_a :





Nella tabella seguente si riporta per ciascuna classe altimetrica e classe di inclinazione il valore caratteristico di Fa e l'estensione della relativa area di influenza A_i :

<i>Classe altimetrica</i>	<i>Classe di inclinazione</i>	<i>Valore di Fa</i>	<i>Area di influenza</i>
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

3. INDICAZIONI SULL'UTILIZZO DELLA PROCEDURA

3.1. Analisi di I° livello

Nella fase di redazione della carta della pericolosità sismica locale (PSL) si dovranno rappresentare con:

- elementi lineari gli scenari Z3 e Z5; in particolare per lo scenario Z3a si evidenzierà il ciglio della scarpata, per lo scenario Z3b la linea di cresta sommitale e per lo scenario Z5 il limite di contatto tra i litotipi individuati;
- elementi areali gli scenari Z1, Z2 e Z4.

Gli scenari Z1 e Z2 nell'analisi di I° livello sono evidenziati sulla base del fenomeno prioritario che li caratterizza, quali fenomeni di instabilità e liquefazione e/o cedimenti: si sottolinea che le prescrizioni da assegnare a questi scenari in fase di pianificazione riguardano, oltre al fenomeno prioritario, anche i fenomeni di possibile amplificazione sismica che dovranno essere valutati in fase di progettazione sulla base degli interventi adottati per risolvere le problematiche prioritarie.

Gli scenari PSL individuati con l'analisi di I° livello dovranno essere riportati con appositi retini trasparenti nella carta di fattibilità, assegnando a ciascuno le prescrizioni opportune.

3.2. Analisi di II° livello

L'analisi di II° livello è obbligatoria per gli scenari Z3 e Z4 in zona sismica 2 e 3 per tutte le tipologie di costruzione, in zona 4 per le sole costruzioni, il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

La conoscenza degli spessori e delle V_s può essere ottenuta utilizzando qualsiasi metodo di indagine diretto ed indiretto, in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile in relazione alla situazione geologica del sito e il

più dettagliato possibile nella parte più superficiale per una corretta individuazione dello strato superficiale.

La scelta della curva di correlazione T/Fa all'interno della scheda di valutazione avviene tramite individuazione dello spessore e della velocità V_s dello strato superficiale: il valore di V_s riportato nella scheda è da intendersi come limite massimo di ogni intervallo (es: per un valore di V_s dello strato superficiale ottenuto dall'indagine pari a 230 m/s si sceglierà il valore 250 m/s nella matrice della scheda di valutazione).

In presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione allegate si potrà, in questa prima fase, utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle V_s con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà, in questa prima fase, essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

In presenza di alternanze litologiche con inversioni di velocità con la profondità si potrà, in questa prima fase, utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine e si accetteranno anche i casi in cui i valori di V_s escano dal campo di validità **solo** a causa dell'inversione.

In mancanza del raggiungimento del bedrock ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s.

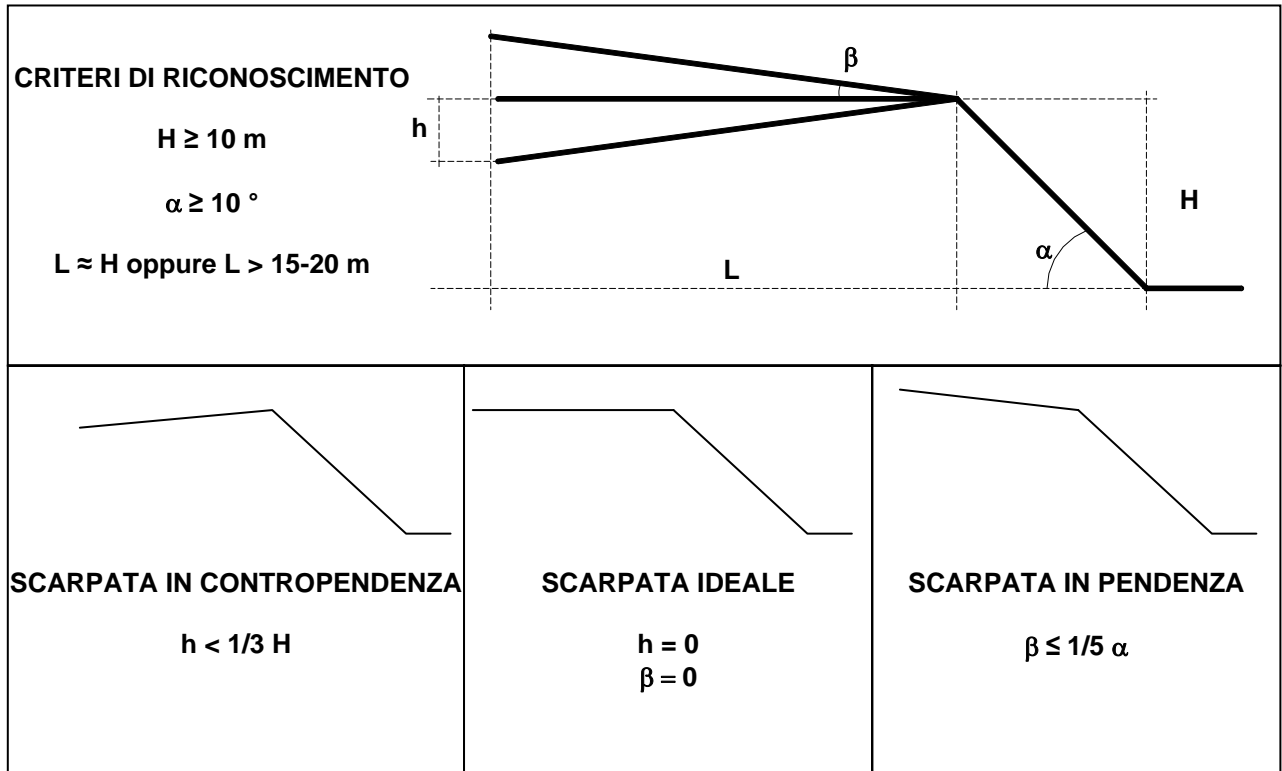
Nel caso di rilievi morfologici asimmetrici che possono essere rappresentati sia dallo scenario Z3a sia dallo scenario Z3b, a seconda dell'orientazione della sezione, si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

3.3. Analisi di III° livello

Il III° livello si applica in fase progettuale negli scenari Z3a e Z3b nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani.

EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATA - SCENARIO Z3a



<i>Classe altimetrica</i>	<i>Classe di inclinazione</i>	<i>Valore di Fa</i>	<i>Area di influenza</i>
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	



COMUNE DI
COSTA VOLPINO

P.B.T.
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA
A CURA DI DOTT. DIEGO MARSETTI REL. RG/10440-REV03/12

COMUNE DI COSTA VOLPINO

Piazza Caduti di Nassiriya, 3 - Costa Volpino (BG)

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL
PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO, IN ATTUAZIONE DELLA
L.R. 11 MARZO 2005, N.12**

**Allegato 4 – Edifici in aree a rischio di alluvione: come ridurre la
vulnerabilità**

EDIFICI IN AREE A RISCHIO DI ALLUVIONE

COME RIDURNE LA VULNERABILITÀ



EDIFICI IN AREE A RISCHIO DI ALLUVIONE COME RIDURNE LA VULNERABILITÀ

Indice :	pag.
Alcuni concetti chiave: rischio, pericolosità e vulnerabilità.....	1
Effetti di piena sugli edifici	2
1.Spinta idrostatica orizzontale.....	2
2.Spinta di galleggiamento.....	3
3.Immersione prolungata.....	3
4.Spinta idrodinamica.....	4
5.Impatto dei detriti.....	4
6.Erosione e scalzamento.....	5
Ridurre l'attuale vulnerabilità: misure attive e misure passive.	7
(A) Elevare.....	8
(B) Delocalizzare.....	9
(C) Impermeabilizzare.....	10
(D) Allagamento guidato.....	10
(E) Barriere.....	10
Consigli per la riduzione della vulnerabilità degli edifici in aree a rischio di alluvione	11
1. Tipologia strutturale e materiali.....	11
2. Fondazioni.....	12
3. Vani interrati.....	12
4. Murature.....	12
5. Solette.....	13
6. Rivestimenti.....	14
7. Porte e serramenti.....	14
8. Impianti.....	14
9. Zona rifugio.....	15

Il *Piano di bacino* è lo strumento di pianificazione territoriale, introdotto dalla legge 183/89, che ha lo scopo di assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi.

Vista la complessità del Piano, L'Autorità di bacino del fiume Po ha proceduto all'elaborazione per *stralci funzionali*.

Tra essi assume un rilievo primario il *Piano stralcio per Assetto Idrogeologico* (PAI), il cui scopo fondamentale è quello di "garantire al territorio del bacino del fiume Po un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico" (art. 1, comma 3 delle Norme di Attuazione del PAI).

Le misure principali individuate dal PAI sono la realizzazione di interventi di difesa e l'apposizione di vincoli su porzioni di territorio particolarmente esposte ai fenomeni di dissesto idraulico ed idrogeologico.

Per il fiume Po e i suoi principali affluenti, il PAI mira a raggiungere un *assetto di progetto* della regione fluviale, raggiungendo un equilibrio tra le componenti naturali e quelle antropiche, tra loro tendenzialmente conflittuali.

Per ottenere tali risultati, il PAI ha introdotto un particolare strumento, finalizzato a classificare (in virtù del diverso livello di rischio presente) le aree prossime ai corsi d'acqua esposte al deflusso delle piene ed a fenomeni di esondazione: si tratta delle *Fasce fluviali A, B e C* (definite e disciplinate specificamente dagli articoli 28 ss. delle NA del PAI).

Per i territori inclusi in tali Fasce fluviali, il PAI stabilisce numerose disposizioni di *vincolo*, volte a limitare quei particolari usi del suolo che possono incrementare il rischio.



Nel perseguimento dell'assetto di progetto ottimale, i vincoli del PAI si rendono senz'altro necessari e sono, per così dire, gli ideali "paletti" con cui si vuole evitare un ulteriore incremento di criticità nelle aree a rischio.

Così molte delle disposizioni di vincolo relative alle Fasce A e B dettano norme in materia urbanistica ed edilizia. Da una loro lettura complessiva, si può rilevare che il PAI è orientato, in generale, a favorire la *delocalizzazione* degli edifici al di fuori delle fasce fluviali ed a limitare il più possibile gli interventi di nuova edificazione e di ampliamento degli edifici preesistenti; inoltre gli interventi di natura conservativa ammessi devono essere sempre accompagnati da adeguate misure di mitigazione del rischio.

Tuttavia la tutela delle fasce fluviali costituisce solo un punto di partenza, ma non può esaurire la "mission" della pianificazione di bacino. Lo stesso art. 1 comma 3 delle NA del PAI, richiamato in precedenza, stabilisce infatti che il Piano persegue gli obiettivi di sicurezza *anche* per il tramite del "recupero delle aree fluviali, con particolare attenzione a quelle degradate, anche attraverso usi ricreativi" e, specificamente, con l'individuazione di interventi finalizzati "alla tutela ed al recupero dei valori monumentali, paesaggistici ed ambientali presenti e/o la riqualificazione delle aree degradate".

Fissati i "paletti", l'Autorità di bacino del fiume Po si è dunque orientata verso la *valorizzazione* di ciò che questi paletti sono rivolti a difendere.

Come si è visto, il PAI favorisce la delocalizzazione degli *insediamenti* al di fuori delle Fasce fluviali A e B.

Tuttavia, non sempre è possibile procedere in tale

direzione e spesso per ragioni non solo economiche. Ma vi è di più: vi sono ipotesi in cui, per il conseguimento delle finalità del PAI, non è neppure opportuno utilizzare lo strumento della delocalizzazione. Si pensi al caso degli immobili adibiti ad attività turistico - ricreative rispetto alle quali il corso d'acqua costituisce un elemento imprescindibile. Possiamo citare, ad esempio, gli impianti sportivi delle associazioni di canottaggio, che sono una realtà da tempo diffusa lungo gran parte dell'asta del Po e non solo; oppure gli importanti reperti di archeologia industriale costituiti dalle opere idrauliche storiche e dagli edifici annessi.

Ebbene, è proprio con riferimento a casi come questi che si può notare il limite di una disciplina solo vincolistica.

E' pertanto necessario fornire, oltre ai divieti, anche idonei strumenti per la *conservazione* e la *tutela* di particolari categorie di insediamenti presenti nelle Fasce A e B, allorché il loro mantenimento sia complessivamente preferibile rispetto alla dismissione o alla delocalizzazione.

Questo documento costituisce quindi un contributo tecnico-scientifico per approfondire la conoscenza sulla vulnerabilità degli edifici esposti ai rischi derivanti dalle piene nelle Fasce fluviali "A" e "B" definite dal PAI, con particolare riguardo a quelli che, per loro peculiari caratteristiche (storiche, sociali, sportive ecc.), possono assumere un rilievo significativo per la conservazione e la valorizzazione del territorio fluviale.



ALCUNI CONCETTI CHIAVE: Rischio, Pericolosità e Vulnerabilità

Affrontare il tema della riduzione della vulnerabilità delle strutture realizzate in aree esondabili ci obbliga innanzitutto a richiamare alcuni concetti generali che riguardano il rischio da alluvione.

La vulnerabilità è infatti una delle componenti del rischio, che può essere rappresentato dalla formula:

**Rischio =
Pericolosità x Valore bene esposto x Vulnerabilità**

La pericolosità esprime l'entità del fenomeno (alluvione/ sisma/frana/ ecc) e la probabilità che si manifesti in un arco temporale più o meno ampio.

La vulnerabilità può esprimersi come il danno atteso, ovvero la percentuale di riduzione del valore che il fenomeno calamitoso produce sul bene; si definisce atteso perchè riferito ad un fenomeno la cui intensità e la cui frequenza non è certa ma legata ad una curva di probabilità.

La vulnerabilità è normalmente proporzionale alla intensità del fenomeno.

Per ridurre il rischio possiamo quindi agire sui tre fattori (pericolosità, valore e vulnerabilità), ricercando, ove possibile, la miglior combinazione in termini di costi/benefici.

La recente direttiva europea sulle alluvioni (Direttiva 2007/60/CE) prevede proprio una stretta correlazione tra gli interventi per la difesa del suolo e il beneficio economico che ne può derivare.

Il Piano per l'assetto idrogeologico (PAI) dell'Autorità di bacino del fiume Po affronta il tema della mitigazione del

rischio mediante interventi strutturali e non che ottengano una riduzione delle sue singole componenti.

In particolare per la diminuzione della pericolosità il PAI ha disegnato un assetto delle difese idrauliche del fiume Po e del reticolo idrografico dimensionato per fenomeni di piena con tempi di ritorno di 200 anni.

La riduzione del valore dei beni esposti si attua invece con quegli articoli normativi del PAI che governano l'uso del suolo nelle aree soggette ad esondazione, così da limitare la presenza di edifici, impianti e attività altrimenti localizzabili.

Per quanto riguarda il danno da alluvione, l'Autorità di bacino ha già emanato due importanti direttive relative alla riduzione della vulnerabilità per i manufatti di attraversamento dei corsi d'acqua e per gli impianti di trattamento dei rifiuti.

Esplorare in modo esteso questo campo però non è cosa semplice, perchè si intuisce che la vulnerabilità di un edificio o di un impianto o di una sua specifica componente dipende non solo dall'intensità dell'evento, ma dalle tipologie e dalle caratteristiche costruttive del bene stesso, innumerevoli e non sempre note.

Il lavoro che viene presentato in questo opuscolo è frutto di uno studio condotto per tipologie edilizie che potremmo definire minori in termini di impatto, ma nondimeno significative in termini di valore sociale.

La ricerca è partita dagli impianti sportivi e turistico-ricreativi, che rappresentano una presenza storica e consolidata sul fiume e sono ritenuti una componente importante in una ottica di valorizzazione del territorio fluviale.

I risultati dello studio sono poi estensibili alle altre tipologie edilizie analoghe a quelle esaminate.



EFFETTI DI PIENA SUGLI EDIFICI

Le azioni della piena contro gli edifici si possono riassumere in due categorie:

-quelle indotte dalla presenza dell'acqua: **la spinta idrostatica orizzontale (1)**, **la spinta di galleggiamento (2)**, e **la contaminazione dovuta all'immersione (3)**



Nei punti che seguono tali azioni vengono descritte e vengono proposti metodi per quantificarle, in modo da poterle prendere in considerazione nel calcolo strutturale e nella progettazione di ristrutturazioni o adeguamenti

-quelle in funzione della velocità della corrente, cioè la **spinta idrodinamica (4)**, **l'impatto** degli oggetti portati dalla piena (5) e lo **scalzamento** delle fondazioni (6).



1. SPINTA IDROSTATICA ORIZZONTALE

La spinta idrostatica è la forza che l'acqua esercita su ogni oggetto sommerso. Il valore della spinta orizzontale dipende dal livello raggiunto dall'acqua.



$$F_h = \frac{1}{2} \gamma H^2$$

F_h = spinta dovuta all'acqua per unità di larghezza della parete

γ = peso specifico dell'acqua

H = altezza della parte sommersa della parete

COME PROTEGGERSI

Un metodo semplice ed efficace per ridurre la spinta sulle pareti consiste nel predisporre la struttura per l'ingresso controllato dell'acqua, in modo da creare una contropressione interna che contrasti quella esterna.



Se una parte è interrata:

$$F_h = \frac{1}{2} K_0 \gamma^1 D^2 + \frac{1}{2} \gamma H^2$$

F_h = risultante delle spinte dovute all'acqua e al suolo saturo

$\gamma^1 = (\gamma_s - \gamma)$

γ_s = peso specifico del suolo saturo

K_0 = coefficiente di spinta a riposo(*)

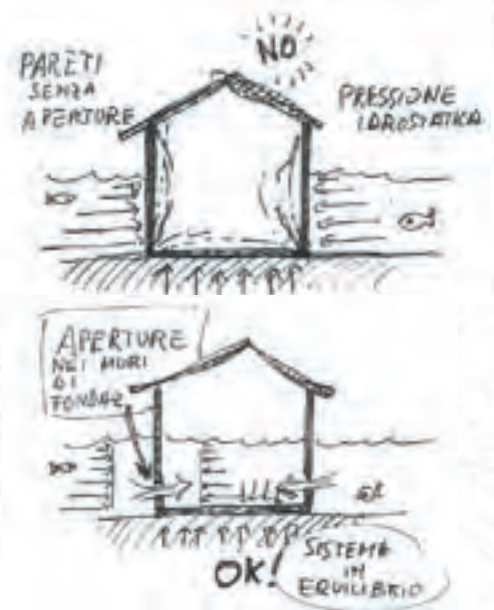
D = altezza della parete interrata

(*) V.ad es. Colombo P. Colleselli F. "Elementi di Geotecnica" Ed.Zanichelli 2004

DIMENSIONAMENTO DELLE APERTURE

- Per ottenere spinte trascurabili si devono dimensionare le aperture in modo che la differenza tra il pelo libero dell'acqua tra ambiente interno ed esterno non superi i 30 cm nelle peggiori condizioni di piena. Differenze maggiori possono provocare danni strutturali alle mura perimetrali
- Le aperture devono essere equipaggiate con griglie per evitare ingresso di animali, per le norme di igiene.
- Le aperture possono essere ostruite dai detriti trasportati dalla piena, perciò devono essere previste almeno due aperture. La sicurezza migliora quando le aperture sono situate in almeno due lati differenti dell'area chiusa.
- Le aperture sul lato dove agisce la principale direzione della corrente di piena sono più esposte al rischio di otturazione perciò dovranno avere la superficie moltiplicata per un coefficiente di sicurezza pari a 5.
- La dimensione deve essere almeno 50 cm² di

apertura per ogni m² di superficie orizzontale allagata. N.B.:Le aperture contrastano la spinta idrostatica ma non quella idrodinamica



2. SPINTA DI GALLEGGIAMENTO

Nel caso di un oggetto sommerso le forze idrostatiche agiranno in due diverse direzioni.

Oltre alle forze orizzontali, già analizzate nel paragrafo precedente, agiranno anche forze verticali, altrimenti dette spinte di galleggiamento, che inducono il sollevamento della costruzione dal suo sistema di fondazione o di pavimentazione, ad esempio sollevando una piscina vuota.

$$F_v = \gamma A H$$

F_v = forza verticale

γ = peso specifico dell'acqua

A = area della superficie orizzontale a contatto con l'acqua

H = affondamento della superficie orizzontale rispetto al livello di piena (pelo libero)

COME PROTEGGERSI

Permettendo all'acqua di entrare nell'edificio le spinte di galleggiamento verranno bilanciate. Nel caso in cui non venga permesso all'acqua di entrare, l'edificio dovrà avere un peso tale da contrastare la spinta di galleggiamento e la soletta dovrà essere progettata e armata in modo da tenere conto del momento negativo che avrà il suo massimo al centro della soletta.



3. IMMERSIONE PROLUNGATA

L'immersione prolungata in acqua può arrecare danni alle finiture, agli oggetti contenuti, all'arredo, alla struttura e provocare contaminazione da agenti inquinanti.

COME PROTEGGERSI

Tutte le parti della costruzione al di sotto del livello di massima piena sono passibili di essere inondate e devono essere fatte di materiali resistenti alla piena.

Un "materiale resistente alla piena" è definito come qualsiasi materiale da costruzione capace di resistere ad un contatto prolungato con le acque senza riportare un danno significativo.

Per la scelta del materiale occorre far riferimento a elenchi che quantificano l'idoneità e la classe di resistenza del materiale, e compatibilmente ad altre norme vigenti p.es. in materia di sicurezza.

Attenzione anche a adesivi e collanti: non devono essere solubili in acqua.

Oltre alla scelta dei materiali, una particolare attenzione deve essere posta alla tipologia costruttiva.

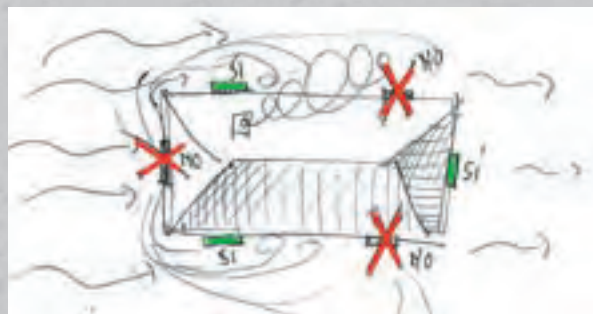
Per evitare il ristagno dell'acqua di piena, vanno evitate nella costruzione intercapedini non accessibili, vespai areati non visitabili e deve essere curata la rete di drenaggio esterna all'edificio.

Il livello del pavimento deve essere più alto di quello del terreno, e sono da evitare barriere sulle soglie che ostacolano il defluire dell'acqua.

L'uso di aree chiuse al di sotto del piano più basso negli edifici residenziali deve essere limitato a ciò che in caso di piena non comporti danno strutturale all'edificio: parcheggio, accesso all'edificio, area di deposito...

Si consiglia di posizionare gli accessi e le aperture per l'ingresso dell'acqua lungo pareti non direttamente investite dall'acqua di piena, in questo modo si riduce di molto l'ingresso e l'accumulo del fango e di detriti all'interno dell'edificio.

Quando l'entrata dell'acqua nell'edificio non può essere impedita, è possibile ridurre significativamente i danni grazie all'uso degli ambienti in previsione dell'inondazione, con il trattamento degli interni e con il posizionare in salvo gli impianti.



4. SPINTA IDRODINAMICA

E' la forza che agisce sulle superfici non orizzontali esposte al movimento della piena. La stima a priori della forza idrodinamica è basata sulla velocità attesa della piena di riferimento.

$$Fd = \frac{1}{2} C_d \rho V^2 A$$

dove

Fd = spinta dinamica esercitata dalla corrente (N)

C_d = coefficiente di drag

ρ = densità dell'acqua (1000 kg/m³)

V = velocità della corrente (m/s)

A = area della proiezione dell'edificio in direzione perpendicolare alla corrente (m²).

Il coefficiente di drag C_d dipende dalla forma dell'edificio e da altri fattori. Per un normale edificio isolato, C_d può variare fra 0.8 e 2 a seconda della profondità e della direzione della corrente che lo investe, ma può assumere valori molto più alti (anche 5 o 6 volte superiori) in condizioni di vicinanza ad altri oggetti interferenti, quali altri edifici, argini, ostacoli vari.

COME PROTEGGERSI

Se la velocità della corrente è alta (più di 1,5 metri al secondo) si dovrebbe prendere in considerazione una struttura diversa dai muri pieni, e/o sopraelevare l'edificio in modo da minimizzare le superfici contrapposte alla corrente.



Piloni, colonne e pali permettono in genere di realizzare fondazioni sicure. Questi tipi di fondazione funzionano bene sia in zona costiera soggetta a onde e correnti, sia in zone fluviali soggette a piena.

Nel caso di costruzioni in fascia B, con una velocità che non supera 0,4 m/s, la spinta idrodinamica di norma non desta preoccupazioni, ma con velocità di piena superiori l'importanza della spinta idrodinamica aumenta.

Sarebbe bene in ogni caso controventare la struttura delle costruzioni esposte a piena per limitare le deformazioni, e costruire pilastri tozzi che non entrino in crisi nel rispondere a momenti del second'ordine.

5. IMPATTO DEI DETRITI

Il danno è provocato dalla forza dovuta all'impatto degli oggetti portati dalla piena contro le superfici verticali investite. Tali forze rappresentano la più grande incognita per il progettista, ma per sviluppare un progetto si deve farne una valutazione. Gli oggetti portati dalla piena esercitano la massima forza se orientati secondo corrente, con il lato minore che colpisce l'ostacolo e il lato più lungo parallelo alla corrente.

E' comune il ricorso alternativo a tre metodi di stima:

Spinta-momento(FEMA1995),

Lavoro-energia(NAASRA 1990),

Rigidezza di impatto(AASHTO 1998).

La FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (FEMA) americana ha confrontato i tre metodi dimostrando che sono sostanzialmente equivalenti nel caso di impatto di tronchi sulle strutture.*

I tre metodi si basano sulla velocità a cui viaggiano gli oggetti contundenti (qui chiamati per brevità "detriti") e la massa di questi. Ciascuno però richiede un parametro aggiuntivo che va determinato: il primo metodo chiede la durata di arresto dell'oggetto, il secondo la distanza di arresto, e l'ultimo chiede l'effettiva rigidezza



dell'impatto.

•L'approccio Spinta-momento (FEMA1995)

assume che la durata dell'impatto sia pari a 1.0 s. La massa dell'oggetto è stimata in 453 kg (1000 pounds), ma può essere ridotta a 227 kg (500 pounds) nelle aree soggette a un minor flusso di detriti. Tutte le aree soggette a forte flusso di detriti, (come le regioni montane o aree soggette a valanghe o smottamenti) non sono siti appropriati per costruzioni, se nel progetto e nell'armare l'edificio non è stato tenuto conto di queste forze. Spesso l'armatura risultante dai calcoli non è economicamente proponibile.

$$F_i = Wv/gt = mV/t$$

dove

F_i = forza d'urto (N)

W = peso dell'oggetto impattante (N)

m = massa dell'oggetto impattante (kg)

V = velocità dell'oggetto (m/s)

g = accelerazione di gravità (9,806 m/s²)

t = durata dell'impatto (s)

Considerando come oggetto galleggiante un'auto dal peso di 1.5 ton che urti la parete di un edificio posto in fascia B con la velocità di 0,4 m/s, ipotizzando un tempo di durata dell'impatto di 1 s, la forza d'urto trasmessa è pari a 600 N (circa 60 kgf).

Un tronco di 500 kg a parità di condizioni trasmette una forza d'urto di 200 N (20 kgf).

Il problema non è però l'entità del carico, ma la concentrazione di questo su una piccola superficie di impatto. Il problema dell'impatto dei detriti diventa invece grave all'aumentare della velocità e al diminuire della durata di impatto, come succede nelle piene a carattere torrentizio, oppure in fascia A.

•L'approccio Lavoro-energia (NAASRA 1990)

$$F_{i,max} = mu^2/S = Wu^2/gS$$

dove:

$F_{i,max}$ = forza d'urto (N)

W = peso dell'oggetto (N)

m = massa (kg)

u = velocità dell'oggetto (m/s)

g = accelerazione dovuta alla gravità (9,806 m/s²)

S = distanza di arresto (m)

La distanza di arresto varia a seconda del materiale della parete: ecco alcuni valori proposti nella letteratura tecnica:

distanza di arresto contro parete in legno $S = 300$ mm

distanza di arresto contro parete in blocchi di calcestruzzo con intercapedine $S = 150$ mm

distanza di arresto contro parete in calcestruzzo armato $S = 75$ mm

Alcune norme forniscono direttamente il valore dell'energia del detrito impattante, pari a $0.5 mu^2$.

•L'approccio Rigidezza di impatto(AASHTO 1998)

$$F_{i,max} = u (Km)^{1/2}$$

dove:

$F_{i,max}$ = forza d'urto (N)

m = massa (kg)

u = velocità dell'oggetto (m/s)

K = effettiva rigidezza di impatto (N/m)

Nel caso di tronchi contro una struttura rigida, i test di laboratorio condotti hanno identificato una rigidezza costante di impatto pari a 2,4 MN/m.

COME PROTEGGERSI

Per strutture a telaio portante e tamponamenti:

al di sotto della quota di massima piena, occorre costruire mura di tamponamento armate in modo da scaricare il carico sulla struttura verticale portante (meglio se controventata e comunque dimensionata in modo da assorbire i carichi). Strutture a muratura portante come quelle dell'architettura tradizionale resistono bene se la sezione del muro è sufficiente ad assorbire l'impatto.

6. EROSIONE E SCALZAMENTO

Gli edifici solitamente non sono progettati per resistere alle azioni di un'alluvione, si rischia quindi di non conoscere le conseguenze che l'erosione comporta. La crisi delle fondazioni nelle strutture soggette all'inondazione è una causa importante di danno strutturale.

Il processo di erosione è favorito dai seguenti fattori: terreno non coesivo, assenza di copertura vegetale o artificiale, alta velocità dell'acqua.

Per calcolare la **velocità critica** oltre la quale si innesca il movimento di materiale solido sul fondo si possono utilizzare varie formule che solitamente mettono in relazione la dimensione dell'inerte in questione, il tirante medio a monte dell'ostacolo, e opportuni coefficienti sperimentali.

Nella fascia B la velocità della corrente in piena non dovrebbe superare i 0,4 m/s, quindi parrebbe che il problema dell'erosione non sia neanche da prendere in considerazione.

Però in prossimità dello spigolo della parete che ostacola la corrente, la velocità può aumentare del 70% e arrivare a 0,68 m/s, quadruplicando il potenziale erosivo della corrente.

Di norma però la possibilità che si inneschi il fenomeno dell'erosione in fascia B è da prendere in considerazione



Vista dall'alto di un ostacolo rettangolare posto su fondo sabbioso in seguito a simulazione di piena: si vede l'erosione del suolo in prossimità degli angoli, le frecce blu indicano la direzione della corrente.

Immagine di laboratorio, Dipartimento di Idraulica, università degli Studi di Pavia

nei casi di costruzione su terreni sabbiosi o in zone in cui la velocità in piena possa superare quella attesa per qualche particolare ragione (rottura argini, strozzamento dell'alveo, formazione di corridoi d'acqua tra ostacoli..).

Un metodo semplice (Liu, et al., 1961 e Grill, 1972)* per calcolare la profondità di scalzamento viene proposto dalla FEMA (Federal Emergency Management Agency)

(*) Engineering Principles and Practices of Retrofitting Flood-Prone Residential Structures January 1995)

Per gli edifici soggetti a piena:
 $S_{max} = d[1,1(a/d)^{0,4} (V/gd)^{0,5}]^{0,33}$

Dove:

S_{max} = massima profondità di erosione (m)

d = tirante a monte della parete (m)

a = semi-lunghezza della parete opposta alla corrente (m)

v = velocità della corrente (m/s)

g = accelerazione di gravità (9,806 m/s²)



Il livello di profondità di scalzamento è funzione anche del tipo di suolo su cui l'edificio insiste, perché la velocità critica capace di smuovere il terreno dipende anche dalla granulometria. Se la velocità di piena

non supera la velocità critica, non si avrà erosione, in caso contrario si potrà stimare l'entità dell'erosione con la formula citata o con altri metodi.

COME PROTEGGERSI

Da evitare in zone soggette a piena fondazioni superficiali, a platea, mura portanti costituite da materiale disgregato (mattoni + pietre), fondazioni continue poco profonde. Il sistema a mura portanti in pietre o mattoni, così diffuso in passato, nel momento in cui entra in crisi un angolo (in seguito all'erosione localizzata), tende a cedere e a far crollare parti di facciata.

Quindi si suggerisce per le nuove costruzioni o le ristrutturazioni di preferire le palificate a sostegno delle travi di fondazione, con profondità sufficiente ad impedire movimenti nella struttura dovuti allo scalzamento.

Per gli edifici esistenti, sarebbe opportuno proteggere l'intorno con pavimentazione da esterni, in modo che non si inneschi il fenomeno erosivo localizzato, soprattutto in prossimità dello spigolo.



RIDURRE L'ATTUALE VULNERABILITÀ: MISURE ATTIVE E MISURE PASSIVE

Per ridurre la vulnerabilità degli edifici già realizzati all'interno delle aree di pertinenza fluviale si possono attuare misure passive o attive: misure di emergenza sono possibili soltanto in caso di sufficiente tempo di allerta, che permetta di porre in essere le azioni e gli strumenti necessari a rendere efficienti le misure di sicurezza.

Tuttavia, è preferibile sforzarsi con ogni mezzo di progettare misure di prevenzione passive che non richiedano l'intervento umano.

Le misure attive si possono riassumere in azioni volte a impedire l'ingresso dell'acqua, quali il posizionamento di barriere in apposite guide sulle soglie e davanti alle finestre, sacchi di sabbia, barriere gonfiabili, la movimentazione manuale di valvole per evitare l'ingresso delle acque di piena dai sanitari o dagli impianti, lo spostamento di beni deteriorabili ai piani alti.

Sondaggi effettuati dopo eventi di inondazione hanno riportato testimonianza della scarsa efficacia dei tentativi di tenere l'acqua all'esterno. Le misure attive hanno infatti bisogno di manutenzione e esercitazioni per addestrare le persone addette: per rendere inutile lo sforzo basta infatti che un solo accesso venga dimenticato o che una guarnizione sia rovinata. A volte non c'è sufficiente tempo di allerta o chi dovrebbe agire non si trova sul posto. Vengono qui riportate le **misure passive** proposte:

A Elevare: sollevare le strutture esistenti sopra terrapieni o elementi di fondazione quali muri perimetrali, colonne, piloni.

B Delocalizzare: spostare la struttura esistente al di fuori delle aree a rischio.

C Impermeabilizzare: trasformare le strutture di fondazione esistenti, pavimenti e pareti in modo da contrastare le forze di piena rendendo la struttura impermeabile.

D Allagamento guidato: permettere all'acqua di entrare in modo da evitare danni strutturali.

E Barriere: costruire mura di contenimento alla piena intorno alla struttura.



(A) ELEVARE

La struttura esistente viene sollevata dal suolo grazie a sistemi di sollevamento idraulici e a travi inserite al di sotto della struttura orizzontale più bassa. In seguito si procede alla costruzione di nuove fondazioni o al completamento di quelle esistenti, scegliendo la struttura più appropriata fra colonne, mura continue, fondazione aperte o in alcuni casi un terrapieno.



Anche se l'elevazione aumenta la protezione delle strutture dalla piena, vanno considerate le altre azioni prima di scegliere questa strategia: elevare la struttura può portare ad avere forze di vento maggiori, sulle pareti e sulla copertura, inoltre le fondazione esistenti devono portare carichi maggiori. Scegliere una fondazione aperta può comportare cedimenti, movimenti e danni causati dalle attività sismica, erosioni, galleggiamento dei detriti, dal fango, e forze alluvionali più degli altri tipi di fondazione.

ELEVAZIONE SU MURO PERIMETRALE DI FONDAZIONE

Sopraelevare l'edificio su di un perimetro di fondazione grazie ad un muro è un'operazione normalmente usata nelle aree a moderata velocità di allagamento.

Dopo che la struttura viene distaccata dalle sue fondazioni, le mura di supporto possono essere costruite in verticale usando materiali tipo blocchi in calcestruzzo o gettate in opera. Considerando la struttura e i potenziali carichi (ad esempio vento, carico sismico e neve), può essere necessario costruire nuove e più larghe fondazioni.

Può essere anche utile rinforzare le fondazioni esistenti e la muratura utilizzando barre d'acciaio per garantire la stabilità strutturale. Le piene possono generare carichi che portano al collasso la struttura anche senza considerare i tipi di materiali utilizzati. Costruire mura di fondazione attrezzate con aperture o valvole aiuta a ridurre la vulnerabilità da spinte idrostatiche. Caldaie e circuiti elettrici devono essere posizionati al di sopra del livello di massima piena.



ELEVAZIONE SU SISTEMI DI FONDAZIONE APERTA

I sistemi di fondazione aperta sono componenti strutturali che sostengono la struttura in punti chiave senza supporto di muri di fondazione continui.

ELEVAZIONE SU PILASTRI

L'esempio più comune di fondazioni aperte sono i pilastri che appoggiano su fondazioni a plinto.

A dispetto del loro frequente utilizzo nelle costruzioni, i pilastri sono spesso le tecniche di elevazione meno appropriata per contrastare significative forze orizzontali di piena. Convenzionalmente, i pilastri vengono progettati considerando carichi verticali, mentre esposti alla piena sono sollecitati da forze orizzontali dovute alla velocità dell'acqua o all'impatto dei detriti.

Altri tipi di carichi orizzontali sono quelli sismici, e per questa ragione devono essere progettati pilastri adeguati a resistere al massimo carico orizzontale che può investirli. I pilastri andrebbero utilizzati in condizioni di flusso lento di acqua, detriti o ghiaccio, e realizzati in blocchi di calcestruzzo o in cemento gettati in opera. In entrambe i casi barre di acciaio devono essere utilizzate per ancorare i pilastri alle fondazioni su cui questi poggiano. E' inoltre preferibile che i giunti tra la struttura dell'edificio e i pilastri siano progettati per resistere ad azioni sismiche, vento, e forze di piena.



ELEVAZIONE SU COLONNE

Questo tipo di soluzione viene adottata in condizioni di piena a bassa velocità. Costruite in legno, acciaio o in cemento armato prefabbricato, presentano generalmente una forma tale da potere facilmente essere ancorati alla struttura della casa. Poste in appositi fori, le colonne sono normalmente ancorate o annegate in pasta di cemento per avere una corretta resistenza ai carichi.

Cemento, ghiaia o roccia sgretolata, vengono normalmente inseriti all'interno della fossa ed intorno alla base della colonna.

Mentre i pilastri vengono progettati come elementi di supporto completo, in grado di resistere a flessione e compressione, le colonne normalmente devono essere controventate: vi è una grande varietà di tecniche per ottenere ciò, ad esempio colonne di legno unite con barre d'acciaio agli estremi opposti.



ELEVAZIONE SU PALI

I pali, a differenza delle colonne, vengono generalmente inseriti nel terreno; in questo modo sono meno suscettibili agli effetti dell'alta velocità della piena, delle scorie e dell'impatto dei detriti.

I pali possono essere infissi fino a incontrare uno strato solido di terreno, oppure penetrare nel terreno abbastanza da trasmettere i carichi al sottosuolo grazie all'attrito laterale. I pali vengono spesso realizzati in legno, oppure in acciaio e cemento precompresso. Come i pilastri, spesso possono richiedere controventi.

Poiché la battitura dei pali richiede generalmente costose attrezzature, una costruzione esistente normalmente viene sopraelevata con altri metodi, visti i costi addizionali e le necessità di spazi che questa tecnica prevede.



(B) DELOCALIZZARE

Un altro metodo di proteggere la struttura dalla piena è quello di spostare l'edificio di una zona meno soggetta ai danni di piena.

L'edificio può essere demolito e ricostruito altrove, o se il sistema costruttivo e le dimensioni lo permettono, venire svincolato dalle fondazioni, spostato e sistemato in luogo sicuro.

La procedura normalmente prevede di porre la struttura su una piattaforma mobile, l'edificio viene poi trasportato nel nuovo sito e collegato alle nuove fondazioni.

Rilocalizzare è una misura appropriata nei casi di aree ad alto rischio di inondazione dove vi sia pericolo per gli abitanti.

È una soluzione inoltre indicata per quelle comunità che vogliono utilizzare i nuovi spazi creati dalla delocalizzazione per altre più appropriate attività.

Come per l'elevazione, la rilocalizzazione richiede procedimenti addizionali che normalmente incrementano i costi: muovere la struttura e preparare il nuovo sito e le nuove fondazioni nonché la sistemazione del sito abbandonato.

Alcuni tipi di struttura possono essere facilmente spostate intere o a pezzi: le case di legno a telaio sono le più facili da muovere soprattutto se posate su solaio areato o su basamento. Invece edifici costruiti in mattoni, cemento o blocchi sono meno facili da muovere ed i costi di spostamento si alzano. Prima di effettuare lo spostamento si consiglia di smontare camini di mattoni e parti della casa che possono essere rimosse.

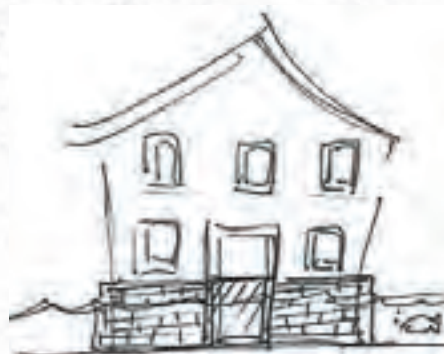


(C) IMPERMEABILIZZARE

Un altro approccio contro i danni da piena è quello di proteggere la parte della struttura al di sotto del livello di piena, rendendola impermeabile.

L'obiettivo di questo approccio è di rendere le pareti e le altre parti esterne impermeabili al passaggio dell'acqua di piena.

Viene creata una membrana che include il rivestimento della muratura, con composti impermeabili, guaine bituminose o pareti supplementari impermeabili come ad esempio cemento armato gettato in opera. Porte, pareti al di sotto della linea d'acqua devono essere chiuse con protezioni o valvole permanenti o mobili.



La durata della piena è un aspetto critico se si usa questo sistema, visto che la durata prolungata dell'allagamento può rendere la protezione impermeabile inefficace: materiali impermeabili possono infatti deteriorarsi se esposti all'acqua per periodi prolungati.

Questa tecnica di protezione può essere utilizzata esclusivamente in zone in cui il livello dell'acqua non superi il metro di altezza, dato che le pareti e pavimenti delle strutture residenziali potrebbero collassare se sottoposti a livelli di piena maggiori.

Quando si utilizza questa tecnica, si considera una parete impermeabilizzata solo se costruita in blocchi di cemento o in mattoni. In caso di costruzioni in legno, si consiglia di costruire uno strato di protezione in mattoni o cemento all'esterno della parete in legno. Una parete in legno infatti non offre abbastanza resistenza alle spinte della corrente.

(D) ALLAGAMENTO GUIDATO

Un altro modo per proteggere la struttura dalle acque di piena è quello di permettere l'entrata dell'acqua nelle zone sottostanti il livello di massima piena, in modo da bilanciare la spinta idrostatica sul pavimento e le pareti.

Questa tecnica è utilizzata quando le altre non sono tecnicamente possibili o troppo costose. È necessario rilocalizzare quelle attrezzature che eventualmente fossero posizionate al di sotto del livello di massima piena, quali i pannelli elettrici e la centrale termica. Richiede inoltre una manutenzione ai locali allagati una volta che la piena retrocede.



(E) BARRIERE

Un altro metodo per la protezione dalle piene è quello di costruire barriere che allontanino la corrente in piena. Sono possibili due tipi di barriere: rilevati in terra e mura di contenimento.

Possono essere costruiti in varie altezze, in funzione dei costi, dell'estetica, degli accessi, della spinta idraulica e dello spazio occupato. Questo tipo di protezione non è sempre possibile né sempre compatibile.

È preferibile realizzare rilevati con terreni compattati e solo in zone in cui l'altezza di piena è minore di 1.5 m.

Le mura di contenimento sono di solito costruite in calcestruzzo armato. Particolare cura deve essere posta nel posizionamento dell'armatura di modo che la barriera funzioni come una mensola e resista al carico dell'acqua su di una parete sola. Dato che i costi di un muro di contenimento sono più alti che per un terrapieno, andrebbero preferiti nei casi in cui la velocità della corrente potrebbe facilmente erodere i terrapieni.



CONSIGLI PER LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ DEGLI EDIFICI IN AREE A RISCHIO DI ALLUVIONE

Vengono di seguito analizzate le problematiche che un evento di piena pone nella realizzazione delle parti di un edificio.

1 TIPOLOGIA STRUTTURALE E MATERIALI

Negli interventi di manutenzione straordinaria, oppure in quei casi in cui il PAI consenta la realizzazione di nuove strutture, la massima attenzione e' da porre nella forma dell'oggetto che in caso di piena sarà investito dalle acque.

Il lato direttamente investito dalla corrente dovrà essere il più breve possibile, in modo da offrire una piccola superficie all'impatto dei detriti e alla spinta idrodinamica. In questo modo verrebbe limitato anche l'eventuale scalzamento delle fondazioni.

Il livello del pavimento del piano terra dovrà essere rialzato ad una quota superiore al livello della piena di riferimento o delle sommità arginali, e al di sotto di questa quota gli ambienti chiusi o aperti dovranno essere destinati a deposito di materiali non deperibili se bagnati, oppure come accesso all'edificio. Questi ambienti dovranno essere ispezionabili per permettere la pulizia e l'aerazione a fine evento, ed essere provvisti di aperture per permettere l'ingresso dell'acqua in modo da contrastare la pressione idrostatica. Si deve porre attenzione in special modo al drenaggio all'esterno dell'edificio, in modo da favorire un veloce ritiro dell'acqua. Per quanto riguarda i materiali da utilizzare si consiglia di fare riferimento alla tabella di seguito riportata.

Solo i materiali di classe 4 e 5 sono accettabili per le aree sotto livello di piena. In qualche circostanza le classi 1,2 e 3 dei materiali sono permesse sotto il livello di piena, quando specificatamente richiesto per venire incontro a norme locali concernenti le uscite di sicurezza. Sono comunque privilegiati quei materiali che pur rispettando le leggi

per la sicurezza della vita, abbiano il massimo di resistenza al danno delle acque di piena. Le seguenti tabelle di classificazione dei materiali da costruzione sono state tratte da:

U.S. Army Corps of Engineers (COE) 1992 "Flood Proofing Regulations"

•Classe 5 Alta resistenza ai danni di piena. Materiali di questa classe sono permessi per uso esterno, esposti senza protezione all'acqua

•Classe 4 Resistenza ai danni di piena. Materiali di questa classe possono essere esposti o sommersi in ambienti interni senza ulteriori protezioni

•Classe 3 Resistenza ai danni delle acque di lavaggio. Materiali di questa classe possono essere imbevuti dalle acque di lavaggio per periodi brevi

•Classe 2 Non resistono ai danni dell'acqua. Materiali di questa classe richiedono ambienti essenzialmente asciutti che possono essere soggetti a vapore

•Classe 1 Non resistono ai danni dell'acqua. Materiali di questa classe richiedono ambienti secchi

La classificazione dei materiali per pavimentazione è basata sulla loro vulnerabilità ai danni di inondazione. Le classi 1, 2, 3 non sono accettabili sotto il livello di piena per una o più delle ragioni seguenti:

- Le normali colle adesive dei pavimenti galleggianti sono solubili all'acqua o non sono resistenti agli alcali o acidi presenti nell'acqua.
- Materiali di pavimentazione contenenti legno o suoi derivati.
- Materiali di pavimentazione che non resistono all'attacco di alcali o acidi disciolti in acqua.
- Involucri di rivestimento (linoleum..) limitano l'evaporazione da sotto.
- Materiali di pavimentazione impermeabili ma dimensionalmente instabili.

MATERIALI PER PAVIMENTAZIONE

CLASSE

PIASTRELLE DI TERRACOTTA	5
CEMENTO ARMATO, PREFABBRICATO O GETTATO IN OPERA	5
AUTOBLOCCANTI IN CEMENTO	5
RESINE EPOSSICHE GETTATE IN OPERA	5
FINITURA IN MASTICE GETTATO IN OPERA	5
POLIURETANO GETTATO IN OPERA	5
GUAINA CON ADESIVI PREPARATI CHIMICAMENTE	5
PAVIMENTO IN SILICONE GETTATO IN OPERA	5
LASTRE DI VINILE CON ADESIVI PREPARATI CHIMICAMENTE	5
LEGNO TRATTATO A PRESSIONE IN AUTOCLAVE	5
LEGNO NATURALMENTE RESISTENTE AL DEPERIMENTO	5
CEMENTO BITUMINOSO GETTATO IN OPERA	4
LATTICE GETTATO IN OPERA	4
PIANELLE IN GOMMA CON ADESIVI PREPARATI CHIMICAMENTE	4
TERRAZZO	4
PIANELLE DI VINILE CON ADESIVI PREPARATI CHIMICAMENTE	4
PIANELLE DI VINILE MISTO AMIANTO CON ADESIVI ASFALTICI	4
MATTONELLE DI ASFALTO CON ADESIVI ASFALTICI	3
PIASTRELLE CON LEGANTE RESISTENTE AD ACIDI E ALCALI	3
BLOCCHI COMPOSTI IN LEGNO POSATI SU BASE IN CEMENTO	2
BLOCCHI DI LEGNO IMPREGNATI E POSATI IN BITUME CALDO O PECE	2
MATTONELLE DI ASFALTO	1
MOQUETTES (DEL TIPO INCOLLATE A TERRA)	1
PIASTRELLE IN CERAMICA	1

LEGNO RICOSTRUITO	1
SUGHERO	1
FELTRO IMPREGNATO DI SUPPORTO ALLE COPERTURE	1
LINOLEUM	1
MAGNESITE (MAGNESIUM OXYCHLORIDE)	1
MASTICE DI BASE PER LA COPERTURA DEL PAVIMENTO	1
PVA CEMENTO EMUSIONATO	1
GUAINA DI GOMMA	1
PIANELLE IN GOMMA	1
LASTRE DI VINILE (OMOGENEE)	1
PIANELLE DI VINILE (OMOGENEE)	1
LASTRE DI VINILE O PIANELLE (RIFINITE IN SUGHERO O CON PRODOTTI DERIVATI DAL LEGNO)	1
PIANELLE DI VINILE MISTO AMIANTO (SEMI-FLESSIBILE)	1
PAVIMENTI IN LEGNO O FINITI A FELTRO	1

MATERIALI PER PARETI E SOFFITTI

CLASSE

LASTRE DI PASTA D'AMIANTO (E DI STUCCO)	5
MATTONI PROTETTI O VERNICIATI	5
METALLO	5
PIETRA FISSATA CON MALTA IMPERMEABILE	5
LEGNO	2
MATTONI NORMALI	2

CARTONGESSO	
ARDESIA, VETRO PORCELLANATO	5
CEMENTO CON AMIANTO	2
PARETI COMPOSTE, DIPINTE	2
PELLICOLA ESTERNA	2
COMPENSATO	1
PIASTRELLE	
VETRO STRUTTURALE	5
CEMENTO	5
BLOCCHI IN CEMENTO	5
CERAMICA VERNICIATA, PIASTRELLE IN CERAMICA DA MURO	
STUCCATE CON MALTA	4
CERAMICA VERNICIATA, MONTATA CON ADESIVI ORGANICI	2
SUGHIERO	2
PORTE	
LEGNO FORATO	2
LEGNO IN PANNELLI DA COSTRUZIONE LEGGERI	2
LEGNO MASSELLO	2
METALLO KALAMEIN	2
METALLO FORATO	5
PANNELLI IN FIBRA VEGETALE	
DI RIVESTIMENTO (IMPREGNATI O RIVESTITI)	2
SENZA PROTEZIONE	1
PRODOTTI IN GESSO	
LASTRE IN GESSO	2
INTONACO DI CALCE	2
CONTROSOFFITTI IN GESSO INCLUSI QUELLI ACUSTICI	2
PANNELLI DI RIVESTIMENTO PENSATI PER L'ESTERNO	2
VETRO	
VETRO IN BLOCCHI	5
LASTRE, PIASTRELLE COLORATE, PANNELLI	4
PANNELLO IN FIBRA DI LEGNO	
SUPERFICI SMALTATE E PLASTICHE	2
TUTTI GLI ALTRI TIPI	2
ISOLANTE	
A SCHIUMA O DEL TIPO A CELLE CHIUSE	4
TUTTI GLI ALTRI TIPI	2
DEL TIPO A PANNELLO O A MATERASSINO	1
METALLI	
PANNELLI IN FIBRA MINERALE	1
NON FERROSI (ALLUMINIO, LASTRE IN ZINCO O RAME)	3
FERROSI	5

PARETI IN LASTRE PLASTICHE	
POSATE CON ADESIVI IMPERMEABILI, GIUNTATE CON MALTA IMP	3
POSATE CON ADESIVI SOLUBILI ALL'ACQUA	2
PITTURA	
DEL TIPO POLIESTERE E POSSILICO E ALTRI TIPI IMPERMEABILI	4
TUTTI GLI ALTRI TIPI	1
CARTA DA PARATI	1
PARETI DIVISORIE MOBILI	
LEGNO TRATTATO A PRESSIONE	5
METALLO	4
LEGNO NON TRATTATO	2
RIVESTIMENTO IN STOFFA	1
PARETI DIVISORIE FISSE	
LEGNO	5
METALLO	5
VETRO NON RINFORZATO	4
VETRO RINFORZATO	4
O LEGANTE AL LATTICE IDRAULICO	4
GESSO SOLIDO O IN BLOCCHI	1
TUTTE LE ALTRE APPLICAZIONI	1
GOMMA, STAMPATA O TAGLIATA, CON ADESIVO POLIAMMIDICO E POSSILICO	
ACCIAIO (PANNELLI, LASTRE, PIANELLE)	
CON FISSAGGIO IMPERMEABILE	5
CON FISSAGGIO NON IMPERMEABILE	2
PIETRA, NATURALE, PIENA O DA RIVESTIMENTO	
CON FISSAGGIO IMPERMEABILE	5
PIETRA ARTIFICIALE CON FISSAGGIO IMPERMEABILE	5
TUTTE LE ALTRE APPLICAZIONI	2
INCANNICCIATI	
CON FINITURA SUPERFICIALE (CARTA IMPREGNATA DI ASFALTO)	2
TUTTI GLI ALTRI TIPI	2
RIVESTIMENTI DI PARETE	
TIPO CARTA, TELA GREZZA, TESSUTO	1
LEGNO	
PIENO, NATURALMENTE RESISTENTE AL DETERIORAMENTO	5
PIENO, TRATTATO IN AUTOCLAVE A PRESSIONE	5
PIENO STANDARD	2
COMPENSATO	
MARINO	5
TRATTATO A PRESSIONE	5
TRATTATO PER ESTERNI	2
ALTRI TRATTAMENTI	1

Nelle costruzioni esistenti: qualora non sia possibile sopraelevare il pavimento al di sopra del livello di piena, conviene comunque spostare a livello del soffitto gli impianti elettrici, le tracce in cui passano le canalette dovrebbero avere una pendenza tale da favorire una veloce asciugatura dell'impianto, e si consiglia di mettere in salvo su rialzi, o meglio ancora ai piani alti, gli elettrodomestici o l'arredo che si può rovinare in caso di piena.

Se il livello di piena non supera il metro e' inoltre possibile pensare di impermeabilizzare il perimetro esterno dell'edificio con guaine impermeabili protette da un rivestimento, e porre barriere con guarnizioni sulle soglie, da montare manualmente in caso di allerta. Questo sistema non garantisce risultati se la piena supera il livello di impermeabilizzazione, o se viene a mancare l'intervento umano, ma può funzionare bene per eventi di piena moderati riducendo di molto i danni.

2 FONDAZIONI

Per decidere la tipologia delle fondazioni di un edificio si deve far riferimento al tipo di suolo e alla stratigrafia ottenuta con campionature. In zone soggette ad allagamento è però necessario tener conto dell'effetto dello scalzamento delle fondazioni indotto dall'evento di piena. Il sistema a mura portanti in pietre o mattoni, così diffuso in passato, nel momento in cui entra in crisi un angolo in seguito all'erosione localizzata, tende a cedere e a far crollare parti di facciata. *Quindi si suggerisce per le ristrutturazioni, di preferire le palificate a sostegno delle travi di fondazione, con profondità sufficiente da impedire movimenti nella struttura rispetto alle fondazioni continue non armate o ai plinti di fondazione.*

3 VANI INTERRATI

Si suggerisce di non creare cantine oppure spazi completamente interrati in zona allagabile. Se esistono già, è bene verificare la presenza di aperture tipo bocche di lupo o grigie di aerazione in modo da permettere l'ingresso della acqua di piena all'interno dei vani per impedire che la differenza di pressione tra interno ed esterno metta in crisi la struttura portante. Questi luoghi non dovranno essere utilizzati come deposito di beni deteriorabili, ne' come superficie abitabile.

Si consiglia di non prosciugare i suddetti vani se non dopo che il livello dell'acqua contenuta nel terreno non sia sufficientemente basso, se no il divario di pressione tra interno ed esterno potrebbe compromettere la stabilità dell'edificio. Un metodo per sapere se e' possibile prosciugare il locale consiste nel vuotarlo osservando a distanza di qualche giorno se il muro asciugandosi mostri il segno umido del livello dell'acqua nel terreno, e nel caso, aspettando che l'acqua si abbassi ancora prima di procedere oltre.

4 MURATURE

Prima di iniziare a progettare ristrutturazioni o ampliamenti in edifici soggetti a piena, e' necessario conoscere il livello a cui l'acqua arriva con elevati tempi di ritorno. In particolare, si deve considerare il livello della piena di riferimento del PAI. Grazie a quest'informazione si potrà valutare il tipo di muratura da costruire e per quale altezza, ponendo attenzione ai materiali da utilizzare. Al di sotto del livello di massima piena si consiglia

di utilizzare pareti che non presentino intercapedine inaccessibile. Il classico tamponamento a pacchetto composto da blocco esterno, isolante e veletta di mattoni comporta seri problemi se l'isolante non è a cellule chiuse. Questo si impregna d'acqua che difficilmente riesce poi ad evaporare. Invece lo stesso sistema con intercapedine riempita con una schiuma in poliuretano funziona meglio. Tuttavia resta preferibile avere lo strato di isolante facilmente ispezionabile e all'occorrenza smontabile, composto da pannelli rigidi sorretti da guide di metallo o materia plastica. Infatti gli interstizi in luoghi non accessibili danno adito ad accumuli di fango e acqua spesso mischiati ad agenti inquinanti chimici od organici che non potendo defluire rischiano di compromettere la salubrità degli ambienti.

Danni

I muri devono respirare per poter seccare senza conservare umidità

I degradi constatati sono i seguenti:

- *fessurazione legata ai movimenti della soletta*
- *deterioramento dell'intonaco e dei rivestimenti interni ed esterni*
- *conservazione dell'acqua a livello delle battute*
- *isolamento rovinato*
- *persistenza di umidità nel muro*
- *persistenza di umidità nel rivestimento*
- *risalita capillare*

Raccomandazioni

Le parti di muro interrato avranno un rivestimento esterno stagno

Installare un drenaggio perimetrale

Per muri antichi usare intonaco a base di gesso o di calce, per evitare risalita di umidità iniettare prodotti impermeabili alla base del muro

L'impermeabilizzazione di un muro deve avvenire solo su di un lato, nella parte interrata verso l'esterno, in quella fuori terra verso l'interno

Descrizione tecnica

Le mura possono essere realizzate: in pietra, in mattoni vuoti o pieni, in cemento prefabbricato o meno.

Se necessario eliminare gli intonaci troppo impermeabili. Due famiglie di prodotti sono utilizzati: prodotti a base acquosa, sovente dei siliconati e loro derivati, e dei prodotti con solventi spesso dei siliconi. L'impresa consiglierà uno di questi prodotti a seconda del muro (molto omogeneo, omogeneo o con molte cavità) e deve proporre una garanzia di risultato.

Per i muri antichi e in pietra, esistono delle tecniche di intonaco che usano gesso e calce col vantaggio di una buona respirazione e con un buon grado di elasticità che permette una più duratura riparazione.

Per ritardare la penetrazione dell'acqua all'interno del muro una soluzione consiste nell'applicare un rivestimento esterno stagno 20 o 30 cm più alto della quota di massima piena. Attenzione particolare all'aggancio del rivestimento con la muratura.

Se appaiono crepe e fessure dovute a movimenti delle fondazioni non esitare a chiamare i tecnici per un controllo strutturale. Dopo eventuale consolidamento procedere alla chiusura delle crepe.

Per proteggere le parti basse della facciata, è consigliato

mettere in opera molti strati fini di intonaco di calce per ritardare la penetrazione dell'acqua e nel contempo lasciare respirare il muro

L'acqua provoca degrado di ogni sorta (fessure, muffe dovute alla presenza prolungata) che appaiono anche molto tempo dopo la piena

Mura

Più sono spesse e antiche, più a lungo ritengono l'acqua.

Rivestimenti

Carte da parati hanno il vantaggio di essere più facili da togliere e sostituire rispetto a pittura e a materie plastiche

Isolamento

Il sistema di pannelli rigidi su supporti metallici ha il vantaggio di essere facilmente smontabile, il sistema di isolamento incollato non è raccomandato

Tramezzi

Molto fragili in quanto non sono pensati per resistere alla pressione dell'acqua, e generalmente composti da materiali degradabili quali gesso cartone legno e colla. Meglio utilizzare blocchi di gesso idrorepellente

5 SOLETTE

Le sollecitazioni sulle solette poste al di sotto del livello di massima piena sono di due tipi: se la soletta è a contatto col terreno impregnato d'acqua, subisce una spinta di galleggiamento dal basso verso l'alto che rischia di mettere in crisi la stabilità della struttura fino a far inarcare il pavimento o addirittura a farlo saltare. Se il vano sottostante il pavimento non ha aperture di ventilazione, e l'acqua esterna monta al di sopra della soletta, l'aria intrappolata si comprime e può sollecitare nello stesso modo la soletta fino alla rottura. Quindi si suggerisce, nel caso della soletta appoggiata al terreno, di prevedere giunti o intercapedini di scorrimento tra la struttura portante e la soletta. Se invece la soletta è stata creata su di un vespaio areato, assicurarsi che le aperture arrivino fino all'intradosso per evitare che l'aria intrappolata sotto il pavimento non si comprima e si trovi nuove vie di fuga.

Per facilitare l'evacuazione delle acque di piena e del fango che inevitabilmente entra nell'edificio, si consiglia di costruire la pavimentazione della soletta al di sotto del livello di massima piena con una pendenza del 2% e di prevedere canali di scolo all'esterno dell'edificio.

Danni

- I danni in seguito alla piena possono essere i seguenti :*
- *deformazione e fessurazione della soletta in seguito al rigonfiamento e poi asciugamento del suolo*
 - *spostamento della soletta per il movimento del suolo*
 - *deterioramento dell'isolante posto sotto la soletta*
 - *persistenza dell'umidità sul pavimento dei locali*

Raccomandazioni

Limitare i danni dell'evacuazione dell'acqua:

- *assicurare la ventilazione dei vespai, se necessario ingrandire le aperture e fornirle di griglie che permettano il passaggio dell'acqua ma non dei detriti da essa portati.*
- *rendere il vespaio visitabile per poterlo pulire dopo la*

piena

Limitare i rischi per le persone:

se si deve rifare la soletta, approfittare per creare un vespaio ben ventilato, nel caso si abbia poco spazio, usare un cassero a perdere tipo di cartone alveolare degradabile che sarà distrutto in seguito alla piena.

Se non si può fare un vespaio bisogna fare in modo che la nuova soletta non sia galleggiante sul terreno, che disponga di punti di ancoraggio regolari, e che il livello di pavimentazione sia superiore a quello del suolo.

Descrizione tecnica

Fondazioni e soletta possono essere:

soletta gettata sul terrapieno, soletta gettata su superficie drenante (letto di pietre, ghiaia), soletta in cemento su vespaio o cantina, soletta su putrelle.

In presenza di suolo argilloso la profondità delle fondazioni non deve essere inferiore al metro. Infatti questo tipo di suolo può sollevarsi o ritirarsi molto e deformare o fessurare la soletta.

Un drenaggio sul perimetro della costruzione permetterà l'evacuazione più rapida dell'acqua piovana e di piena, eviterà il rischio di sacche d'acqua sotto la soletta.

Sostituire rivestimenti impermeabili con permeabili in modo da permettere l'evaporazione dell'acqua. Dopo l'asciugatura i tempi di attesa prima di rifare il rivestimento sono nell'ordine dei 6 mesi. Si potrà per esempio sostituire rivestimenti del pavimento in plastica con delle piastrelle dai giunti non stagni.

In caso di pulizia del vespaio con getto ad alta pressione, fare attenzione a non rovinare l'isolante sotto il pavimento.

6

RIVESTIMENTI

In breve, materiali che possono impregnarsi, deformarsi o scollarsi dal supporto vengono sconsigliati. Non va considerato soltanto il rivestimento in sé, ma anche il collante: materiali perfettamente in grado di resistere all'acqua possono risultare inadeguati se incollati con una sostanza idrosolubile.

Intonaci composti da molti strati sottili di calce permettono un lento assorbimento dell'acqua e al contempo una facile evaporazione una volta passata piena.

Bisogna assicurarsi che i pavimenti (soletta o tavolato di legno) conservino le loro caratteristiche

- essere stabili in seguito a eventuali movimenti del suolo

- sopportare i carichi

- avere un rivestimento che garantisca l'igiene e resista all'usura.

Prima dell'inondazione il pavimento dovrà essere messo a nudo togliendo rivestimenti vulnerabili:

- moquette

- PVC

- Pavimenti galleggianti

Per garantire la durata dei lavori bisogna essere sicuri che il supporto sia asciutto

Si sconsiglia di posare:

- parquet incollati

- Moquettes (si sporcano)

- Pavimenti galleggianti (si deformano e ritengono l'acqua)

- Pavimenti in plastica (si scollano e gonfiano)

Sono da consigliare le piastrelle.

Il tavolato in legno sopporta bene il passaggio dell'acqua a condizione che si asciughi bene poi.

Il tempo di asciugatura è normalmente dell'ordine di 6 mesi

7

PORTE E SERRAMENTI

Si sconsiglia di difendere l'edificio dall'ingresso dell'acqua esclusivamente prevedendo sistemi di barriere a ghigliottina da approntarsi in caso di emergenza davanti a finestre e porte. Questo perché si crea una differenza di pressione tra interno ed esterno dovuta alla presenza dell'acqua contro le pareti, che se supera il metro d'altezza può causare gravi danni alla stabilità dell'edificio. Tuttavia se il livello di massima piena non supera il metro, si può pensare a questo sistema come efficace solo se effettivamente stagno, e se esiste la concreta possibilità di sistemare i pannelli in tempo utile prima dell'inondazione. Si consiglia di leggere i documenti francesi in allegato per vedere i sistemi comunemente usati, e anche gli esiti della parte sperimentale realizzata nell'ambito dello studio in cui si inserisce il presente documento, dove si mette un dubbio la validità del sistema se applicato a case con tipologia costruttiva a telaio tipica negli Stati Uniti.

8

IMPIANTI

Impianto igienico sanitario

Particolare attenzione deve essere posta nella costruzione e nella progettazione dell'impianto igienico sanitario: le pressioni che possono agire a livello di pozzo nero, fognature e canali di scolo, possono derivare non solo dalle azioni dell'acqua intorno all'edificio ma anche da situazioni di sovraccarico che possono verificarsi anche molto lontano dalla struttura in questione. E' sempre bene prevedere valvole che impediscano all'acqua di uscire dai sanitari per evitare disagi che possono prolungarsi ben oltre la fine dell'emergenza.

La parte di impianto che collega la casa alla rete pubblica può essere parzialmente ostruita o deteriorata. Il materiale trasportato dall'inondazione può intasare le diverse parti del sistema (tubature, canali, filtri, fossa settica...). Occorre installare una valvola antiriflusso ispezionabile all'uscita delle acque luride per evitare il ritorno di queste all'interno dell'edificio.

Impianto elettrico

Negli edifici che possono essere allagati è sempre bene prevedere due impianti elettrici separati, uno che serve gli ambienti sommersi, l'altro quelli al sicuro dal contatto con l'acqua. In ogni caso nelle zone più basse dell'edificio si consiglia di far correre le tracce e le canaline elettriche il più in alto possibile dando loro una leggera pendenza in modo da favorire l'evacuazione dell'acqua

ad inondazione conclusa.

L'impianto elettrico è un passaggio per l'acqua durante l'inondazione ma anche un posto dove questa si ferma e ristagna. La difficoltà di accedere alle scatole di derivazione e ai tubi rende problematica l'asciugatura che invece è essenziale per la rimessa in funzione dell'impianto. Non si deve tentare di rimettere l'impianto in funzione prima di aver chiamato un tecnico.

Il contatore e i pannelli elettrici vanno posti fuori portata dell'acqua e i tubi dei fili seguiranno un percorso discendente dal soffitto al pavimento per favorire lo scolo delle acque.

Le prese elettriche potranno essere rimontate a una quota compatibile al loro uso il più possibile in alto, massimo 1,2 m.

Sarebbe opportuno creare due reti indipendenti una per la parte inondabile e una per quella al sicuro.

Attrezzare il sistema elettrico esistente con dispositivi di sicurezza per le persone (Separatori differenziali ad alta sensibilità 30mA)

Un impianto elettrico rimesso in funzione troppo presto può causare incendi.

Impianti di riscaldamento, condizionamento e trattamento dell'aria

Solitamente il locale in cui si trovano bruciatori e impianti si trova in cantina o comunque al piano terra. Se non è possibile delocalizzare gli impianti in luogo sicuro, soluzione preferibile, occorre creare barriere stagne per impedire all'acqua di compromettere definitivamente le macchine in questione. Attenzione a posizionare le valvole per la chiusura del gas in posti accessibili e corredati da istruzioni di facile e immediata comprensione.

Nel caso di bruciatori non collegati alla rete di distribuzione si deve trattare il problema delle bombole e dei contenitori di combustibile che, se interrati, possono essere sollevati a causa delle spinte di galleggiamento, e se esterni possono sganciarsi dalla sede e essere portati via dalla corrente inquinando o travolgendo oggetti interferenti a valle.

Si deve rimettere subito l'impianto di riscaldamento in grado di funzionare, anche per contribuire a asciugare gli ambienti, ma si deve considerare l'insieme che costituisce l'impianto di riscaldamento: i generatori e le riserve individuali che sono da proteggere direttamente dall'acqua, le reti e tubature che possono essere danneggiate e devono essere ispezionate prima di riprendere a funzionare.

Verificare l'ancoraggio delle cisterne suscettibili di essere portate via dall'acqua, spostare definitivamente caldaia e generatori fuori dalla portata dell'acqua

Per loro natura i radiatori elettrici sono vulnerabili all'acqua, anche perché sono posti in basso, quindi saranno quindi da preferire quelli amovibili rispetto a quelli fissi per poterli porre in salvo prima della piena.

Contenitori di idrocarburi

Taniche e bombole non interrate possono essere portate

via dalla piena, possono sfondarsi o essere bucate con conseguente inquinamento, possono essere strappate dai sostegni e diventare oggetti galleggianti pericolosi. Quindi saranno da verificare gli ancoraggi, ponendo quelle troppo esposte fuori dal pericolo.

Taniche e cisterne esterne

È importante calcolare la resistenza degli agganci e farli verificare, e assicurarsi della stabilità dei sostegni.

taniche e cisterne interne

vanno sistemate in locali non inondabili con accesso stagno.

taniche e cisterne interrate

il pozzetto di accesso non deve lasciar passare l'acqua né essere strappato dalla corrente.

9 ZONA RIFUGIO

È bene prevedere una zona ai piani alti in cui si possa aspettare i soccorsi in caso di emergenza. Deve essere accessibile sia dall'interno che dall'esterno dell'edificio e deve essere ovviamente al di sopra del livello di massima piena. Se ricavata nel sottotetto deve avere una via di fuga verso l'esterno attraverso un'apertura che non può essere in nessun caso tipo "velux", ma facilmente evacuabile anche da sedie a rotelle. Meglio se sull'esterno viene realizzato un terrazzo provvisto di anello per l'attracco di mezzi di soccorso.

Tutti gli alloggi devono disporre di un luogo dove le persone possono andare per mettersi al sicuro e aspettare l'arrivo dei soccorsi. In edifici collettivi la zona rifugio è destinata soprattutto agli abitanti del piano terra. In ogni caso gli occupanti di un alloggio devono poter segnalare la propria presenza ai soccorritori.

Raccomandazioni

Creare una zona rifugio che permetta di mettersi al riparo

Creare una finestra sul tetto o un balcone accessibile dalla zona di rifugio per segnalare la propria presenza e facilitare l'evacuazione

Controllare regolarmente le vie di fuga ed esercitarsi

Fissare un anello di attracco ad altezza sufficiente per facilitare le barche di soccorso

Descrizione tecnica

Creata sotto il tetto, una piattaforma rifugio deve essere facilmente accessibile con scalinate o in mancanza di spazio con una scala fissa. La finestra del tetto o lucernaio deve avere dimensione sufficiente per l'evacuazione di una persona disabile in carrozzina. Le finestre tipo vasistas o velux anche di grandi dimensioni non vanno bene.

Negli immobili collettivi la tromba delle scale dovrà disporre di piattaforma che possa accogliere persone, magari dotata di un sistema autonomo di riscaldamento e di un accesso verso l'esterno.



Il presente documento è stato realizzato nell'ambito dello studio "Analisi tecnico-conoscitive e sperimentazioni tecnico-idrauliche riguardanti la vulnerabilità degli *impianti sportivi e turistico-ricreativi nelle fasce fluviali definite dal PAI – progetto CanoaPO*", commissionato dall'Autorità di bacino del fiume Po e condotto dall'Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale.

Il documento è liberamente accessibile e va citata la fonte in caso di utilizzo.
I contenuti del documento sono conformi agli obiettivi originari dello studio.
Si declina ogni responsabilità per qualunque utilizzo ne venga fatto.

Coordinamento dello studio:

Enrico Burani, Marina Monticelli, Alessio Picarelli, Piero Tabellini - Autorità di bacino del fiume Po

Redazione del documento:

Paolo Ghilardi e Isabella Corni

Gruppo di lavoro: Paolo Ghilardi, Mario Fugazza, Mario Gallati, Giovanni Braschi, Luigi Natale
Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale

Fonti immagini: disegni di Isabella Corni.

fotografie: Evento di piena del 2000 - Magistrato per il Po
fotografia al fondo delle pagine introduttive tratta dal libro fotografico-letterario "Il Po. Un viaggio con il grande fiume", Autorità di bacino del fiume Po, Fotografie di Beppe Bolchi, Edizioni Diabasis, 2007.

Lo sfondo delle pagine è tratto dalle tavole delle fasce fluviali del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del Po

Progetto e realizzazione grafica: Isabella Corni

Febbraio 2009

Per informazioni:

Autorità di bacino del fiume Po
Via Garibaldi, 75 – 43100 Parma
Tel. 0521 276 1
e-mail: segreteria@adbpo.it
sito WEB: www.adbpo.it

