



Comune di Ornica

Provincia di Bergamo

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica
in attuazione della L.R. 11 marzo 2005 n°12



n° tavola

B

NORME GEOLOGICHE DI PIANO

data: luglio 2015

n°progetto: SGC-Ornica

AGGIORNAMENTI E REVISIONI		data	descrizione	redatto	controllato	approvato
	d					
	c					
	b	Febb. 2016	Rev. su parere Z1.0000571 del 20/01/2016			
	a	Sett. 2015	Rev. su parere Z1.2015.0007971 del 05/08/2015			

dott.geol.Stefania Cabassi

via Ing. S. Calvi n°37
Piazza Brembana (Bg)
e-mail; scabassi@libero.it

Ha collaborato

dott.geol.Alfonso Lombardo

n° 1123 OGL

INDICE

PREMESSA.....	3
PARTE 1: FATTIBILITA' GEOLOGICA	7
ARTICOLO 1 - CLASSE 1: FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI (aree bianche) 7	
ARTICOLO 2 - CLASSE 2: FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI (aree gialle)	7
ARTICOLO 3 - CLASSE 3: FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI (aree arancioni) ..	8
Articolo 3.1 – Area omogenea CnH3: area di conoide protetta o non recentemente riattivatasi (pericolosità media o moderata).....	11
Articolo 3.2 – Area omogenea Cp: area di conoide attivo o potenzialmente attivo parzialmente protetto da opere di difesa e sistemazione a monte (norma PAI)	14
Articolo 3.3 – Area omogenea Em: area a pericolosità di esondazione media o moderata	14
Articolo 3.4 – Area omogenea Eb: area a pericolosità di esondazione elevata.....	14
ARTICOLO 4 - CLASSE 4: FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI (aree rosse).....	16
Articolo 4.1 – Area omogenea Fa: (aree interessate da frane attive – pericolosità molto elevata)	19
Articolo 4.2 – Area omogenea Fq (aree interessate da frane quiescenti – pericolosità elevata)	20
Articolo 4.3 – Area omogenea Ca: (area di conoide attiva)	20
Articolo 4.4 – Area omogenea Ee: (area a pericolosità da molto elevata a elevata per fenomeni di esondazione)	21
Articolo 4.5 – Area omogenea Ve (area valanghiva a pericolosità elevata o molto elevata)	22
ARTICOLO 5 - Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile (DLGS 258/2000 - art. 5 e DLGS 152/2006 – titolo III, Capo I, art. 94 e s.m.i. - D.G.R. 10 aprile 2003 n.7/12693)	23
ARTICOLO 6 – Vincoli di polizia idraulica (ai sensi della d.g.r. X/2591 del 31/10/2014, sostitutiva della d.g.r. VII/7868/2002 e s,m,i,)	25
PARTE 2: NORME TECNICHE DI PREVENZIONE ANTISISMICA.....	26
Premessa.....	26
Articolo 1 – Pericolosità Sismica Locale (primo livello di approfondimento).....	28

Articolo 2 – secondo livello di approfondimento.....	29
Articolo 3 - terzo livello di approfondimento	32
Articolo 3.1 – Effetti di instabilità	33
Articolo 3.2 – Effetti di cedimenti e/o liquefazioni	34
Articolo 3.3 – Effetti di amplificazione morfologica e litologica	34
Articolo 4 – Azione sismica di progetto	36
Articolo 5 – Normativa di riferimento	38

ALLEGATI

ALLEGATO 1

Stralcio norme tecniche di attuazione del PAI (da adottarsi per le aree individuate nella Tavola 10)

ALLEGATO 2

Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana della pericolosità da valanga e della pericolosità e del rischio da esondazione

(stralcio allegati 2, 3 e 4 alla DGR n° IX/2616 del 30/11/2011 “Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n°12)

ALLEGATO 3

Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell’aspetto sismico nei P.G.T.

(stralcio dell’allegato 5 alla DGR n° IX/2616 del 30/11/2011 “Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n° 12)

PREMESSA

Le varie fasi diagnostiche svolte per la stesura dello studio di aggiornamento della "Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio ai sensi della L.R. 12/2005" del Comune di Ornica, hanno portato alla suddivisione del territorio in classi di fattibilità geologica rappresentate nelle tavole 09 A-B-C-D (Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano, redatta su tutto il territorio comunale su base della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000 e in dettaglio, per le aree dell'abitato, su base del rilievo aereofotogrammetrico comunale alla scala 1:2.000).

Lo studio è di esclusivo utilizzo urbanistico e pianificatorio e non può ritenersi in alcun modo sostitutivo delle indagini e degli studi previsti dalla normativa nazionale vigente (con particolare riferimento a quanto previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico sulle Costruzioni, per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo di opere ed interventi sul territorio) relativamente alle nuove edificazioni.

Le classi di fattibilità attribuite rispettano le indicazioni della Regione Lombardia di cui alla d.g.r. IX/2616 del 30/11/2011 e sono distinte con diverso colore e sigla da classe 2 a classe 4.

La carta di fattibilità contiene anche i poligoni che costituiscono le 4 sottoclassi, con sigla GEO-IDR, VER, IDRA, VAL, rappresentati l'accorpamento delle "aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità dei fenomeni" contenute nella Carta di Sintesi (dove tali aree omogenee vengono distinte con diverse sigle - cfr. tabella 1).

Per maggior chiarezza nella carta di sintesi le 4 sottoclassi sono state evidenziate con colori diversi.

La tabella 1 rappresenta schematicamente tale passaggio e individua gli articoli delle norme di attuazione di riferimento.

In sintesi il Tecnico Comunale deve verificare in che classe di fattibilità e in che sottoclasse ricade l'area di intervento nonché, se la stessa ricade in un ambito a pianificazione sovraordinata (esaminando la Carta dei Vincoli - tavv. 08A, B, C, D) al fine di individuare correttamente quali norme tecniche debbano riferirsi alla zona oggetto di intervento.

Per le modalità di attribuzione della classe di fattibilità (di cui alla tabella 1) si rimanda alla tavola A "relazione illustrativa".

Per quanto riguarda l'analisi della componente sismica del territorio (cfr. parte seconda del presente documento), in relazione alle differenti tipologie di risposta sismica locale e ai relativi scenari di Pericolosità Sismica Locale individuati per il Comune di Ornica, sono stati sovrapposti alla carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano (cartografia tavole 9A e 9B, alla scala 1:5.000), gli elementi areali e lineari in corrispondenza dei quali risulta necessario, in fase pianificatoria e progettuale, applicare i vari livelli di

approfondimento che forniscono indicazioni su dove poter utilizzare in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico, previsto dal D.M. 14 gennaio 2008, oppure dove sia necessario realizzare studi di terzo livello.

Gli scenari individuati e la relativa normativa ad essi connessi fanno riferimento alle indicazioni contenute nell'allegato 5 della D.G.R. 8/1566 del 22/12/2005 (Analisi e valutazione degli effetti sismici in sito in Lombardia, finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio riportato in allegato 3 al presente documento) e successivi aggiornamenti e integrazioni allo stesso allegato (d.g.r. n IX/2616 del 30 novembre 2011).

Alle aree comprese negli scenari di pericolosità sismica locale individuate sia nella carta di fattibilità (tavv. 09A e 09B) sia nella Carta di Pericolosità Sismica Locale (Tavv. 06A e 06B) fanno dunque riferimento gli specifici articoli normativi contenuti nella parte seconda del presente documento.

Tutte le norme tecniche che fanno riferimento alla pianificazione sovraordinata (come norme di attuazione del P.A.I. normativa di prevenzione antisismica, norme di Polizia Idraulica e delle aree di captazione idropotabile) **devono essere sempre verificate consultando le versioni vigenti di tali strumenti**, 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.

Si precisa che, come previsto dall'Art. 18, comma 7 delle NdA del PAI, "i Comuni sono tenuti a informare i soggetti attuatori delle previsioni dello strumento urbanistico sulle limitazioni di cui all' art. 9 delle NdA del PAI (riportate in stralcio negli articoli seguenti e in allegato 1) e sugli interventi prescritti nei territori delimitati come aree in dissesto idraulico o idrogeologico per la loro messa in sicurezza.

Provvedono altresì ad inserire nel certificato di destinazione urbanistica, previsto dalle vigenti disposizioni di legge, la classificazione del territorio in funzione del dissesto operata dal presente Piano.

Il soggetto attuatore è tenuto a sottoscrivere un atto liberatorio che escluda ogni responsabilità dell'Amministrazione Pubblica in ordine a eventuali futuri danni a cose e a persone comunque derivanti dal dissesto segnalato".

Parimenti dovrà essere indicato se l'area ricade all'interno di una zona soggetta ad amplificazione sismica, individuata dal presente studio così come indicato nella cartografia di fattibilità.

Tabella 1 - Correlazione tra sigla dell'area omogenea individuata nella carta di sintesi, classe di fattibilità e norma di riferimento

Sottoclasse Carta di fattibilità	Sigla Sintesi	Descrizione	Classe di Fattibilità	Norma di riferimento
CLASSE 2	2e	aree localizzate in contesto edificato	2	Art. 2
	2r	aree localizzate in contesto rurale per la maggior parte mantenute a prato a medio bassa pendenza stabili	2	Art. 2
GEO-IDR PROBLEMATICHE GEOLOGICO TECNICHE E IDROGEOLOGICHE	Sdg	aree soggette a degradazione del suolo (fenomeni erosivi per dilavamento, soliflusso, reptazione)	3*	Art. 3
	Gri	terreni con caratteristiche geotecniche medio scadenti anche soggetti a ristagno idrico	3*	Art. 3
	Drc	aree caratterizzate da ruscellamenti concentrati e diffusi	3*	Art. 3
	Acq	aree caratterizzate da scarsa regimazione delle acque con presenza di acquitrini e ristagni idrici	3*	Art. 3
	Dp	suolo deteriorato da pascolamento	3*	Art. 3
VER AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITA' DEI VERSANTI	EDin	aree localizzate in contesti di elevata dinamica morfologica (presenza di fenomeni di dissesto reali e/o potenziali concomitanti)	4	Art. 4
	4V	aree ad elevata acclività potenzialmente instabili e/o soggette all'influenza di fenomeni di dissesto	4	Art. 4
	Cr	versanti soggetti a crolli diffusi (aree di distacco e accumulo)	4	Art. 4
	Crp	ammassi rocciosi caratterizzati da assetto strutturale e pendenza predisponenti all'innescio di fenomeni di crollo	4	Art. 4
	Cfd	coni e falde detritiche alimentate da crolli e trasporto in massa	4	Art. 4
	Lc	lobo di colata riattivabile	4	Art. 4
	Crd	depositi detritico/glaciali con presenza di blocchi instabili	4	Art. 4
	Bod	aree con bosco degradato	3*	Art. 3/4
	Fa	area di frana attiva (roccia e terreni)	4	Art. 4.1**
	Fq	area di frana quiescente (roccia e terreni)	4	Art. 4.2**
	Fs	area di frana inattiva o stabilizzata (roccia e terreni)	3	Art. 3
	3V	aree localizzate in prossimità di fenomeni di dissesto reali e/o potenziali e aree caratterizzate da pendenza medio elevata con potenziale instabilità dei terreni di copertura	3	Art. 3
	3r	aree per la maggior parte mantenute a prato a medio elevata pendenza	3	Art. 3

Sottoclasse Carta di fattibilità	Sigla Sintesi	Descrizione	Classe di Fattibilità'	Norma di riferimento
IDRA AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO	Can	corsi d'acqua e canali (deflussi temporanei e/o stagionali) anche interessati da trasporto detritico	4	Art. 4
	Ca	area di conoide attivo non protetta	4	Art. 4.3**
	Cp	area di conoide attivo o potenzialmente attivo parzialmente protetto da opere di difesa e sistemazione a monte	3	Art. 3.2**
	Cn	area di conoide protetta o non recentemente riattivatasi	3	Art. 3.1
	Ee	area a pericolosità di esondazione molto elevata	4	Art. 4.4**
	Eb	area a pericolosità di esondazione elevata	3	Art. 3.4**
	Em	area a pericolosità di esondazione media o moderata	3	Art.3.3
VAL PROBLEMATICHE VALANGHIVE	Vr	area valanghiva da rilevamento (tratta da sirval)	4	Art. 4.5**, Art.4.6**
	Vf	area valanghiva da fotorilevamento (tratta da sirval)	4	Art. 4.5**
	Dmns	aree prative a medio elevata pendenza situate in contesto edificato in cui possono manifestarsi scivolamenti del manto nevoso (s = protette da opere di difesa)	4	Art. 4

* Qualora presenti piu' fenomeni concomitanti, situazioni di evidente rapida evoluzione dei fenomeni o in caso di presenza di ulteriori fattori peggiorativi, ad esempio l'acclività dei versanti, all'area individuata dalla sigla è stata attribuita classe 4.

** Tale articolo è da riferirsi alla normativa PAI

PARTE 1: FATTIBILITA' GEOLOGICA

ARTICOLO 1 - CLASSE 1: FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI (aree bianche)

Si tratta di aree per le quali non sono individuabili 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 modo influenzino il loro utilizzo per l'urbanizzazione o per la modifica della destinazione d'uso delle particelle.

Nel territorio comunale, in ragione del contesto di inserimento, non sono individuabili aree comprese in questa classe di fattibilità.

ARTICOLO 2 - CLASSE 2: FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI (aree gialle)

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate *condizioni limitative*, di modesta entità, alla modifica di destinazione d'uso dei terreni e a scopi edificatori, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti delle caratteristiche geologiche, morfologiche, idrografiche e idrogeologiche dei luoghi in esame, con riferimento alle risultanze dei rilievi eseguiti in sito e a quanto contenuto nella carte propedeutiche alla carta di sintesi (geologica, idrogeologica, geomorfologica, carta della dinamica geomorfologica - tavv. 1-5).

Questa classe comprende le aree caratterizzate da sostanziale stabilità con acclività da debole a media (indicativamente fino a 30° per terreni e 40° per l e rocce) poste perlopiù in corrispondenza di ripiani morfologici su cui sorgono le aree edificate (sigla 2e della carta di sintesi) e le aree con insediamenti rurali (sigla 2r della carta di sintesi - per la descrizione di tali ambiti la relazione illustrativa di cui alla tavola A).

In tali ambiti è consentito realizzare nuove edificazioni di carattere edilizio e interventi, nel rispetto delle normative urbanistiche vigenti, con le eventuali limitazioni e indicazioni sulla tipologia e la modalità delle opere da realizzarsi che verranno evidenziate nelle relazioni geologiche e geologico tecniche a supporto dei progetti stessi.

In particolare le indagini dovranno riguardare in linea generale (dove non indicate ulteriori specifiche in riferimento alla sottoclasse di fattibilità geologica) verifiche di natura:

- geotecnica (per la definizione delle caratteristiche tecniche dei terreni e geomeccaniche delle rocce e del modello geotecnico e geomeccanico di progetto di supporto alle verifiche previste di legge);
- sismica (al fine di determinare la risposta sismica locale sulla base di quanto indicato nella carta della pericolosità sismica locale tavv. 6A e 6B);
- geologico - tecnica per determinare la stabilità dei versanti e dei fronti di scavo e/o di sbancamento;
- idrogeologica, per la verifica del livello di soggiacenza della falda, della vulnerabilità della stessa e per l'eventuale smaltimento delle acque superficiali;

Sono realizzabili, senza integrazioni di carattere geologico, esclusivamente gli interventi di cui al DPR 380/2001 art. 3 lettere a, b, c, d solo nel caso in cui non modifichino i rapporti struttura/terreno esistenti; a tal fine dovrà essere prodotta specifica dichiarazione da parte del progettista.

Gli approfondimenti possono essere anche finalizzati alla progettazione e realizzazione di eventuali opere di bonifica, opere che comunque, data la sostanziale assenza di significative problematiche, saranno perlopiù relative e finalizzate al singolo progetto edilizio o intervento in esame.

Dovrà comunque essere verificato che ogni opera o intervento realizzato non influisca negativamente sulle aree limitrofe e possa essere causa di insorgere di fenomeni di dissesto.

Le indagini e gli approfondimenti prescritti per questa classe di fattibilità devono essere realizzati in fase di pianificazione degli interventi edificatori in quanto, individuando le specifiche costruttive degli stessi interventi sono propedeutici alla progettazione stessa.

Si sottolinea che gli approfondimenti richiesti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dal testo unico delle Norme Tecniche per le Costruzioni, che devono essere pertanto realizzate in accordo con la normativa vigente, a corredo della progettazione di tutte le opere edilizie (manufatti, edifici, infrastrutture tecnologiche, stradali ecc...).

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto ai progetti deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani Attuativi (l.r. 12/05 art. 14 e s.m.i.) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05 art. 38 e s.m.i.).

ARTICOLO 3 - CLASSE 3: FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI (aree arancioni)

La classe 3 comprende aree caratterizzate da consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso dei terreni per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate nell'area di studio e nel suo immediato intorno, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici di bonifica e/o opere di messa in sicurezza e difesa.

Nel territorio comunale in questa classe sono comprese le sottoclassi individuate nella carta di fattibilità (tavv. 09A, B, C e D) come:

- aree caratterizzate da problematiche geologico - tecniche e idrogeologiche (GEO-IDR carta di fattibilità) di cui alle aree omogenee individuate in dettaglio nella carta di sintesi (tavv. 07A, B, C e D) come Sdg, Gri, Drc, Acq, Dp;
- aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (VER carta di fattibilità) di cui alle aree omogenee individuate in dettaglio nella carta di sintesi (tavv. 07A, B, C e D) come Bod, Fs, 3V, 3r;
- aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (IDRA carta di fattibilità) di cui alle aree omogenee individuate in dettaglio nella carta di sintesi (tavv. 07A, B, C e D) come Cp, Cn, Eb, Em;

Si tratta in generale di ambiti caratterizzati da assetto morfologico con sufficienti caratteristiche di stabilità, pendenze compatibili con la classe d'uso del suolo (anche superiori a 30° per i terreni e 40° per le rocce, sino a situazioni individuate localmente con pendenze dell'ordine di 35° per i terreni e 50° per le rocce con fronti di limitato sviluppo verticale), localizzati in contesti morfologici dove sono consigliabili interventi edilizi di modesto sviluppo e che devono essere valutati in relazione ad un areale di indagine più ampio rispetto a quello di intervento, in rapporto alle specifiche problematiche rilevate e individuate nella carta di sintesi.

Per la maggior parte si tratta di ambiti in cui, date le caratteristiche del territorio, non sono previsti né significativi interventi di espansione urbanistica, ma che possono essere oggetto di progetti che si configurano come "integrazione degli ambiti edificati esistenti", soprattutto di carattere rurale e quindi finalizzati alla fruizione dell'ambiente rurale e montano.

I progetti di nuove costruzioni, di ristrutturazione edilizia (con sostituzione di elementi costitutivi dell'edificio) di ristrutturazione urbanistica o di interventi di realizzazione di attrezzature pubbliche o private o ad uso collettivo, devono essere accompagnati da un'indagine geologica dettagliata facente parte integrante del progetto stesso (redatta da un tecnico abilitato sulla base delle caratteristiche del progetto e della sua interferenza con l'assetto geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico e geotecnico dell'area di intervento e di un suo intorno significativo) prodotta ai fini dello svincolo alla fattibilità dell'intervento.

L'utilizzo di tali aree è infatti subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire maggiore conoscenza sulla dinamica morfologica, sugli aspetti geologico-tecnici, idrogeologici ed idrologici in base all'area omogenea individuata nella carta di sintesi.

Le analisi di dettaglio dovranno essere condotte, con grado di approfondimento funzione sia delle problematiche rilevate sia dell'entità dell'intervento, sulla base di quanto indicato negli allegati 2, 3 e 4 della d.g.r. 30/11/2011 n°X/2816 (contenuti in allegato 2 al presente documento).

Il grado di approfondimento delle analisi dovrà essere valutato e motivato dal tecnico incaricato in funzione del contesto di ubicazione dell'intervento, della posizione rispetto alle aree in dissesto reale e/o potenziale e della tipologia dell'intervento stesso.

Devono essere anche valutate le condizioni di stabilità dei siti di intervento "ante e post operam" e eventualmente proposti accorgimenti tecnico realizzativi e costruttivi e di supporto all'esecuzione delle opere in condizioni di sicurezza.

Il risultato di tali indagini dovrà definire il tipo e l'entità massima dell'intervento nonché le eventuali opere da eseguirsi per la salvaguardia geologica sia delle opere progettate che eventualmente, dell'area di intervento stessa con il fine di mitigazione degli impatti e di difesa dalle pericolosità naturali esistenti.

Possono anche essere proposti e previsti sistemi di monitoraggio dei fenomeni.

Congiuntamente allo studio di svincolo alla fattibilità geologica e/o geologico tecnica degli interventi, deve essere presentato, ove necessario in funzione delle problematiche e dell'entità degli interventi previsti, un progetto definitivo - esecutivo per la sistemazione e la bonifica dei luoghi.

Il Tecnico Incaricato deve:

- fornire il quadro geologico, geomorfologico, idrologico ed idraulico delle aree di intervento;
- dettagliare le problematiche rilevate (anche in riferimento alle aree omogenee individuate che caratterizzano direttamente o in un intorno significativo i luoghi, come di seguito specificato);
- illustrare il tipo di approfondimento eseguito, le motivazioni dello stesso ed esporne le conclusioni;
- predisporre eventualmente un progetto teso alla salvaguardia del territorio e alla sistemazione dei siti;
- verificare nel caso delle frane stabilizzate da interventi antropici, lo stato di efficienza e di conservazione delle stesse;
- verificare nel caso di conoidi non recentemente riattivatesi o completamente protette (CnH3 e Cp), l'efficacia e lo stato di manutenzione delle opere presenti sul corso d'acqua e/o sul conoide e valutare l'evoluzione morfologica dell'alveo e del contesto di conoide in esame;
- nel caso delle aree di esondazione determinare nello specifico dei luoghi di intervento i profili di piena per l'ambito in esame, verificare lo stato di conservazione delle opere di difesa e di regimazione idraulica realizzate e le condizioni morfologiche e di assetto dell'alveo;
- motivare i limiti ammissibili dell'intervento e stabilire le eventuali salvaguardie.

Nello specifico, per gli ambiti individuati nella carta di fattibilità come GEO-IDR (problematiche geologico tecniche e idrogeologiche) il tecnico dovrà:

- valutare le condizioni di degrado del suolo in particolare con riferimento agli ambiti di cui alle aree omogenee individuate nella carta di sintesi come Sdg (aree soggette a degradazione del suolo per fenomeni erosivi per dilavamento, soliflusso, reptazione) e Dp (suolo deteriorato da pascolamento) predisponendo eventualmente interventi di rafforzamento corticale, inerbimento potenziato e altre opere di stabilizzazione;
- valutare le caratteristiche tecniche dei terreni ed idrogeologiche dei siti in esame, in particolare per gli ambiti di cui alle aree omogenee carta di sintesi Gri (terreni con caratteristiche geotecniche medio scadenti anche soggetti a ristagno idrico) e Drc (aree caratterizzate da ruscellamenti concentrati e diffusi) e Acq (aree caratterizzate da scarsa regimazione delle acque con presenza di acquitrini e ristagni idrici).

Per gli ambiti individuati nella carta di fattibilità come VER, aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (aree omogenee Fs, 3V, Bod) il tecnico dovrà valutare lo stato di evoluzione dei dissesti reali e/o potenziali individuati, quant'anche non direttamente interferenti con la zona in esame (come per le aree individuate nella carta di sintesi come 3V), dunque in un'areale più vasto di quello di intervento, valutando la necessità, di ricorrere ad interventi atti a garantire maggior stabilità e sicurezza delle aree in esame.

Per gli ambiti individuati nella carta di fattibilità come IDRA aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (aree omogenee della carta di sintesi Cn, Cp, Em, Eb, individuate anche nella carta dei vincoli e nella carta del

quadro del dissesto con legenda uniforme a quella del PAI) si dovrà fare riferimento agli articoli 3.1, 3.2, 3.3, 3.4.

Poiché gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui alla normativa nazionale, devono essere realizzate a corredo della progettazione di tutte le opere edilizie (manufatti, edifici, infrastrutture tecnologiche, stradali ecc...), indagini sui terreni e sulle rocce nel rispetto di quanto contenuto nelle *Norme Tecniche per le Costruzioni*.

In particolare le indagini previste dalle norme tecniche delle costruzioni dovranno riguardare verifiche di natura:

- geotecnica, per la definizione della capacità portante dei terreni;
- geofisica, per la ricostruzione del modello sismico del sottosuolo e la valutazione della risposta sismica locale (secondo le procedure individuate nella parte seconda);
- geologico - tecnica, per le analisi della stabilità dei versanti e dei fronti di scavo e/o di sbancamento;
- idrogeologica, per la verifica della vulnerabilità della falda, delle zone di ristagno idrico (acquittrini), degli ambiti sottesi a captazioni di sorgenti a scopi idropotabili e lo smaltimento delle acque superficiali.

Sono realizzabili, senza integrazioni di carattere geologico, esclusivamente gli interventi di cui al DPR 380/2001 art. 3 lettere a, b, c, d solo nel caso in cui non modifichino i rapporti struttura/terreno esistenti; a tal fine dovrà essere prodotta apposita dichiarazione da parte del progettista.

Le indagini e gli approfondimenti prescritti per questa classe di fattibilità devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e della progettazione stessa.

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione in sede di presentazione dei Piani Attuativi (l.r. 12 art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05 art. 38).

Si ribadisce l'importanza di verificare soprattutto per le porzioni di territorio *già edificate o parzialmente edificate*, l'interferenza dell'intervento in progetto sulle aree limitrofe: il progettista dovrà dichiarare specificatamente che l'intervento non sarà causa di insorgere di effetti negativi sulle aree limitrofe né di fenomeni di dissesto.

Articolo 3.1 – Area omogenea CnH3: area di conoide protetta o non recentemente riattivatasi (pericolosità media o moderata)

I progetti per l'utilizzo di tali ambiti devono essere corredati da studi di dettaglio (redatti sulla base di quanto contenuto nell'allegato 3 della d.g.r. 30/11/2011 n°X/2816 riportata in allegato 2) che evidenzino le

problematiche di dinamica morfologica esistenti, i processi in atto e la loro possibile evoluzione, l'interferenza con i corsi d'acqua e valutando la compatibilità idraulica degli interventi.

Lo studio dovrà individuare le aree realmente interessate da eventuali fenomeni tracimazione, evidenziando eventuali e possibili deviazioni delle correnti di deflusso e modifiche avvenute nel tempo lungo l'asta torrentizia e la conoide (ad esempio innalzamento del fondo, lesionamento alle opere di regimazione in alveo, restringimenti e/o ostruzione delle sezioni di deflusso).

Le verifiche da condurre per tali aree dovranno inoltre stimare l'eventuale materiale solido in carico al corso d'acqua e definire le possibili soluzioni progettuali di supporto alla progettazione delle opere e le destinazioni d'uso dei locali previsti.

In sintesi dovranno essere sviluppati i seguenti aspetti, con grado di approfondimento funzione della tipologia di intervento che si andrà a realizzare e valutandone dunque il grado di rischio atteso in funzione della pericolosità dell'area:

- aspetti geologici e geomorfologici;
- definizione dell'assetto del bacino idrografico e dei dissesti che interessano il bacino; analisi dell'asta torrentizia delle sezioni interessate da erosione di laterale e di fondo, verifica del materiale in alveo; studio dell' assetto dell'area di conoide con particolare riferimento alla zona di apice, alla presenza di eventuali paleoalvei, attraversamenti del fondo alveo, aree in depressione con potenziale scorrimento preferenziale delle correnti fuori alveo, individuazione delle sezioni di deflusso insufficienti e dei punti critici sul conoide;
- aspetti idraulico – morfologici: stima delle portate di massima piena relative alla sola portata liquida stimate per tempi di ritorno dei 100 anni; analisi del trasporto solido e della magnitudo del conoide; verifica dello stato di conservazione e di efficienza delle opere idrauliche presenti in alveo e censimento dei ponti e degli attraversamenti lungo l'asta nel tratto di conoide; stima delle aree realmente interessate da eventuali fenomeni di piena liquido e liquido - solida dei corsi d'acqua e definizione della pericolosità del fenomeno;

Lo studio dovrà essere finalizzato alla:

- definizione dello stato di pericolosità dei fenomeni e del rischio cui risulta esposta l'opera in progetto, valutando le eventuali interferenze dei fenomeni individuati con le opere previste;
- indicazione delle opere da eseguirsi per la mitigazione del rischio e definizione delle eventuali limitazioni al progetto di edificazione e destinazioni d'uso dei locali, con indicazioni in merito alle possibili soluzioni tecnico progettuali da attuarsi in fase di realizzazione dell'opera (come di seguito proposto).

Nelle aree CnH3 i nuovi interventi andranno realizzati con criteri tali da garantire la sicurezza nei confronti degli effetti attesi a seguito di eventi di tracimazione su conoide, che nel caso in esame (cfr. relazione illustrativa tavola A), sono da ascrivere ad eventi di carattere eccezionale.

Dovranno comunque privilegiarsi utilizzi insediativi a basso indice di edificabilità e con basso carico insediativo.

Le caratteristiche di salvaguardia delle opere in relazione agli eventi attesi andranno certificate dal progettista incaricato e descritte in specifiche relazioni tecniche.

Tutti gli insediamenti presenti in questo ambito andranno inclusi nelle procedure di allertamento/evacuazione predisposte a livello di piano di Protezione Civile Comunale.

Criteri e indicazioni per la progettazione:

- a) Divieto di interventi che possano portare ad un aumento delle condizioni di pericolosità per le aree in esame come modificazioni della superficie topografica locale che possano favorire l'accumulo ed il ristagno di acque di esondazione, o che possano favorirne l'ingresso nell'area stessa. Dovrà quindi essere evitata la demolizione o l'eliminazione di elementi morfologici o manufatti (muri di confine terrazzamenti, o rilevati artificiali) che costituiscono una barriera per le acque di esondazione. Questi elementi dovranno al contrario essere salvaguardati e mantenuti in efficienza. Nel caso di interventi che prevedano modificazioni sostanziali di questi elementi dovranno essere ridefinite le condizioni di pericolosità delle aree sulla base di una valutazione specifica che prenda in considerazione anche le eventuali conseguenze sulle aree esterne;
- b) Divieto di messa in opera di cisterne per carburanti, metano e GPL e prodotti assimilabili che non siano completamente interrate;
- c) Divieto di impermeabilizzazione delle superfici libere (superfici a verde, piazzali e parcheggi);
- d) Realizzazione delle superfici abitabili, delle aree sede dei processi industriali e degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiale ad una quota superiore al piano campagna locale, e/o conformando la superficie topografica adiacente agli edifici in modo da non consentire alle acque di esondazione o alle frazioni fluide delle colate provenienti da monte di raggiungere le superfici di utilizzo. Le altezze dovranno comunque essere definite in base all'accumulo delle acque di esondazione o di situazioni (sottopassi, muri di confine, rilevati) che possono costituire un ostacolo al deflusso delle acque;
- e) Eventuali locali interrati o seminterrati da destinare a cantine od autorimesse dovranno essere realizzati adottando accorgimenti costruttivi, relativi alla disposizione dei locali e delle aperture, alle reti tecnologiche, ai materiali ed alle tecniche da utilizzare, in grado di limitare le conseguenze di potenziali allagamenti sia in termini di danno materiale sia di pericolo per l'incolumità delle persone;
- a) Realizzazione di fondazioni sufficientemente profonde o relativamente protette in modo da non incorrere in problemi di erosione da parte delle acque di esondazione;
- b) Utilizzo di materiali da costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua;
- c) Mantenimento all'interno dei lotti della maggiore superficie libera possibile;
- d) Conformazione delle superfici dei lotti esterne agli edifici in modo da evitare l'accumulo ed il ristagno delle eventuali acque di esondazione;
- e) Manutenzione e miglioramento della rete di drenaggio delle acque superficiali per favorire il deflusso delle acque di esondazione;
- a) Favorire il deflusso delle acque di esondazione evitando le recinzioni cieche, ma ricorrendo a soluzioni senza muri o con muri bassi ed elementi caratterizzati da maglie larghe ed una superficie libera dell'ordine del 50%;
- b) Progettare la viabilità minore, la disposizione degli edifici e la morfologia delle aree libere in modo da evitare l'eccessiva concentrazione delle acque di esondazione e delle frazioni liquide delle colate lungo vie preferenziali di deflusso che non siano alvei di corsi d'acqua superficiali o linee di drenaggio progettate appositamente.

Articolo 3.2 – Area omogenea Cp: area di conoide attivo o potenzialmente attivo parzialmente protetto da opere di difesa e sistemazione a monte (norma PAI)

Sono inserite quelle aree che possono essere interessate da tracimazioni fuori alveo con trasporto liquido - fangoso e detritico, nel caso in esame soggette a grado di pericolosità moderato.

Per queste aree valgono le indicazioni ed i vincoli individuati dalle Norme di Attuazione del PAI contenute nel Comma 8 dell'art. 9 (cfr. allegato 1).

Oltre gli interventi consentiti per le aree Ca (cfr. art. 4.3) sono esclusivamente consentiti:

- a) gli interventi di ristrutturazione edilizia così come definiti dall'art. 27 comma 1, lettera d) della l.r. 12/2005, senza aumenti di superficie e volume. Sono consentiti gli adeguamenti necessari per il rispetto delle norme di legge comprese le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica;
- b) gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per 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;
- c) la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, nonché l'ampliamento o la ristrutturazione delle esistenti, purché compatibili con lo stato di dissesto esistente.

I progetti per l'utilizzo di tali ambiti devono essere corredati da studi di dettaglio così come precisato nell'articolo seguente.

Tutti gli insediamenti presenti in questo ambito andranno inclusi nelle procedure di allertamento/evacuazione predisposte a livello di piano di Protezione Civile Comunale.

Articolo 3.3 – Area omogenea Em: area a pericolosità di esondazione media o moderata

Le aree Em, classificate in classe di fattibilità geologica 3 devono essere considerate edificabili con riserva: *possono essere previsti utilizzi insediativi a basso indice di edificabilità e con basso carico insediativo.*

In ogni caso in tali aree i nuovi edifici andranno realizzati con criteri tali da garantire la sicurezza nei confronti degli effetti di eventi di carattere eccezionale (cfr. indicazioni di massima per la area omogenea CnH3).

Tali caratteristiche andranno certificate da specifiche relazioni tecniche.

I nuovi insediamenti andranno inoltre inclusi nelle procedure di allertamento/evacuazione predisposte a livello di piano di Protezione Civile Comunale.

Gli studi di dettaglio dovranno essere condotti sulla base di quanto esplicitato in art. 3.4 e dovranno rispondere ai criteri contenuti nell'Allegato 4 della D.G.R. 30/11/2011 n°2816 (cfr. allegato 2).

Tutti gli insediamenti presenti in questo ambito andranno inclusi nelle procedure di allertamento/evacuazione predisposte a livello di piano di Protezione Civile Comunale.

Articolo 3.4 – Area omogenea Eb: area a pericolosità di esondazione elevata

Sono inserite quelle aree che possono essere interessate da fenomeni di esondazione con pericolosità elevata.

Per queste aree valgono le indicazioni ed i vincoli individuati dalle Norme di Attuazione del PAI contenute nel Comma 8 dell'art. (cfr. allegato 1).

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 di area omogenea Eb, oltre gli interventi consentiti per la classe Ee (cfr. art. 4.4) sono esclusivamente consentiti:

- a) gli interventi di ristrutturazione edilizia così come definiti dall'art. 27 comma 1, lettera d) della l.r. 12/2005, senza aumento di superficie o volume. Sono consentiti gli adeguamenti necessari per il rispetto delle norme di legge, per adeguamento igienico – funzionale, comprese le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica;
- b) la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- c) 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 provinciale e regionale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il Piano di Assetto Idrogeologico validato dall'Autorità di bacino, anche in base a quanto previsto all'art. 19 bis delle NTA del PAI.
- d) la realizzazione di nuove opere pubbliche o di interesse pubblico nonché l'ampliamento o la ristrutturazione delle esistenti, purché compatibili 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.

Eventuali infrastrutture pubbliche e/o di interesse pubblico, solo se non altrimenti localizzabili sul territorio, dovranno essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea.

Alle istanze di approvazione da parte dell'autorità competente, dovrà essere allegata la relazione geologica e geologico tecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio: lo studio specifico dovrà rispondere ai criteri contenuti nell'Allegato 4 della D.G.R. 30/11/2011 n°2816 (cfr. allegato 2).

Lo studio dovrà individuare le aree realmente interessate da eventuali fenomeni tracimazione, evidenziando eventuali e possibili deviazioni delle correnti di deflusso e modifiche avvenute nel tempo lungo l'asta torrentizia e la conoide (ad esempio innalzamento del fondo, lesionamento alle opere di regimazione in alveo, restringimenti e/o ostruzione delle sezioni di deflusso).

Le verifiche da condurre per tali aree dovranno inoltre stimare l'eventuale materiale solido in carico al corso d'acqua.

I nuovi interventi andranno realizzati con criteri tali da garantire la sicurezza nei confronti degli effetti attesi a seguito di eventi di esondazione.

Le caratteristiche di salvaguardia delle opere in relazione agli eventi attesi andranno certificate dal progettista incaricato e descritte in specifiche relazioni tecniche.

In sintesi dovranno essere sviluppati i seguenti aspetti, con grado di approfondimento funzione della tipologia di intervento che si andrà a realizzare e valutandone dunque il grado di rischio atteso in funzione della pericolosità dell'area:

- aspetti geologici e geomorfologici (anche sulla base di dati preesistenti di letteratura e dati disponibili presso le autorità competenti – Comuni, Provincia, Regione ecc., eventualmente integrandoli ove carenti e non sufficientemente esaustivi);
- definizione dell'assetto del bacino idrografico e dei dissesti che interessano il bacino; analisi dell'asta torrentizia delle sezioni interessate da erosione di laterale e di fondo, verifica del materiale in alveo, presenza di eventuali paleoalvei, attraversamenti del fondo alveo, aree in depressione con potenziale scorrimento preferenziale delle correnti fuori alveo, individuazione delle sezioni di deflusso insufficienti e dei punti critici;
- aspetti idraulico – morfologici: stima delle portate di massima piena relative alla sola portata liquida stimate per stabiliti tempi di ritorno dei 100 anni (anche da dati bibliografici); analisi dell'eventuale trasporto solido; verifica dello stato di conservazione e di efficienza delle opere idrauliche presenti in alveo e censimento dei ponti e degli attraversamenti lungo l'asta; stima delle aree realmente interessate da eventuali fenomeni di piena liquido e liquido - solida dei corsi d'acqua.

Lo studio dovrà essere finalizzato alla:

- definizione dello stato di pericolosità dei fenomeni e del rischio cui risulta esposta l'opera in progetto, valutando le eventuali interferenze dei fenomeni individuati con le opere previste;
- indicazione delle opere da eseguirsi per la mitigazione del rischio e definizione delle eventuali limitazioni al progetto di edificazione e destinazioni d'uso dei locali, con indicazioni in merito alle possibili soluzioni tecnico progettuali da attuarsi in fase di realizzazione dell'opera (come proposto per le classi di pericolosità su conoide H3 nell'art. 3.1).

Tutti gli insediamenti presenti in questo ambito andranno inclusi nelle procedure di allertamento/evacuazione predisposte a livello di piano di Protezione Civile Comunale.

ARTICOLO 4 - CLASSE 4: FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI (aree rosse)

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso delle aree.

Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione se non tenuta al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Nelle aree individuate dovranno essere esclusi i cambi di destinazione d'uso e più in generale ogni modificazione all'uso del suolo che comporti un aumento del numero di persone esposte al pericolo individuato.

Eventuali infrastrutture pubbliche e/o di interesse pubblico (come di seguito precisato) potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili sul territorio e purché non prevedano la presenza continuativa di persone.

Le opere dovranno essere valutate in modo approfondito in funzione della tipologia dei dissesti reali e/o potenziali e dall'ambito di pericolosità definito nelle aree omogenee della carta di sintesi.

In tutti i casi esaminati alle istanze di approvazione da parte dell'autorità competente, dovrà essere allegata la relazione geologica e/o geologico tecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio: lo studio specifico dovrà seguire (in funzione della tipologia di dissesto) quanto indicato nei criteri contenuti negli allegati 2, 3 e 4 della D.G.R. 30/11/2001 n°X/2616 (di cui all'allegato 2).

In tali ambiti sono comprese le seguenti aree omogenee della carta di sintesi (si veda per la descrizione la tavola A):

- EDin - aree localizzate in contesti di elevata dinamica morfologica (presenza di fenomeni di dissesto reali e/o potenziali concomitanti)
- 4V - aree ad elevata acclività (con pendenza maggiore di 35° in terreno e 45° in roccia) potenzialmente instabili e/o soggette all'influenza di fenomeni di dissesto le aree;
- Cr - versanti soggetti a crolli diffusi (aree di distacco e accumulo)
- Crp - ammassi rocciosi caratterizzati da assetto strutturale e pendenza predisponenti all'innescare di fenomeni di crollo
- Cfd - coni e falde detritiche alimentate da crolli e trasporto in massa
- Can - corsi d'acqua e canali (deflussi temporanei e/o stagionali) anche interessati da trasporto detritico
- Crd - depositi detritico/glaciali con presenza di blocchi instabili
- Bod - aree con bosco degradato
- Fa - area di frana attiva (roccia e terreni)
- Fq - area di frana quiescente (roccia e terreni)
- Ca - area di conoide attivo non protetta
- Lc - lobo di colata riattivabile
- Ee - area a pericolosità di esondazione molto elevata
- Vr - area valanghiva da rilevamento (*)
- Vf - area valanghiva da foto interpretazione (*)
- Aree Dmns - aree prative a medio elevata pendenza situate in contesto edificato in cui possono manifestarsi scivolamenti del manto nevoso e che sono state stabilizzate con opere di difesa attiva.

(*) per tali ambiti è stata attribuita la corrispondenza con le aree valanghive PAI "Ve" e "Vm" (Vm esclusivamente per la località Barisola).

Ove non siano indicate aree omogenee alle quali riferire norme più specifiche d'uso del suolo, con particolare riferimento alle NdA del PAI (cfr. allegato 1), ne' siano presenti vincoli di polizia idraulica e relativi

alla zona di tutela assoluta delle sorgenti (vincoli che hanno valore di pianificazione sovraordinata rispetto alla pianificazione comunale), sono esclusivamente ammissibili:

- a) gli interventi di recupero del patrimonio edilizio esistente limitati a manutenzioni ordinarie e straordinarie, restauri, risanamenti conservativi, come definiti dall'art. 27 comma 1, lettere a), b) e c) della l.r. 12/2005 senza aumenti di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentiti gli adeguamenti necessari per il rispetto delle norme di legge (comprese le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica);
- b) eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico (infrastrutture viarie anche connesse alla realizzazione e/o la manutenzione di acquedotti, fognature e reti tecnologiche, parcheggi, reti tecnologiche ed edifici annessi alle stesse, aree ricreative senza edificazione), possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e purché non prevedano la presenza continuativa di persone e dovranno comunque essere valutate puntualmente e attentamente, in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'Autorità Competente, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti, con la situazione di rischio idrogeologico esistente;
- c) è consentita la realizzazione di opere di attraversamento dei corsi d'acqua (in base a quanto contenuto nel regolamento di Polizia Idraulica di cui all'art.6);
- d) sono consentiti tutti gli interventi, supportati da studi e indagini specifiche, finalizzati al miglioramento delle condizioni di stabilità (consolidamenti) dei siti, o alla difesa da fenomeni quali frane, caduta massi, opere di difesa idrauliche, difesa dai fenomeni valanghivi e in generale di sistemazione idrogeologica, sistemazione e ripristino ambientale e paesaggistico e di bonifica dei siti. In seguito alla realizzazione degli interventi indicati ed alla verifica della loro efficacia (collaudo delle opere eseguite) è possibile una variazione della classe di appartenenza delle aree messe in sicurezza, realizzata tramite variante urbanistica.

Il tecnico dovrà valutare e certificare nella relazione tecnico descrittiva, l'effetto prodotto dalla realizzazione delle opere sulla stabilità dei siti e sulle condizioni di mitigazione del rischio che devono supportare le scelte progettuali.

Dovrà quindi essere verificato e certificato che le opere in progetto non vadano ad aggravare le condizioni di instabilità reali o potenziali dei luoghi o che comportino l'alterazione o la modifica delle condizioni di deflusso e di regimazione delle acque.

Saranno quindi perlopiù esclusivamente possibili opere che apportino un seppur minimo incremento nella stabilità dei luoghi, nel ripristino ambientale e/o paesaggistico apportando contestualmente un beneficio, anche limitato alle condizioni morfologiche e di dissesto reale e/o potenziale che caratterizzano l'ambito di intervento.

Sono realizzabili, senza integrazioni di carattere geologico, esclusivamente gli interventi di cui al DPR 380/2001 art. 3 lettere a, b, c, d solo nel caso in cui non modifichino i rapporti struttura/terreno esistenti; a tal fine dovrà essere prodotta apposita dichiarazione da parte del progettista.

Le indagini e gli approfondimenti prescritti per questa classe di fattibilità (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e della progettazione stessa.

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione in sede di presentazione dei Piani Attuativi (l.r. 12 art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05 art. 38).

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dalle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale.

Le edificazioni che presentino presenza continuativa di persone in aree a rischio idrogeologico reale e/o potenziale (individuate dalla cartografia PAI - tavola 10 - e nella carta dei Vincoli - tavv. 08 A,B, C, D) dovranno essere inserite nel piano di Protezione Civile Comunale.

Articolo 4.1 – Area omogenea Fa: (aree interessate da frane attive – pericolosità molto elevata)

Per queste aree valgono le indicazioni ed i vincoli individuati dalle Norme di Attuazione del PAI contenute nel Comma 2 dell'art. 9, di seguito riportate (cfr. allegato 1).

I fenomeni di tipo puntuale sono individuati nella carta dei vincoli (cfr. tavv. 08) e nella Carta del Quadro del Dissesto con Legenda uniformata a quella del PAI (tavola 10).

Nelle aree Fa sono *esclusivamente consentiti*:

- a) gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- b) gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici così come definiti alla lettera a) dall'art. 27 della l.r. 12/2005;
- c) gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità senza aumento di superficie e volume e senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino un aumento del carico insediativo. Sono consentiti gli adeguamenti necessari per il rispetto delle norme di legge comprese le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica;
- d) 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;
- e) le opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi;
- f) le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee.

Eventuali infrastrutture pubbliche e/o di interesse pubblico, solo se non altrimenti localizzabili sul territorio, dovranno essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea.

Articolo 4.2 – Area omogenea Fq (aree interessate da frane quiescenti – pericolosità elevata)

Per queste aree valgono le indicazioni ed i vincoli individuati dalle Norme di Attuazione del PAI contenute nel Comma 3 dell'art. 9 (cfr. allegato 1).

Per le aree caratterizzate da fenomeni franosi con stato di attività quiescente, sono consentiti, oltre agli interventi relativi all'area omogenea Fa (cfr. art. 4.1):

- a) gli interventi di manutenzione straordinaria, restauro, risanamento conservativo, ristrutturazione così come definiti dall'art. 27 comma 1, lettere b), c), della l.r. 12/2005, senza aumenti di superficie e volume;
- b) gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale.

Articolo 4.3 – Area omogenea Ca: (area di conoide attiva)

Per questa area individuata nella carta di fattibilità (tavv.04), oltre che alle presenti norme, si farà espresso riferimento alle norme tecniche di attuazione del PAI (contenute nel Comma 7 dell'art. 9 - cfr. allegato 1) relativamente alle aree denominate "Ca" *conoide attiva non protetta*.

Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 479, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ca *sono esclusivamente consentiti*:

- a) gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- b) gli interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria, di restauro e risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27 comma 1, lettere a), b) e c) della l.r. 12/2005, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentiti gli adeguamenti necessari per il rispetto delle norme di legge comprese le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica;
- c) gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a mitigare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- d) gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo dei beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- e) i cambiamenti delle destinazioni culturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi della d.g.r. n° VII/78 68 del 25/01/2002 e s.m.i.;
- f) gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- g) le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- h) 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;
- i) l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue.

Eventuali infrastrutture pubbliche e/o di interesse pubblico, solo se non altrimenti localizzabili sul territorio, dovranno essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea.

Articolo 4.4 – Area omogenea Ee: (area a pericolosità molto elevata per fenomeni di esondazione)

Sono inserite quelle aree che possono essere interessate dal deflusso di piena del Fiume Brembo soggetto a trasporto liquido con pericolosità da molto elevata a elevata.

Per queste aree valgono le indicazioni ed i vincoli individuati dalle Norme di Attuazione del PAI contenute nel Comma 5 dell'art. 9 (cfr. allegato 1).

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 di area omogenea Ee *sono esclusivamente consentiti*:

- a) gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- b) gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria di restauro e risanamento conservativo degli edifici, così come definiti dall'art. 27 comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/2005, senza aumento di superficie o volume e senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo. Sono consentiti gli adeguamenti necessari per il rispetto delle norme di legge comprese le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica;
- c) 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;
- d) 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;
- e) i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi della d.g.r. n°VII/78 68 del 25/01/2002 e s.m.i.;
- f) gli interventi volti alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- g) le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- h) la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti a condizione che sia dimostrata l'assenza di alternative di localizzazione, 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;
- i) l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento della acque reflue;
- 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.

Eventuali infrastrutture pubbliche e/o di interesse pubblico, solo se non altrimenti localizzabili sul territorio, dovranno essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea.

Articolo 4.5 – Area omogenea Ve (area valanghiva a pericolosità elevata o molto elevata)

Nelle aree Ve sono consentiti esclusivamente gli interventi di demolizione senza ricostruzione, di rimboschimento in terreni idonei e di monitoraggio dei fenomeni

Articolo 4.6 – Area omogenea Vm (area valanghiva a pericolosità media o moderata)

Nelle aree Vm, oltre a quanto contenuto nel precedente articolo, sono esclusivamente consentiti:

- a) interventi di demolizione senza ricostruzione, di rimboschimento in terreni idonei e di monitoraggio dei fenomeni;
- b) 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. 457/1978 (riferimento al vigente art. 27 della LR 12/2005);
- c) gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici esistenti e a migliorare
- d) la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- e) gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- f) la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, nonché l'ampliamento o la ristrutturazione delle esistenti, purché compatibili con lo stato di dissesto esistente;
- g) le opere di protezione dalle valanghe.

ARTICOLO 5 - Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile (DLGS 258/2000 - art. 5 e DLGS 152/2006 – titolo III, Capo I, art. 94 e s.m.i. - D.G.R. 10 aprile 2003 n.7/12693)

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 circolar e della Regione Lombardia 38/SAN/83 e della D.G.R. n° VI/15137 del 27 giugno 1996 riguardante “Direttive per l’individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee (nel caso in esame sorgenti) destinate al consumo umano” si sono individuate le zone di salvaguardia per pozzi e sorgenti destinati al consumo umano presenti sul territorio comunale.

Zona di tutela assoluta

E’ definita con raggio di 10 metri intorno alla captazione, deve essere recintata, impermeabilizzata ed adibita esclusivamente alle opere di presa ed a costruzioni di servizio. In tale zona devono essere previsti interventi di difesa da eventuali fenomeni di esondazione dei corpi idrici superficiali.

La zona di tutela assoluta è indicata nella carta dei vincoli (tavv. 08)

Zona di rispetto

Sono state individuate nella carta dei vincoli (tavv. 08) le zone di rispetto con criterio geometrico con raggio di 200 metri, che si estende 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.l.g.s. 152/06 e s.m.i., a cui si rimanda per quanto qui non esplicitamente contenuto):

- dispersione, ovvero immissione in fossi non impermeabilizzati, di reflui, fanghi e liquami anche se depurati;
- accumulo di concimi organici;
- dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali o strade;
- aree cimiteriali;
- spandimenti 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;
- pascolo e stazzo di bestiame.

Nelle zone di rispetto è vietato l’insediamento di fognature, fosse settiche e pozzi perdenti, bacini di accumulo di liquami e impianti di depurazione.

E’ in generale opportuno evitare la dispersione di acque meteoriche nel sottosuolo.

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.

Per gli insediamenti o le attività di cui sopra, preesistenti, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento: in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

ARTICOLO 6 – Vincoli di polizia idraulica (ai sensi della d.g.r. X/2591 del 31/10/2014, sostitutiva della d.g.r. VII/7868/2002 e s,m,i,)

Nella Carta dei Vincoli (tavv.08) sono state riportate le fasce di rispetto individuate ai sensi della normativa vigente e contenute nel Documento di Polizia Idraulica, finalizzato all'individuazione del Reticolo Idrico Minore.

Tale documento è da considerarsi parte integrante dell'aggiornamento dello studio geologico comunale.

Le norme, sovraordinate alla presente pianificazione comunale, che regolano le attività consentite e vietate nelle fasce di rispetto sono individuate nel "Regolamento di Polizia Idraulica" allegato al Documento di Polizia Idraulica cui si rimanda.

PARTE 2: NORME TECNICHE DI PREVENZIONE ANTISISMICA

Premessa

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" individua in prima applicazione le zone sismiche nelle quali è suddiviso il territorio nazionale e le normative tecniche da adottare per le costruzioni in tali aree (G.U. n° 105 del 8/5/2003 Suppl. Ord. N° 72).

Sulla base di tale Ordinanza il Comune di Ornica risultava inserito in zona sismica 4.

Regione Lombardia con D.g.r. 11 luglio 2014, n° X/2129 ("Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia - l.r.1/2000, art.3, c.108, lett. d - pubblicata sul BURL n.29 Serie Ordinaria del 16 luglio 2014), ha aggiornato la classificazione sismica dei comuni lombardi e inserito il Comune di Ornica in Zona sismica 3 (bassa sismicità).

Le zone vengono definite sulla base dei valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo la tabella seguente estratto dall'allegato 1 all'OPCM 3274.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)
1	$> 0,25$
2	$0,15 - 0,25$
3	$0,05 - 0,015$
4	$< 0,05$

La normativa tecnica di riferimento per la progettazione in zona sismica è contenuta nel D.M. 14/01/2008 (Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni) pubblicato sulla G.U. n° 29 del 4 febbraio 2008, Supplemento ordinario n° 30, entrato in vigore il 6 marzo 2008 ed a tutti gli effetti operativo dal 30 giugno 2009.

La Giunta Regionale, con deliberazione n. 2489 del 10/10/2014 (pubblicata sul BURL n. 42, Serie Ordinaria, del 14 ottobre 2014), ha previsto l'entrata in vigore della d.g.r. n.2129 del 11/07/2014 al 15/10/2015.

Stando alla tempistica di stesura del presente documento, al fine di fornire all'Amministrazione Comunale uno studio aggiornato in conformità con la nuova normativa, la presente analisi, di fase pianificatoria, è stata svolta in considerazione dell'inserimento del territorio comunale in zona sismica 3.

Per ciò che riguarda la fase progettuale, al fine di evitare che al momento dell'entrata in vigore della nuova zonazione sismica, alla data del 14 ottobre 2015, gli edifici in corso di realizzazione non siano conformi alla nuova zonazione sismica, la stessa d.g.r. 2489/2014 prevede che dal 14 ottobre 2014, data di pubblicazione della stessa sul Bollettino Ufficiale di Regione Lombardia, nei Comuni che, rispetto alla nuova classificazione, risultino riclassificati come nel caso in esame, dalla Zona 4 alla Zona 3, i progetti di nuove costruzioni – pubbliche e private – devono essere redatti in linea con le norme tecniche vigenti nelle Zone 3.

La D.G.R. n°IX/2616 della Regione Lombardia del 30 novembre 2011 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. 12/05” fornisce le metodologie per la valutazione dell’amplificazione sismica locale che si esplica attraverso una serie di livelli di approfondimento di cui al seguente schema:

zona sismica	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello pianificazione	2° livello pianificazione	3° livello fase progettuale
3	obbligatorio	nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	<ul style="list-style-type: none"> - nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - nelle zone PSL Z1, Z2 - nelle zone PSL Z3 per edifici con struttura flessibile

Tabella 1 - Livelli di approfondimento e fasi di applicazione della normativa in base alla zonizzazione della pericolosità sismica locale

Per il Comune di Ornica, inserito in zona sismica 3 in fase pianificatoria è obbligatoria l’analisi di pericolosità sismica locale di primo livello e di secondo livello, secondo gli scenari individuati nel primo livello di cui allo schema sopra.

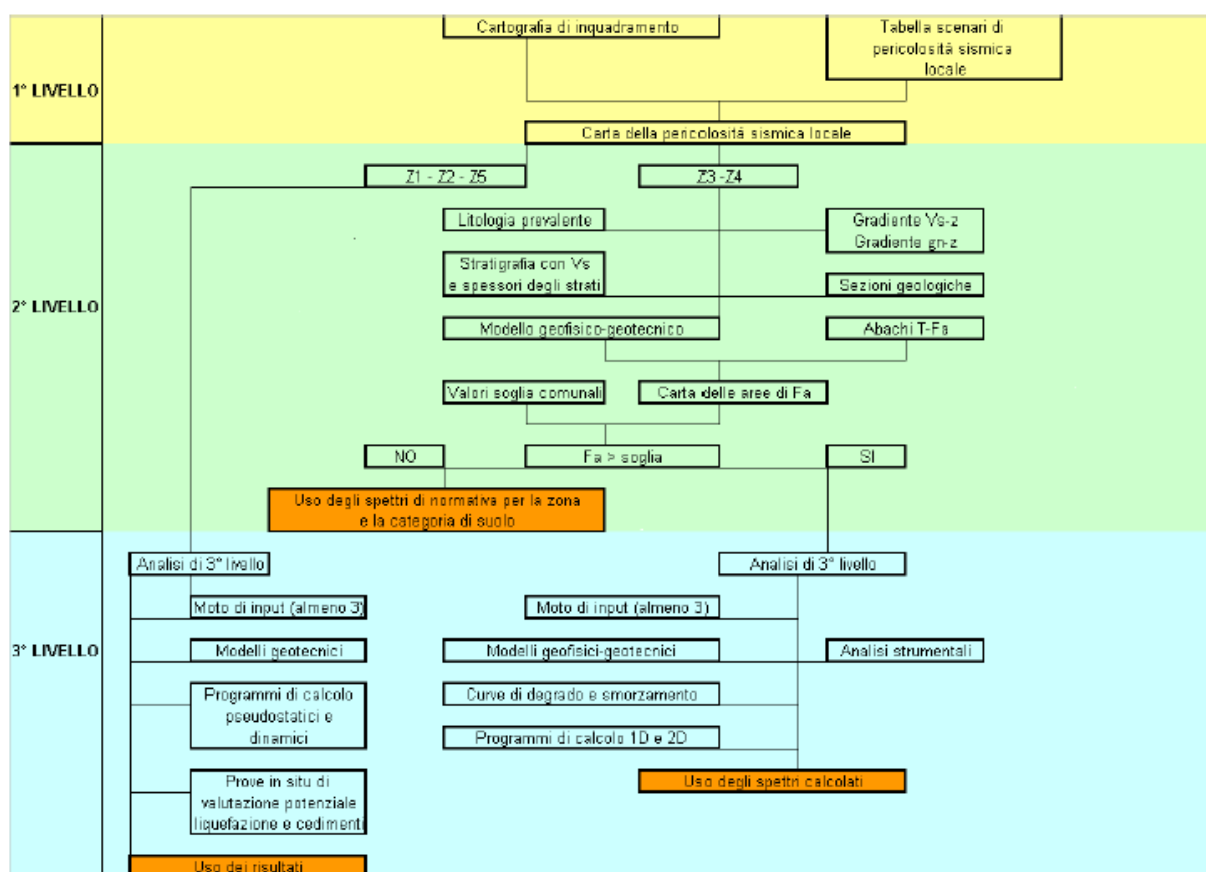


Tabella 2 - diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine di approfondimento di cui agli articoli seguenti

Articolo 1 – Pericolosità Sismica Locale (primo livello di approfondimento)

Il primo livello di indagine, obbligatorio per il comune in esame, ha portato alla redazione della Carta di Pericolosità Sismica locale (cfr. tavv. 06), che individua le aree nelle quali è possibile un'amplificazione dell'effetto sismico sulla base delle caratteristiche litologiche, geotecniche e morfologiche ricavabili dalle carte tematiche di inquadramento e confrontate con gli scenari previsti dalle direttive tecniche.

Vengono quindi individuate le differenti tipologie di risposta sismica derivanti dall'assetto geologico e geomorfologico del territorio, indicate in cartografia come Z1, Z2, Z3, Z4, Z5 (cfr. tabella 2 e tavv. 06).

La zonizzazione del territorio in relazione alla risposta sismica locale e ai relativi scenari di Pericolosità Sismica Locale, è stata altresì individuata nella carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano (nelle tavv. 09A e 09B) dove vengono indicati con specifica simbologia gli elementi lineari e areali indicanti i livelli di approfondimento da raggiungere in fase pianificatoria e progettuale.

Tali elementi forniscono indicazioni su dove poter utilizzare in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico, previsto dal D.M. 14 gennaio 2008, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di terzo livello (secondo quanto indicato nello schema di tabella 1).

Ad ogni scenario corrispondono indicazioni normative specifiche contenute nell'allegato 5 della D.G.R. IX del 30/11/2011 "Analisi e valutazione degli effetti sismici in sito in Lombardia, finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio", riportato integralmente in allegato 3 al presente documento.

Per i dettagli sulle procedure che hanno portato all'individuazione degli scenari di pericolosità sismica locale del territorio comunale si rimanda alla Tavola A (relazione illustrativa).

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>	<i>CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità	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)	Cedimenti e/o liquefazioni	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)	Amplificazioni topografiche	H2 - livello di approfondimento 2° (3°)
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	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	Comportamenti differenziali	H2 - livello di approfondimento 2° (3°)

Tabella 3 - Scenario di pericolosità sismica locale, effetti e classi di pericolosità associate

Articolo 2 – secondo livello di approfondimento

Il secondo livello di approfondimento consente di verificare se i valori di spettro elastico previsti dal D.M. 14 gennaio 2008, sono adatti alle tipologie delle opere in progetto oppure se è necessario eseguire il terzo livello di analisi per la definizione di nuovi spettri.

E' da realizzarsi per tutti gli interventi che ricadano nelle aree individuate nello schema di tabella 1.

Non sono necessarie analisi ne' di secondo ne' di terzo livello di approfondimento per 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. Nell'impossibilità di ottemperare a tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza delle opere.

Nel caso specifico del territorio comunale, in tale fase pianificatoria sono state analizzate esclusivamente le aree individuate negli scenari PSL Z3 e Z4 (scenari suscettibili di amplificazioni sismiche legate a cause morfologiche Z3 e litologiche Z4) nell'ambito attualmente edificato (nello specifico del centro edificato di Ornica), con le risultanze sintetizzate nella relazione descrittiva (tavola A).

Il secondo livello di approfondimento attraverso un approccio semiquantitativo, fornisce la stima della risposta sismica dei casi individuati dagli scenari morfologici e litologici (Z3 e Z4) in termini di Fattore di Amplificazione (Fa), consentendo l'individuazione delle aree in cui la normativa sismica nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti dell'amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano).

Tale fattore Fa viene stimato in funzione degli intervalli di periodo 0,1 – 0,5 s e 0,5-1,5 s che sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più frequenti sul territorio regionale (il primo si riferisce a strutture basse, regolari e relativamente rigide, mentre il secondo è proprio di strutture alte e flessibili).

La procedura di secondo livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa 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 0.1 – 0.5 s.

La normativa regionale fornisce alcune schede interpretative per gli effetti morfologici (scarpate morfologiche o creste, scenario Z3a e Z3b) e per gli effetti litologici (scenario Z4 a, b, c): in entrambi i casi occorre valutare in sito al velocità delle onde s (Vs) attraverso prove dirette o indirette.

Per quanto riguarda gli effetti morfologici, i fattori Fa 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 Fa ottenuti nella scheda di valutazione, con il valore di S_t contenuto nelle Norme Tecniche delle Costruzioni (cfr. Cap. 3, par. 3.2, tabella 3.2 VI riportata nella tabella 4 seguente).

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 4 - Valori di soglia S_t di confronto associati alla categoria tipografica

Tale valore S_t 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 Fa con la scheda di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene conto della variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata.

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.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore al valore di soglia corrispondente. La normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente. La normativa è da considerarsi insufficiente a tenere in considerazione anche possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Nel caso di rilievi morfologici asimmetrici che possono esser rappresentati sia dallo scenario Z3a che Z3b, a seconda dell'orientazione della sezione, si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

Nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani, in presenza degli scenari Z3a e Z3b è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Anche relativamente agli effetti litologici il fattore di amplificazione F_a ottenuto, deve essere approssimato alla prima cifra decimale e, per poter valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente, dovrà essere confrontato (considerando una variabilità di ± 0.1 , che tiene conto della variabilità del valore di F_a ottenuto) con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune (cfr. tabella 5 seguente) e per varie categorie di terreno di fondazione (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D, E) e per i due intervalli di periodo (0.1-0.5 s, 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 vigente risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione esistente nel sito.

	Valori di soglia per il Comune di Ornica			
	<u>Suolo tipo B</u>	<u>Suolo tipo C</u>	<u>Suolo tipo D</u>	<u>Suolo tipo E</u>
Periodo compreso tra 0.1-0.5 s	1.4	1.9	2.2	2.0
Periodo compreso tra 0.5-1.5 s	1.7	2.4	4.2	3.1

Tabella 5

Possono presentarsi due casi:

- nel caso in cui *Fa sia inferiore 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;

- nel caso in cui *Fa sia superiore al valore di soglia corrispondente*, la normativa sismica è considerata insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazioni litologiche e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore secondo 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.*

Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, 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.

<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)
Geofisici (Vs)	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
	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 6 - Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

Articolo 3 - terzo livello di approfondimento

Tale livello di analisi prevede un approccio quantitativo applicato direttamente al progetto ed è finalizzato ad ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità sismica.

Va sempre applicato per l'analisi degli effetti di instabilità (PSL Z1) e per l'analisi del potenziale di liquefazione del terreno (Z2).

Inoltre va applicato nel caso di progetti che prevedano la realizzazioni di edifici con struttura flessibile e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani nelle zone di amplificazione topografica (PSL Z3).

In tutti gli altri casi, aree soggette ad amplificazione litologica (PSL Z4) e topografica, il terzo livello di approfondimento sismico va applicato quando i valori soglia stabiliti dalla Regione Lombardia non sono verificati (con le eccezioni definite nell'art. 2 per le aree PSL Z4).

Nel caso di sovrapposizione di più scenari sul medesimo ambito territoriale si dovrà procedere con il grado di approfondimento più cautelativo.

Con gli aggiornamenti alle direttive tecniche contenute nella D.G.R. n IX/2616 del 30 novembre 2011, tale approfondimento deve essere preceduto dall'analisi della classe sismica di appartenenza del suolo (cfr. articolo 5).

Ai fini della corretta progettazione delle opere per cui si rende necessario il terzo livello di approfondimento, lo studio geologico – geotecnico previsto per ciascuna opera dovrà essere corredato da un'adeguata ricerca geologico – strutturale per il riconoscimento dei profili stratigrafici di riferimento previsti dalla normativa, oltreché dall'individuazione di eventuali discontinuità presenti nell'ottica del rischio sismico locale (faglie e fratture di diverso ordine e grado, ma anche disomogeneità delle variazioni laterali dei litotipi di fondazione, caratterizzazione geomeccanici dei blocchi di potenziale frana, caratterizzazione granulometria delle rocce e dei depositi incoerenti).

Per il terzo livello di approfondimento la Regione Lombardia ha predisposto le seguenti banche dati:

- *475 codice provincia. zip lo-acc*: contenente per ogni comune, 7 diversi accelerogrammi attesi caratterizzati da periodo di ritorno di 475 anni;
- *curve_lomb.xls*: contenente i valori del modulo di taglio normalizzato (G/G_0) e del rapporto di smorzamento in funzione della deformazione (γ), per diverse litologie.

Articolo 3.1 – Effetti di instabilità

L'analisi prevede, a seguito della caratterizzazione e dell'identificazione dei movimenti franosi, l'analisi della stabilità degli stessi con i più comuni codici di calcolo numerici (metodo dei conci, elementi finiti ecc...) in condizioni statiche, pseudostatiche e dinamiche e prevede un approccio di tipo puntuale, finalizzato alla quantificazione dell'instabilità dei singoli movimenti franosi.

Le fasi, i dati e le metodologie necessarie per l'esecuzione delle analisi dipendono dalla tipologia dei movimenti franosi. Per gli scivolamenti in terreno roto-traslazionali si tratta di eseguire delle sezioni geologiche e geomorfologiche lungo il corpo franoso, al fine di individuarne la geometria e i volumi di terreno potenzialmente coinvolti.

Occorrerà valutare la possibile presenza di acqua e l'eventuale variazioni dei livelli della stessa nei corsi di frana. Dovranno essere indicati i parametri geotecnici necessari alle analisi peso di volume, angolo d'attrito (valori di picco e residuo), coesione (valori di picco e residuo). Infine dovranno essere individuati gli accelerogrammi di riferimento per le analisi dinamiche.

Il risultato sarà la determinazione del fattore di sicurezza per il fenomeno analizzato in condizioni statiche (non tenendo conto della variazione contemporanea dei parametri, come variazione del contenuto d'acqua, piogge intense, azioni antropiche ecc.), il valore del coefficiente di accelerazione orizzontale critica (K_c) in condizioni pseudostatiche (che fornisce la soglia di accelerazione del suolo superata la quale l'area stabile

può divenire instabile in occasione di un terremoto) e lo spostamento atteso in condizioni dinamiche (indice di quanto l'evento sismico può modificare la situazione esistente).

I risultati consentiranno di stabilire la pericolosità dell'area potenzialmente franosa.

Per quanto riguarda i fenomeni di crollo e ribaltamento in roccia, le analisi devono essere effettuate in condizioni statiche e pseudostatiche.

Anche in questo caso si rende necessaria l'esecuzione di profili topografici, rilievi geomeccanici al fine di determinare le caratteristiche tecniche degli ammassi rocciosi e del materiale roccia (individuazione delle principali famiglie di discontinuità, prove in situ con il martello di Schmidt, determinazione del profilo di rugosità con il pettine di Barton, determinazione dell'apertura dei giunti con spessimetri, prelievo di campioni per esecuzione prove di Point Load e di Tilt Test). Dovranno essere individuati i principali cinematismi di rottura su sezioni tipo e, per situazioni particolarmente significative, dovranno essere valutate anche puntualmente le condizioni di stabilità di singoli blocchi rocciosi in condizioni statiche e pseudo statiche.

Dovranno essere individuate in situ, mediante analisi topografica e morfologica, le possibili direzioni di discesa dei blocchi e valutate le dimensioni e la distribuzione degli accumuli di massi al piede. Infine, mediante ausilio di programma di calcolo saranno costruiti dei modelli numerici delle possibili traiettorie e valutate statisticamente le zone di arresto dei blocchi.

Articolo 3.2 – Effetti di cedimenti e/o liquefazioni

L'analisi prevede la valutazione quantitativa delle aree soggette a fenomeni di cedimenti e liquefazioni. Il calcolo del potenziale di liquefazione fa riferimento ai risultati di prove in situ utilizzando le più note procedure riportate in letteratura.

In generale si esclude per il territorio in esame la presenza di depositi suscettibili di effetti di liquefazione, considerate le tipologie litologiche presenti nel territorio nonché la zonazione sismica di appartenenza (zona 4) per cui non risultano prevedibili effetti sismici di magnitudo superiore a 6 (come da D.M. 14/01/2008, par. 7.11.3.4.2).

Articolo 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 situ 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 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).

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).

È 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.

Per i dettagli in merito alle procedure di analisi del terzo livello di approfondimento si dovrà fare necessariamente riferimento alla d.g.r. n° IX/2616 del 30/11/2011 ("Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, 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 alle sue modifiche e integrazioni, in quanto, come sottolineato nella premessa dell'allegato 5 alla d.g.r. sopra citata *"le procedure sono organizzate con una struttura modulare che si presta ad una continua e graduale implementazione ed aggiornamento"*.

Tali procedure sono contenute integralmente in allegato 3 al presente documento.

Articolo 4 – Azione sismica di progetto

Ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell'allegato B al citato D.M.: la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/03) individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento.

L'azione sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche. Il moto sismico eccita la struttura provocandone la risposta dinamica.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si utilizzano le Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 14 Gennaio 2008.

Per quanto riguarda i profili stratigrafici di riferimento previsti dalla normativa vigente comprendono (si riporta in tabella 7, la classificazione contenuta nella tabella 3.2.II del D.M. 14/01/2008):

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 7: categorie di sottosuolo

Per V_{s30} si intende la velocità media di propagazione delle onde di taglio (onde s) calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = 30 / \sum h_i / V_i$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Relativamente alle categorie che richiedono studi speciali, nella normativa nazionale ne vengono indicate due (tabella 3.2.III del D.M. 14/01/2008) per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, nei casi in cui vi sia presenza di terreni suscettibili di liquefazioni e/o argille di elevata sensibilità che possono indurre fenomeni di collasso del terreno.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 8: categorie aggiuntive di sottosuolo

Per quanto riguarda le categorie topografiche, per quelle complesse occorre predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale (come individuato dagli articoli seguenti), mentre per configurazioni topografiche semplici (quali quelle individuate in tabella 8) si può adottare la classificazione proposta in tabella 3.2.IV del D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) di seguito riportata.

Le categorie si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 metri.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 9: categorie topografiche

I valori del parametro a_g (accelerazione massima al suolo di categoria A) espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g da utilizzare nella zona sismica 3 (per il comune in esame), riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni risultano pari a $a_g = 0,06$.

Articolo 5 – Normativa di riferimento

Per quanto qui non esplicitamente espresso la normativa di riferimento per la progettazione in zona sismica è la seguente:

- O.P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003: "primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successivi aggiornamenti (come l'ordinanza n°34/31 del 3 maggio 2005);
- D.M. 14/01/2008 e s.m.i.: Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (con particolare riferimento al capitolo 7 "progettazione per azioni sismiche" e agli allegati A e B alle Norme Tecniche per le Costruzioni);
- D.G.R. n° IX/2616 del 30/11/2011 "Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, 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" con particolare riferimento all'allegato 5 riportato integralmente nell'allegato 3 del presente documento;
- D.G.R. 11 luglio 2014, n° X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia - l.r.1/2000, art.3, c.108, lett. d.

Piazza Brembana, febbraio 2016

Dott. Geol. Stefania Cabassi
n°1123 OGL



ALLEGATO 1
Stralcio norme tecniche di attuazione del PAI
(da adottarsi per le aree individuate nella Tavola 10)

- R2 – medio, per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio- economiche;
- R3 – elevato, per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio - economiche, danni al patrimonio culturale;
- R4 – molto elevato, per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale, la distruzione di attività socio - economiche.

Art. 8. Individuazione e delimitazione delle aree interessate da dissesto idraulico e idrogeologico

1. Il Piano individua, all'interno dell'ambito territoriale di riferimento, le aree interessate da fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico. Le aree sono distinte in relazione alle seguenti tipologie di fenomeni prevalenti:
 - frane,
 - esondazione e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua (erosioni di sponda, sovraincisioni del thalweg, trasporto di massa),
 - trasporto di massa sui conoidi,
 - valanghe.
2. La delimitazione delle aree interessate da dissesto, articolate nelle classi di cui al successivo art. 9, è rappresentata cartograficamente per la parte collinare e montana del bacino negli elaborati grafici costituenti parte dell'Elaborato n. 2 del Piano "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo".

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),
 - Fs, aree interessate da frane stabilizzate - (pericolosità media o moderata),
 - esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua:
 - Ee, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata,
 - Eb, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità elevata,
 - Em, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata,
 - 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),
 - Cp, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità elevata),
 - Cn, aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa – (pericolosità media o moderata),
 - valanghe:
 - Ve, aree di pericolosità elevata o molto elevata,
 - Vm, aree di pericolosità media o moderata.
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, purchè 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 Fs 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. Nelle aree Eb, oltre agli interventi di cui al precedente comma 5, sono consentiti:
- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) 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;
 - la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
 - 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 di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.
- 6bis. Nelle aree Em 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.

7. 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.
8. Nelle aree Cp, oltre agli interventi di cui al precedente comma 7, sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) 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;
 - la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue.
9. Nelle aree Cn 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.
10. Nelle aree Ve sono consentiti esclusivamente gli interventi di demolizione senza ricostruzione, di rimboschimento in terreni idonei e di monitoraggio dei fenomeni.
11. Nelle aree Vm, oltre agli interventi di cui al precedente comma 10, sono consentiti:
- 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 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 gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
 - la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, nonché l'ampliamento o la ristrutturazione delle esistenti, purché compatibili con lo stato di dissesto esistente;
 - le opere di protezione dalle valanghe.
12. 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.

Art. 10. Piena di progetto

1. L'Autorità di bacino definisce, con propria direttiva:
 - i valori delle portate di piena e delle precipitazioni intense da assumere come base di progetto e relativi metodi e procedure di valutazione per le diverse aree del bacino;
 - i criteri e i metodi di calcolo dei profili di piena nei corsi d'acqua;
 - i tempi di ritorno delle portate di piena per il dimensionamento o la verifica delle diverse opere;
 - i franchi da assumere per i rilevati arginali e per le opere di contenimento e di attraversamento.
2. Nella progettazione delle opere di difesa idraulica, delle opere di consolidamento dei versanti e delle infrastrutture interferenti con i corsi d'acqua, le Amministrazioni competenti sono tenute a rispettare la direttiva di cui al precedente comma. Le stesse Amministrazioni possono applicare deroghe, in relazione a particolari situazioni collegate sia a specifiche modalità di uso del territorio e ai relativi insediamenti, sia alle caratteristiche idrologiche dei corsi d'acqua, esplicitando le motivazioni delle scelte compiute e indicando gli effetti sulle opere progettate e sul livello di rischio per il territorio.
3. Ogni variazione rispetto ai valori definiti nella direttiva di cui al precedente comma 1, viene comunicata per l'approvazione dall'Amministrazione competente all'Autorità di bacino che provvede, se del caso, a validare i dati ed eventualmente ad aggiornare le tabelle di riferimento.

Art. 11. Portate limite di deflusso nella rete idrografica

1. I valori limite delle portate o dei livelli idrometrici nelle sezioni critiche per l'asta del fiume Po e per l'intero bacino idrografico del fiume Po, da assumere come base di progetto, sono definiti dall'Autorità di bacino con apposita direttiva.

ALLEGATO 2

Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana della pericolosità da valanga e della pericolosità e del rischio da esondazione

(stralcio allegati 2, 3 e 4 alla DGR n° IX/2616 del 30/11/2011 “Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n°12,

Serie Ordinaria n. 50 - Giovedì 15 dicembre 2011

Dati di riferimento contenuti nel Sistema Informativo Territoriale Regionale

Si riporta una sintesi dei dati attualmente disponibili, in continuo aggiornamento sul sito www.cartografia.regione.lombardia.it

Cartografia On line – Banche dati del SIT – Ambiente e Territorio

- Uso del suolo
- Dissesto idrogeologico
- Basi ambientali della pianura
- Basi informative dei suoli
- Geologia degli acquiferi padani
- Pianificazione territoriale e vincoli

Sistemi informativi tematici

- CARG – Cartografia geologica
- SIBA – Sistema Informativo Beni Ambientali
- GEOIFFI – Inventario Frane e Dissesti
- SIBCA – Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua
- STUDI GEOLOGICI – Sistema informativo studi geologici e PAI
- ODS – Opere di difesa del suolo
- PGT – Piani di Governo del Territorio

Ulteriore documentazione consultabile

Si tratta di elaborati di vario genere utili da consultare per la stesura degli studi geologici e disponibili presso le Strutture regionali

- Cartografia geologica predisposta dalla Struttura Analisi e informazioni territoriali nell'ambito del Progetto CARG (Carta Geologica)
- Archivio dell'U.O. Tutela e valorizzazione del Territorio con relazioni di sopralluogo e studi geologici di supporto alla progettazione di opere di difesa del suolo.

Studi sul rischio sismico

1. "Analisi del comportamento di edifici dei centri storici in zona sismica nella Regione Lombardia" volume. Regione Lombardia 1998
2. "Vulnerabilità sismica delle infrastrutture a rete in zona campione della Regione Lombardia" volume +cartografia + CD-rom. Regione Lombardia 2000
3. "Valutazione della pericolosità e del rischio da frana in Lombardia". Regione Lombardia - D.G. Territorio e Urbanistica, 2001

Altri studi geologici, geomorfologici, idrogeologici e idraulici

1. "Valutazione della stabilità dei versanti in condizioni statiche e dinamiche nella zona campione dell'Oltrepo Pavese" volume + cartografia + CD-rom. Regione Lombardia 1998
2. "Scenari di rischio idrogeologico in condizioni dinamiche per alcuni versanti tipo dell'Oltrepo pavese valutati tramite caratterizzazione geotecnica" volume + cartografia. Regione Lombardia 1999
3. "Analisi di stabilità in condizioni dinamiche e pseudostatiche di alcune tipologie di frane di crollo finalizzata alla stesura di modelli di indagine e di interventi". volume +cartografia + CD-rom Regione Lombardia 2000
4. "Prevenzione dei fenomeni di instabilità delle pareti rocciose. Confronto dei metodi di studio dei crolli nell'arco alpino". Progetto Falaises - programma Interreg IIC - Medoc, 2001.
5. "Mitigation of hydro-geological risk in Alpine catchments - Linee Guida". Progetto CatchRisk - programma Interreg IIIB - Spazio Alpino, 2005
6. "Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici - Fiume Oglio (Alta Valcamonica)
7. *Studio dei fenomeni franosi innescati a seguito dell'evento del 27-28 aprile 2009 in Oltrepo Pavese e redazione di linee guida per una corretta gestione dei versanti (CD) - (Regione Lombardia - Provincia di Pavia - Università degli Studi di Pavia - 2011)*

ALLEGATO 2

PROCEDURE PER LA VALUTAZIONE E LA ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO DA FRANA

1- PROCEDURE DI DEFINIZIONE PRELIMINARE DELLA PERICOLOSITA'

1.1 Contenuti delle procedure

Le seguenti procedure di definizione preliminare della pericolosità forniscono uno standard, che a partire dai dati contenuti nella Carta inventario dei dissesti, permette di definire un'area di pericolosità delle frane ed in particolare la loro possibile zona di espansione, mediante metodi rapidi, generalmente pubblicati in letteratura. Le procedure definite in seguito sono conservative e di carattere generale; per studi di maggior dettaglio della pericolosità e la sua zonazione possono essere successivamente utilizzate le procedure di cui al paragrafo 2.

Le procedure sono state differenziate per i tre differenti tipi di frane più frequenti in Regione Lombardia, quali: crolli di massi, frane di scivolamento, colate detritiche su versante. Per quanto riguarda le colate detritiche su conoide, le indicazioni di maggior o minore pericolosità sono già contenute nella carta inventario delle frane e dei dissesti; per l'eventuale modifica e zonazione della pericolosità dovrà essere utilizzata elusivamente la procedura prevista nel successivo paragrafo 2.2.4.

1.2 PERICOLOSITÀ PER FENOMENI DI CROLLO

Il seguente metodo empirico per definire l'area interessata da un fenomeno di crollo si basa sul cosiddetto "cono d'ombra", che sottende la zona in cui la maggior parte dei blocchi si dovrebbero arrestare. Il metodo si basa sugli studi di HEIM (1932), di LIED (1977), di ONOFRI & CANDIAN (1979), di EVANS & HUNGR (1993) e di MEISL (1998).

Questo metodo previsionale empirico si basa sul concetto di linea di energia e di angolo di attrito equivalente; l'area interessata da un crollo può venir delimitata da un "cono" definito utilizzando l'angolo d'ombra minimo, a partire da una parete o da una porzione di versante possibile origine di crolli, oppure l'angolo di inclinazione del versante.

L'angolo d'ombra minimo è definito come l'inclinazione della retta che congiunge l'apice del talus con il blocco più lontano; secondo EVANS & HUNGR (1993), il valore medio di tale angolo è di 27,5°. Un'altra possibilità è di utilizzare l'angolo di inclinazione del versante (zona di deposito), calcolato partendo dal punto più alto della zona di distacco, congiungendolo con il masso che ha raggiunto la massima distanza di espandimento, che in genere fornisce valori compresi tra 28° e 41° (ONOFRI & CANDIAN, 1979). (Fig.1).

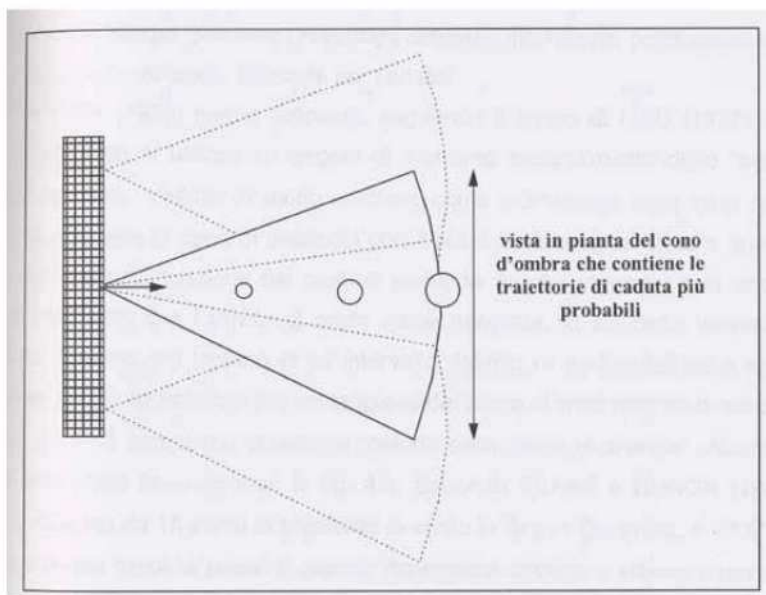


Fig. 1 - delimitazione in pianta del "cono d'ombra" per frane di crollo.

La scelta tra i due metodi può essere effettuata in modo teorico, utilizzando la seguente relazione (Fig. 2):

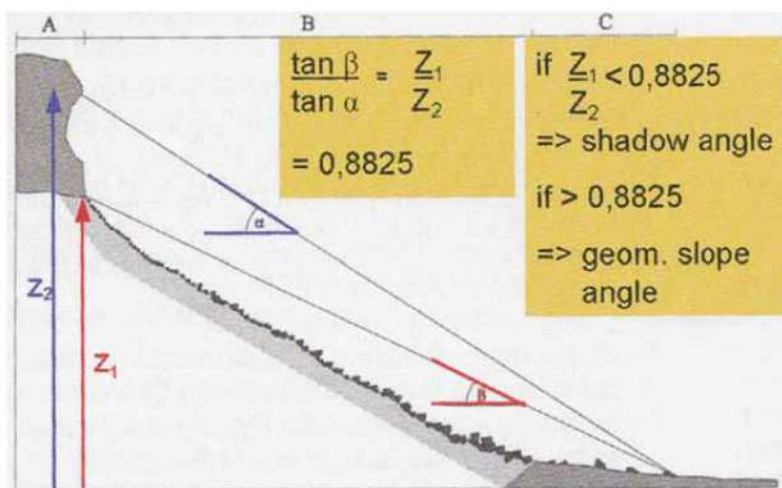


Fig. 2 - Basi teoriche che illustrano quando usare l'angolo ombra minimo o l'angolo di inclinazione del versante.

se $\frac{Z_1}{Z_2} < 0.8825$ si utilizza l'angolo d'ombra minimo; se tale rapporto è > 0.8825 , si utilizza l'angolo di inclinazione del versante.

1.3 PERICOLOSITÀ PER FRANE DI SCIVOLAMENTO

Per quanto riguarda le frane di scivolamento, è possibile valutare la loro area di espansione (frane attive e quiescenti) utilizzando la formula proposta da Govi et al. (1985):

$$L = 49,61 \times \log(H+3) - 22,38$$

in cui H è l'altezza in metri del punto di distacco della frana.

Se la frana raggiunge il fondovalle, è possibile valutare l'area di espansione utilizzando i criteri proposti da NICOLETTI & SORRISO VALVO (1991), adattandoli al caso specifico.

Oltre l'espansione verso valle del corpo di frana, sono da valutare con criteri morfologici anche la sua estensione in nicchia e l'eventuale espansione laterale.

1.4 PERICOLOSITÀ PER COLATE DETRITICHE SU VERSANTE

Una valutazione numerica semplice dell'espansione delle colate detritiche che possono interessare un versante al momento non è disponibile, almeno per quanto riguarda la zona alpina e prealpina.

La valutazione delle aree coinvolte, in caso di sviluppo di colate detritiche su un versante, dovrà essere effettuata tenendo conto dei percorsi probabili (impluvi) e quindi della morfologia del versante; quando la colata raggiunge un'area di possibile espansione, cioè una zona maggiormente pianeggiante, la valutazione delle aree esposte a pericolo dovrà avvenire su base morfologica, tenendo conto di possibili punti critici di deviazione della colata stessa.

2 - PROCEDURE DI DETTAGLIO PER LA VALUTAZIONE E LA ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DA FRANA

2.1. Introduzione

2.1.1. Contenuti delle procedure

Il metodo di studio di seguito illustrato è stato sviluppato per fornire degli standard di lavoro ed uniformare i metodi di raccolta e di analisi dei dati sulle frane. Si tratta di un metodo speditivo di valutazione della pericolosità (suscettibilità) da frana che permette di zonare il territorio secondo classi di pericolosità e di rischio relativi differenti. Questa zonazione è rivolta ad aree limitate e circoscritte ed è applicabile solo ad una scala di dettaglio.

Il metodo è costituito da procedure specifiche per la valutazione della pericolosità applicabili alle principali tipologie di frana presenti sul territorio lombardo. Il passaggio dalla pericolosità al rischio è stato affrontato in maniera molto semplificata in quanto è stata considerata prioritaria la definizione della pericolosità perché più complessa e propedeutica al rischio. Di norma dovrà essere prodotta solo la carta di zonazione della pericolosità mentre la carta del rischio verrà fornita solo quando richiesta.

I valori di pericolosità finale ottenuti per le diverse tipologie di frana hanno diverso significato e quindi vengono valutati in modo differente nel loro utilizzo per la pianificazione territoriale. Questi non vanno quindi considerati come valori assoluti di pericolosità e non possono essere effettuati confronti tra fenomeno e fenomeno.

Le frane che non rientrano nelle categorie qui previste (valanghe di roccia, frane di scivolamento lente in roccia, ecc.) non possono venire studiate secondo metodi generalizzati come il presente, in quanto la complessità dei meccanismi coinvolti necessita di analisi specifiche, ciascuna adatta al singolo caso.

La zonazione della pericolosità risultante dall'applicazione delle procedure è relativa al sito indagato e non è confrontabile con altri siti studiati separatamente, in quanto ciascun sito risulterà sempre suddiviso in aree a pericolosità da bassa a elevata, indipendentemente dal valore assoluto della pericolosità. Nei casi in cui la probabilità di accadimento del fenomeno studiato sia molto bassa, le procedure prevedono dei valori soglia al di sotto dei quali la zonazione della pericolosità non è più significativa. Nelle procedure che verranno descritte di seguito la pericolosità viene valutata in due fasi. Una prima fase prende in considerazione i fattori preparatori e definisce una pericolosità preliminare, la seconda considera i fattori che indicano l'attività o le cause innescanti e permette di valutare la pericolosità finale.

Una valutazione rigorosa della pericolosità dovrebbe tener conto dell'intensità del fenomeno che dipende da volume e velocità e della probabilità d'accadimento che andrebbe valutata in base a serie storiche da cui ricavare periodi di ritorno. Spesso questo non è possibile in un processo speditivo in quanto i tempi ristretti non consentono un'adeguata raccolta dati; per questo motivo sono stati scelti parametri semi-quantitativi per effettuare la zonazione.

Nei casi in cui siano presenti più tipologie di frana le zonazioni della pericolosità vengono sovrapposte e viene ritenuto valido il valore più elevato.

A completamento di ogni procedura viene indicata la documentazione da produrre per ogni sito studiato che comprende una relazione geologico-tecnica illustrativa, schede descrittive ed elaborati cartografici; sarà inoltre indispensabile una documentazione fotografica. Dovranno essere citate in bibliografia tutte le fonti utilizzate ed in particolare quelle riguardanti la cartografia.

Il materiale bibliografico e quello cartografico, a cui è fatto riferimento nel testo, è a disposizione presso la Direzione Generale Territorio, a cui ci si può rivolgere per delucidazioni in merito alle presenti procedure.

La cartografia allegata dovrà essere redatta secondo una specifica legenda (allegato 11) che riporta i diversi elementi dissesto, gli aspetti idrogeologici e le opere di difesa, di sistemazione e di monitoraggio presenti.

Tutta la documentazione dovrà essere fornita anche su supporto digitale e in particolare i documenti di testo in file compatibili con i correnti sistemi di videoscrittura e gli elaborati cartografici in formato shape files.

2.1.2 Utilizzo delle procedure

Le procedure di seguito illustrate presentano campi di applicazione ben definiti e circoscritti. In particolare si evidenzia che vanno applicate a scala locale, su una serie di fenomeni e siti predefiniti attraverso un'analisi di pericolosità su area vasta o mediante criteri specifici che permettano di fare emergere quelle situazioni di criticità più elevata su cui concentrare le attenzioni.

Con queste procedure si potranno:

1. definire in modo più dettagliato gli ambiti omogenei di pericolosità su cui applicare le classi di fattibilità geologica;
2. approfondire le conoscenze per poter valutare la effettiva appartenenza di un ambito di pericolosità e di conseguenza ad una determinata classe di fattibilità geologica;
3. dettagliare ed approfondire le informazioni e le relative zonazioni di pericolosità e rischio su alcuni siti di particolare interesse delle diverse Amministrazioni pubbliche.

Analogamente, come già sperimentato nel caso delle perimetrazioni definite ai sensi della legge 267/98, si potranno utilizzare queste procedure per incrementare le conoscenze, dettagliare ulteriormente e/o modificare le perimetrazioni dei siti a rischio già individuati ed oggetto di particolari misure di salvaguardia.

2.2 La zonazione della pericolosità

Le procedure per la zonazione della pericolosità sono di seguito descritte nel dettaglio; tali procedure comprendono le principali tipologie di frana osservate sul territorio lombardo, quali:

- crolli di singoli massi e crolli in massa,
- scivolamenti e colate superficiali,
- scivolamenti, scivolamenti-colate e colate di grandi dimensioni,
- trasporto in massa su conoidi.

2.2.1 La zonazione della pericolosità generata da crolli in roccia

Per la zonazione della pericolosità generata da crolli in roccia sono state create due procedure differenti, una per crolli di singoli massi o per crolli di massi fino ad una volumetria massima complessiva di circa 1000 m³ e un'altra per crolli in massa (volumetrie tra 1000 e alcune centinaia di migliaia di metri cubi).

2.2.1.1 Crolli di singoli massi o inferiori a 1000 m³

La procedura adottata, denominata R.H.A.P. (Rockfall Hazard Assessment Procedure), è valida per crolli di singoli blocchi o per crolli di massi fino ad una volumetria massima complessiva di 1000 m³. Questa procedura comprende più fasi.

Il primo passo è l'individuazione dei settori di parete rocciosa potenziale origine di crolli. Segue quindi la delimitazione d'aree omogenee in funzione di:

1. caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso ricavate da rilievi in sito;
2. morfologia del versante lungo le traiettorie di discesa (zone di transito e d'arresto) dei blocchi, come ad esempio altezza della parete e pendenza del versante sottostante;
3. presenza di opere di difesa, di cui vanno valutati le caratteristiche di assorbimento di energia e il loro stato di efficienza;

questi parametri vengono poi utilizzati nella modellazione numerica.

In ciascuna delle aree omogenee così definite, sono scelte, in pianta, una o più traiettorie di discesa dei blocchi su cui effettuare analisi di rotolamento tramite simulazioni di caduta con modelli numerici di tipo stocastico supportate da rilievi geomeccanici e da osservazione degli accumuli di detrito.

Le simulazioni di caduta con modelli numerici (cinematici e/o dinamici) vanno effettuate prendendo in considerazione i seguenti parametri:

- zona di partenza dei blocchi: la sommità della parete;
- volumetria dei massi: le dimensioni modali, valutate tramite analisi statistica (istogramma di frequenza) del detrito al piede della parete in esame e/o in base alla fratturazione in parete, ricavata da rilievi geomeccanici. Possono essere considerati più valori modali nel caso in cui la distribuzione sia bi- o poli-modale. Oltre ai volumi modali si prenda in considerazione anche il volume maggiore o quello del blocco che ha raggiunto la distanza massima ed eventualmente il blocco potenzialmente instabile di maggiori dimensioni riscontrato in parete;
- forma: dovrà essere utilizzata nella simulazione la forma più simile alla forma modale osservata nel detrito o in parete oppure la forma fisicamente più sfavorevole;
- coefficienti di restituzione e rugosità (allegato 11): vanno valutati attraverso un rilievo puntuale delle traiettorie di caduta, sia reali che ipotizzate, prestando particolare attenzione al tipo di superficie, tipo di vegetazione presente, profondità e distanza tra solchi di impatti precedenti, eventuali danni a strutture e piante, ecc. La valutazione dei coefficienti di restituzione andrà effettuata quando possibile anche attraverso calibrazioni tramite eventi pregressi;
- numero di simulazioni: essendo questa analisi di tipo probabilistico, è necessario effettuare numerose simulazioni di caduta (sono da effettuare almeno 1000 cadute per ogni traiettoria).

In base ai risultati delle analisi di rotolamento massi, si esegue una zonazione longitudinale preliminare delle traiettorie di caduta suddividendole in 3 zone:

- a) di transito e di arresto del 70% dei blocchi;
- b) di arresto del 95% dei blocchi;
- c) di arresto del 100% dei blocchi.

Queste percentuali sono valutate sulla totalità delle simulazioni effettuate, per ogni traiettoria, sui blocchi modali di qualsiasi forma considerata e verrà tenuta in considerazione la zonazione longitudinale più sfavorevole. A queste zone vengono assegnate le classi di pericolosità relativa: 4 (a), 3 (b), 2 (c). In aggiunta si delimita un'area di bassa pericolosità (valore 1) utilizzando la distanza massima raggiunta dal blocco di maggiori dimensioni oppure la distanza massima raggiunta da massi di crolli precedenti.

Successivamente si valuta la probabilità di accadimento del fenomeno in ciascuna delle aree omogenee, definendo la

Serie Ordinaria n. 50 - Giovedì 15 dicembre 2011

propensione al distacco dei blocchi. A tale scopo si suddivide la parete in maglie, con lato da 5 m fino a 20 m, secondo la complessità geomeccanica dell'area omogenea o in base alle dimensioni della parete.

Area omogenea 1			Area omogenea 2			Area omogenea 3		
	2			1			2	1
3			3	2	2			3
	3	4		1	2			1
	2	2		1		2		2
2					2	1		

Figura 3 - Schema di valutazione dell'attività relativa delle aree omogenee di origine dei crolli. Ogni area omogenea è suddivisa in maglie in ciascuna delle quali è riportato il numero degli elementi di instabilità riscontrati.

Area omogenea 1 - numero totale elementi di instabilità presenti: 18 su 75 (numero massimo ottenibile di elementi di instabilità per l'area omogenea) - percentuale di attività relativa : 24% (alta).

Area omogenea 2 - numero totale elementi di instabilità presenti: 17 su 100 - percentuale di attività: 17% (media).

Area omogenea 3 - numero totale elementi di instabilità presenti: 9 su 75 - percentuale di attività: 12% (bassa).

In questa rappresentazione i limiti tra le aree omogenee sono stati schematizzati con delle linee rette e sono state considerate solo separazioni verticali. Nella realtà possono verificarsi casi molto più complessi.

Per ciascuna maglia si verifica la presenza dei seguenti elementi di instabilità:

- fratture aperte con evidenze di attività associate a cinatismi possibili;
- blocchi ruotati;
- zone intensamente fratturate;
- superfici non alterate che testimoniano recenti distacchi;
- emergenze di acqua alla base dei blocchi.

Per ogni maglia viene quindi indicato il numero degli elementi di instabilità presenti. Poi, per ogni area omogenea viene calcolata la somma di tutti gli elementi di instabilità presenti e viene ricavata la percentuale di attività in relazione al numero massimo ottenibile nell'area omogenea, dando a ciascuna maglia il valore massimo 5 (Fig. 3).

In base alle percentuali così ricavate, le aree omogenee vengono raggruppate in 3 gruppi a differente attività relativa per il sito indagato: alta, media, bassa. Non vengono indicati valori di percentuali di riferimento assolute per evitare che gran parte delle aree omogenee risultino avere lo stesso valore di pericolosità, impedendo una zonazione. Tuttavia, nel caso in cui tutte le aree omogenee presentino percentuali inferiori al 10% non si ritiene necessario effettuare la zonazione della pericolosità.

Spesso succede che le aree omogenee nelle zone di rotolamento e di arresto dei blocchi si sovrappongano parzialmente o anche totalmente; in tali casi la rappresentazione in carta risulterà dalla sovrapposizione delle aree omogenee, in modo che le aree ad attività maggiore risultino sovrapposte a quelle ad attività minore.

La zonazione finale della pericolosità viene definita utilizzando i valori delle classi di pericolosità relativa della zona di transito e accumulo dei blocchi, che vengono aumentati di 1, mantenuti costanti o diminuiti di 1 a seconda che le pareti sovrastanti appartengano ai gruppi di attività alta, media o bassa rispettivamente. Si possono così avere in totale 5 classi di pericolosità, da H1 a H5.

Esiste una tipologia di frana, assimilabile ai crolli, che non rientra nelle normali classificazioni e riguarda la caduta di blocchi, più o meno arrotondati, scalzati da depositi glaciali o da terrazzi fluvio-glaciali. Il meccanismo di rotolamento a valle dei blocchi è del tutto assimilabile a quello dei crolli e quindi va seguita la procedura sopra descritta per quanto riguarda la determinazione della pericolosità preliminare. Per passare alla pericolosità finale si procede come per i crolli, sovrapponendo la griglia alle aree omogenee e valutando l'attività in funzione dei seguenti parametri:

- presenza di scollamenti tra matrice e blocchi;
- blocchi o ciottoli parzialmente ruotati nella matrice;
- blocchi in buona parte isolati rispetto alla matrice;
- superfici non alterate o incavi che testimoniano recenti distacchi;
- emergenze di acqua alla base dei blocchi.

Le varie fasi dello studio per i crolli andranno descritte in una relazione geologica che deve sviluppare i seguenti punti:

1. Inquadramento geologico-geomorfologico: geologia e geomorfologia di un intorno significativo dell'area in esame; dati esistenti sulle frane già avvenute.
2. Caratterizzazione delle aree omogenee: risultati e descrizione dei rilievi geomeccanici; descrizione dei parametri per la definizione delle aree omogenee e per la scelta delle traiettorie di caduta massi; modellazione statistica dei volumi e della forma dei blocchi (istogrammi di frequenza).
3. Simulazione della caduta massi: breve descrizione del codice di calcolo utilizzato e dei parametri di ingresso usati e in particolare i coefficienti di restituzione e la rugosità; risultati delle simulazioni di caduta massi, con visualizzazione dei rimbalzi lungo la traiettoria di caduta, istogrammi di frequenza di altezza dei rimbalzi, velocità, energia per ogni traiettoria analizzata e per un profilo standard che verrà fornito dalla presente Struttura (utile per la taratura dell'analisi).
4. Descrizione del calcolo delle percentuali di instabilità in parete delle aree omogenee.
5. Discussione dei risultati e conclusioni.

Allegati alla relazione sono previsti i seguenti elaborati cartografici e schede:

1. carta di inquadramento geologico-geomorfologica, con unità geologiche e principali elementi strutturali e geomorfologici (scala 1:10000), che può essere desunta da dati preesistenti a scala adeguata;
2. carta dei dissesti con elementi morfologici, in cui vanno riportati gli elementi morfologici dei dissesti, l'idrogeologia, le opere di difesa e di sistemazione, etc., come da legenda allegata (scala 1:1000 - 1:5000);
3. carta delle aree omogenee, in cui sono da riportare le diverse aree omogenee con le percentuali di attività, le traiettografie, le maglie con gli elementi di instabilità (scala 1:500 - 1:2000); nel caso in cui le maglie non siano rappresentabili in planimetria dovranno essere fornite fotografie della parete con sovrapposte le maglie utilizzate;
4. carta della pericolosità preliminare, con la zonazione preliminare della pericolosità da H2 a H4 (scala 1:500 - 1:2000);
5. carta della pericolosità finale, con la zonazione delle aree di pericolosità da H1 a H5 (scala 1:2000);
6. scheda frane del Servizio Geologico per tutta l'area considerata (allegato 6);
7. scheda crolli per ogni singola area omogenea (allegato 6.1);
8. scheda di rilevamento geomeccanico per ogni stazione (allegato 6.2).

2.2.1.2 Crolli in massa

Per crolli in massa si intendono frane con volumetria compresa tra i 1000 m³ e qualche centinaia di migliaia di metri cubi.

La procedura proposta prevede, per il sito studiato, l'identificazione delle aree soggette a crolli in massa potenziali, rilevando le fratture aperte che isolano volumi di roccia potenzialmente instabili, in zone limitrofe a crolli già avvenuti o in zone che non sono ancora state soggette a franamenti.

Successivamente, per ogni area, si determinano, se possibile, i volumi minimi, medi e massimi potenzialmente instabili, includendo l'eventuale ampliamento della nicchia di distacco di fenomeni già avvenuti. In base a queste volumetrie si calcolano le distanze massime raggiungibili e le relative aree di espansione dell'accumulo per ciascun volume secondo i metodi empirici disponibili in letteratura. SCHEIDEGGER (1973) fornisce la formula

$$\log f = a \cdot \log V + b,$$

in cui $f = H/x$; in tal modo è possibile calcolare la distanza massima raggiungibile dalla frana (x) inserendo i valori di dislivello (H) in metri, il volume presunto (V) e le due costanti $a = -0.15666$ e $b = 0.62419$. DAVIES (1982) propone invece un legame tra il volume (V) e la distanza raggiunta (Ra), secondo la formula

$$Ra = 9.98 V^{0.33}.$$

Anche TIANCHI (1983) mette in relazione il volume (V) della frana con la distanza raggiunta (L), secondo la formula:

$$\log (H/L) = A + B \log V,$$

in cui H è il dislivello e A e B due costanti del valore rispettivo 0.6640 e -0.1529. Un legame tra distanza raggiunta dalla frana, il volume e la pendenza è proposto da HUTCHINSON (1988) in un diagramma che, per le volumetrie qui considerate, si riferisce a dati ricavati da crolli in calcari porosi (chalk). Andrà utilizzato il metodo empirico più adatto alle volumetrie ipotizzate e alle caratteristiche litologiche del sito. La larghezza e la forma dell'accumulo di frana vanno delimitate tenendo conto della morfologia del pendio e dell'area di possibile espansione (vedi per esempio: NICOLETTI & SORRISO-VALVO, 1991).

I metodi sopra citati sono validi soprattutto per volumetrie elevate; per i crolli di poche migliaia di m³ si possono utilizzare metodi basati sulle linee di energia (es. HEIM, 1932) associandoli a simulazioni di caduta massi.

La zonazione della pericolosità preliminare dell'accumulo può essere valutata in due modi che possono essere integrati tra loro. Preferibilmente si utilizzeranno le tre volumetrie identificate (minima, media, massima) per ogni area; se questo non è possibile si applicheranno più metodi empirici che risulteranno più o meno conservativi. In questo modo si distingueranno tre distanze massime raggiungibili dalla frana e quindi tre zone di pericolosità relativa decrescenti (4, 3, 2) verso le zone più distanti.

Per valutare l'attività delle aree di distacco e quindi passare alla pericolosità finale, le aree di distacco andranno classificate nel seguente modo:

- non attive - se vi sono fratture aperte senza sintomi di movimento. Questa condizione è evidenziata ad esempio, dalla presenza di vegetazione antica all'interno della frattura, dall'assenza di evidenze di crolli recenti in parete e fattori innescanti quali infiltrazioni d'acqua, ecc;
- quiescenti - se sono presenti fratture aperte e persistenti e se vi è possibilità cinematica di movimento della porzione di ammasso roccioso in esame;
- attive - se, oltre ai sintomi precedenti, vi sono anche fratture con superfici non alterate, evidenze di frequenti crolli di blocchi, blocchi ruotati, emergenze di acqua, piante con radici tirate.

A questo punto il valore della pericolosità viene diminuito, mantenuto costante o aumentato di 1 a seconda che la zona di distacco sia stata classificata non attiva, quiescente o attiva rispettivamente. In questo modo si ottiene la zonazione finale della pericolosità con le 5 possibili classi da H1 a H5. Spesso può succedere che si sovrappongano diverse aree di accumulo con la loro rispettiva zonazione; la zonazione totale dell'intera area risulterà dalla sovrapposizione delle zonazioni, in modo che le aree a pericolosità maggiore risultino sovrapposte a quelle di pericolosità minore.

Le varie fasi dello studio andranno descritte in una relazione geologica che deve sviluppare i seguenti punti:

1. Inquadramento geologico-geomorfologico: geologia e geomorfologia di un intorno significativo dell'area in esame; dati esistenti sulle frane già avvenute.
2. Caratterizzazione delle aree potenziali di crollo in massa: risultati e descrizione dei rilievi geomeccanici; descrizione delle principali discontinuità e delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso; eventuali dati di monitoraggio; definizione dei volumi potenzialmente instabili (scenari di instabilità); descrizione del pendio sottostante.
3. Valutazione delle aree di espansione: scelta del metodo e dei parametri utilizzati.
4. Valutazione dello stato di attività delle aree potenzialmente instabili.
5. Discussione dei risultati e conclusioni.

Allegati alla relazione sono previsti i seguenti elaborati cartografici e schede:

1. carta di inquadramento geologico-geomorfologica, con unità geologiche e principali elementi strutturali e geomorfologici (scala 1:10000) che può essere desunta da dati preesistenti a scala adeguata;

Serie Ordinaria n. 50 - Giovedì 15 dicembre 2011

2. carta dei dissesti con elementi morfologici, in cui vanno riportati gli elementi morfologici dei dissesti, l'idrogeologia, le opere di difesa e di sistemazione, etc., come da legenda allegata (scala 1:2000 - 1:5000);
3. carta delle aree potenziali di crollo e della pericolosità preliminare, in cui sono da riportare le zone potenzialmente instabili e le diverse aree di espansione, con zonazione preliminare della pericolosità (scala 1:2000 - 1:5000); se la parete origine del crollo è molto acclive, è meglio allegare fotografie con delimitate graficamente le aree potenziali di crollo;
4. carta della pericolosità finale, con la zonazione delle aree di pericolosità da H1 a H5 (scala 1:2000 - 1:5000);
5. scheda frane del Servizio Geologico per tutta l'area considerata (allegato 6);
6. scheda di rilevamento geomeccanico per ogni stazione (allegato 6.2).

2.2.2 La zonazione della pericolosità generata da colate di terreno e da scivolamenti che evolvono in colate

Questa procedura viene applicata alle colate e agli scivolamenti in terreno che possono evolvere in colate. Si tratta di fenomeni diffusi su ampie aree e generalmente di piccola volumetria (fino a 1000 m³), che interessano la parte superiore dei depositi superficiali (in generale fino a un massimo di 2 m di spessore).

Per valutare la probabilità di innesco di colate e scivolamenti, si devono individuare le aree coperte dai depositi superficiali che possono essere rimobilizzate in caso di forti piogge, prendendo in considerazione l'intero versante, fino eventualmente alla cresta. Una volta individuate, queste aree devono essere suddivise in zone a pendenza e caratteristiche di resistenza al taglio (valutata in base alla litofacies e alla granulometria riconosciuta in sito, o eventualmente tramite analisi granulometriche) omogenee. Per la definizione della granulometria si consiglia di utilizzare la classificazione dei terreni U.S.C.S. (Unified Classification System for Soils). Nel caso in cui vi siano depositi che presentano mescolanze di varie classi granulometriche viene considerata la classe granulometrica più rappresentata (valori modal) oppure quella di granulometria inferiore (argilla e limo), se presente in percentuali superiori al 25% o se forma orizzonti continui di spessore almeno centimetrico.

Per quanto riguarda la pendenza devono essere individuate almeno 3 classi in funzione delle caratteristiche morfologiche del versante (naturalmente solo per le aree in terreno).

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza al taglio, queste dovranno essere valutate (in termini di coesione e attrito) per ogni litofacies riconosciuta. A questo scopo, si utilizzino se possibile dati derivati da prove di laboratorio sulle litologie del sito indagato. In mancanza di questi dati, possono essere utilizzate correlazioni empiriche che mettono in relazione i risultati di semplici prove in sito con i parametri di resistenza al taglio, come ad esempio Vane test e pocket-penetrometer per la coesione non drenata (C_u) per i terreni coesivi. Per i terreni non coesivi si possono utilizzare correlazioni tra la densità relativa e l'angolo di attrito (allegato 12).

La sovrapposizione dei due tipi di aree sopra definite fornirà una serie di aree omogenee ciascuna caratterizzata da classi di valori di pendenza, angolo d'attrito e coesione. Questi valori vengono utilizzati per ricavare speditevolmente il fattore di sicurezza (F_s) usando il metodo del pendio indefinito, di facile applicazione mediante l'utilizzo di sistemi GIS, oppure le carte di stabilità più adatte alle condizioni morfologiche, idrogeologiche e geomeccaniche del versante. Naturalmente, se sono disponibili dati più dettagliati e affidabili, è possibile procedere ad analisi di stabilità con metodi più rigorosi.

A questo punto è possibile procedere alla valutazione preliminare della pericolosità, che è funzione del fattore di sicurezza ricavato:

$F_s = 1.40 - 2.00$ - pericolosità preliminare = H2

$F_s = 1.20 - 1.40$ - pericolosità preliminare = H3

$F_s = 1.00 - 1.20$ - pericolosità preliminare = H4

Per valutare la pericolosità finale dell'area vanno presi in considerazione altri due parametri: possibili concentrazioni d'acqua e tipologia della vegetazione.

Per quanto riguarda le concentrazioni di acqua andrà verificata la presenza di:

- condizioni morfologiche sfavorevoli (es. piccoli impluvi, valleciole, ecc.) tenendo anche conto, ove possibile, della morfologia sepolta (forma del substrato roccioso, paleoalvei, ecc.);
- livelli argillosi o variazioni di permeabilità nel terreno;
- interventi antropici (muretti a secco, canalette, tornanti stradali, fossi, scarichi, etc.)

Per quanto riguarda la tipologia della vegetazione andrà diversificata in funzione della profondità degli apparati radicali della vegetazione d'alto fusto.

Nel caso in cui siano presenti uno o più fattori di concentrazione delle acque, il valore della pericolosità preliminare viene aumentato di 1. Solo nel caso in cui si ritenga che la profondità dell'apparato radicale della vegetazione presente sia superiore a quella delle potenziali superfici di scivolamento, sarà possibile diminuire di 1 il valore della pericolosità preliminare. Questa variazione di pericolosità va effettuata su tutta l'area omogenea se i fattori sopra elencati sono diffusi su tutta l'area; limitatamente alla zona di influenza del fenomeno se il fattore interessa solo alcune porzioni dell'area omogenea.

Infine occorre calcolare la pericolosità nelle zone di accumulo delle frane qui prese in considerazione. In generale si possono presentare due casi: scivolamenti non incanalati e colate o scivolamenti che evolvono in colate incanalate. La valutazione della pericolosità delle zone di accumulo va fatta caso nei casi in cui le zone di potenziale distacco si trovino in aree a pericolosità totale medio-alta (3, 4 e 5).

Vanno considerati per primi gli scivolamenti non incanalati. In questo caso lo spostamento è in genere limitato e il volume dell'accumulo non è molto superiore al volume della massa staccatasi, in quanto non viene preso in carico ulteriore materiale durante il movimento. Quindi per questi fenomeni può essere considerato sufficiente calcolare la distanza massima raggiungibile dalla frana. La formula più semplice e di immediata applicazione per la stima delle distanze massime (L , in metri) di arresto dei materiali franati in relazione all'altezza (H , in metri) del punto di distacco è:

$$L = 46,91 \cdot \log(H+3) - 22,38$$

dovuta a Govi et al. (1985). L'altezza H viene valutata come il dislivello tra il punto topograficamente più alto dell'area di possibile distacco e una zona sottostante, a bassa pendenza o pianeggiante, in cui è possibile l'accumulo. Nel caso in cui l'area di possibile distacco sia particolarmente ampia si valuterà l'altezza H e quindi la lunghezza L su più sezioni.

Una volta calcolata la distanza massima, si delimita l'area di possibile espansione che avrà ampiezza minima pari a quella della nicchia da cui il distacco è stato ipotizzato. Il valore di pericolosità di questa zona d'accumulo sarà pari a quello della zona di distacco.

Le colate o gli scivolamenti che evolvono in colate incanalate, presentano percorsi prevedibili e talora di notevole lunghezza; inoltre i volumi possono subire incrementi nel caso in cui venga asportato materiale lungo l'impluvio. Per ogni singolo impluvio va

dapprima individuata l'area pianeggiante di possibile accumulo (in genere in fondovalle o alle confluenze) e quindi si procede alla zonazione concentrica dell'area di accumulo. L'estensione dell'accumulo è funzione dello spessore del terreno nelle zone di distacco, della quantità di materiale asportabile lungo il canale e/o immesso nell'asta principale dai tributari o proveniente da altri eventi franosi verificatisi in impluvi confluenti, e dalla morfologia della zona di accumulo. La zonazione viene effettuata secondo tre classi di pericolosità decrescenti verso l'esterno, in cui la massima pericolosità sarà pari a quella della zona di distacco. Nel caso in cui il materiale appartenente ad aree di possibile distacco a pericolosità diversa confluisca nello stesso impluvio, il valore massimo dell'accumulo sarà quello dell'area a pericolosità più elevata. Lo stesso valore andrà anche attribuito alla zona di transito della colata (impluvio) e ad eventuali zone in cui è ipotizzabile una fuoriuscita del materiale dall'impluvio. Nel caso in cui lungo l'impluvio siano presenti opere di sistemazione, si dovrà verificare la correttezza del dimensionamento delle opere in funzione della quantità di materiale mobilizzabile e la loro efficienza (stato di manutenzione). Se l'opera viene ritenuta efficace, il valore di pericolosità massimo dell'accumulo e quello lungo l'impluvio saranno diminuiti di 1.

La valutazione dell'area di accumulo della colata può essere effettuata con metodi semiempirici, quali quelli per la mappatura della zona di accumulo del materiale solido in prossimità di un improvviso cambiamento di pendenza (TAKAHASHI & YOSHIDA, 1979; LIU, 1996). In alternativa alla zonazione dell'area di accumulo, qualora questa fosse di difficile applicazione o non significativa, si deve considerare tutta l'area di accumulo della colata e assegnare ad essa il valore massimo di pericolosità ricavato come sopra.

Le varie fasi dello studio andranno descritte in una relazione geologica che deve sviluppare i seguenti punti.

1. Inquadramento geologico-geomorfologico: geologia e geomorfologia di un intorno significativo dell'area in esame; dati esistenti sulle frane già avvenute; dati sulla piovosità.
2. Caratterizzazione delle aree omogenee: descrizione accurata delle litofacies dei depositi superficiali e valutazione della loro granulometria e caratteristiche di resistenza al taglio; scelta delle classi di pendenza; descrizione dell'analisi speditiva di stabilità.
3. Condizioni del versante: analisi delle condizioni idrogeologiche del versante e degli impluvi; descrizione delle sorgenti e delle zone di concentrazione d'acqua; tipologia della vegetazione.
4. Zone di accumulo delle colate: descrizione dei metodi utilizzati per la delimitazione delle aree di accumulo.
5. Discussione dei risultati e conclusioni.

Allegati alla relazione sono previsti i seguenti elaborati cartografici e schede:

1. carta di inquadramento geologico-geomorfologica, con unità geologiche e principali elementi strutturali e geomorfologici (scala 1:10000) che può essere desunta da dati preesistenti a scala adeguata;
2. carta dei dissesti con elementi morfologici, in cui vanno riportati gli elementi morfologici dei dissesti, l'idrogeologia, le opere di difesa e di sistemazione, ecc., come da legenda allegata (scala 1:1000 - 1:5000);
3. carta litotecnica, in cui sono riportate le classi litologiche individuate con le rispettive caratteristiche di resistenza al taglio (scala 1:500 - 1:2000);
4. carta delle aree omogenee, in cui sono da riportare le diverse aree omogenee (scala 1:500 - 1:2000);
5. carta della zonazione preliminare della pericolosità, con la zonazione della pericolosità delle aree omogenee e delle zone di accumulo (scala 1:500 - 1:2000);
6. carta della pericolosità finale, con la zonazione della pericolosità delle aree omogenee e delle zone di accumulo (scala 1:2000);
7. scheda colate per ogni singola area omogenea (allegato 6.3);
8. scheda frane del Servizio Geologico per ogni frana già avvenuta nell'area considerata (allegato 6).

2.2.3 La zonazione della pericolosità generata scivolamenti, scivolamenti-colate e colate di grandi dimensioni

All'interno di questa categoria ricadono gli scivolamenti, scivolamenti-colate e colate con spessori superiori ai 2 metri e con volumetrie superiori ai 1000 m³. Frane di questo tipo sono particolarmente diffuse nella porzione appenninica del territorio lombardo, ma sono anche presenti, interessando prevalentemente terreni fini, in ambito alpino e prealpino. La maggior parte di questi fenomeni si manifestano come riattivazioni di frane esistenti e solo in pochi casi come frane di neoformazione; per questo motivo, per quanto riguarda il territorio lombardo, queste frane sono in gran parte conosciute e studiate e ne sono noti ubicazione e limiti areali. In riferimento all'area appenninica esiste un inventario delle frane del territorio della provincia di Pavia, ricavato da analisi di foto aeree di differenti anni (dal 1980 al 1983) e da controlli sul terreno. Questo inventario, disponibile presso la Provincia di Pavia e presso la Struttura Rischi Idrogeologici della Regione Lombardia è un'utile base di partenza per lo studio delle frane in quanto riporta tipologia e stato di attività.

La procedura proposta si struttura in due parti: la prima prende in considerazione le frane già avvenute, la seconda le aree in cui non sono attualmente conosciute frane.

Le frane esistenti vanno classificate in base al loro stato di attività, definito utilizzando la cartografia esistente sopra citata, che andrà comunque controllata con indagini sul terreno, raggruppandole in:

- attive - attualmente in movimento o mossesi nell'ultimo ciclo stagionale;
- quiescenti - riattivabili dalle loro cause originali tuttora esistenti;
- inattive - non più influenzate dalle loro cause originali (ove note);
- relitte - sviluppatesi in condizioni geomorfologiche e climatiche considerevolmente diverse dalle attuali.

Per l'attribuzione della pericolosità ci si basa sulla precedente classificazione di attività secondo il seguente schema:

- attiva - pericolosità H5
- quiescente - pericolosità H4 se vi sono stati movimenti negli ultimi 10 anni
pericolosità H3 se non vi sono stati movimenti negli ultimi 10 anni
- inattiva - pericolosità H2
- relitta - pericolosità H1.

Sovente capita che una frana (inattiva o quiescente) si riattivi parzialmente; in questo caso va delimitata la porzione riattivata e ad essa va attribuito il valore di pericolosità 5.

Inoltre può anche succedere che una frana inattiva o quiescente al momento dell'analisi mostri una serie di indizi che possano indicare un'imminente riattivazione come ad esempio:

- carico del versante per motivi naturali o antropici;
- scarico laterale e/o al piede per erosione naturale o scavi antropici;
- soil-slips e movimenti superficiali sul corpo di frana;

Serie Ordinaria n. 50 - Giovedì 15 dicembre 2011

- variazione ubicazione e portata sorgenti.

Se almeno una queste condizioni viene osservata, il valore di pericolosità deve essere aumentato di 1.

Per quanto riguarda le aree in cui non sono attualmente conosciute frane, si procede a suddividere il territorio studiato in zone omogenee in funzione di litologia e pendenza.

Le litologie vengono raggruppate in tre classi:

1. a prevalente componente argillosa;
2. ad alternanze o mescolanze di argille e rocce competenti;
3. a prevalente componente arenacea e/o calcarea o di altre rocce competenti.

Anche le aree che interessano esclusivamente i depositi superficiali andranno zonate a seconda delle differenti distribuzioni granulometriche presenti. In particolare, dovrà essere prevista una classe per i depositi la cui granulometria sia composta da più del 25% di frazione argilloso-limosa o se sono rilevabili orizzonti argilloso-limoso continui di spessore almeno centimetrico.

Per quanto riguarda la pendenza si devono individuare almeno 3 classi; l'ampiezza delle classi va scelta in funzione delle caratteristiche morfologiche dell'area di studio. Nel caso in cui una prima attribuzione delle classi di pendenza non permetta la delimitazione di un numero significativo di aree omogenee, un criterio di scelta delle classi è quello di considerare le pendenze delle aree in frana. Vanno considerate tutte le frane presenti e calcolate le pendenze degli accumuli e del pendio preesistente alla frana; i valori modaliali delle due popolazioni di dati possono essere utilizzati come limiti inferiore e superiore delle classi di pendenza.

Per ciascuna delle aree omogenee ricavate dall'intersezione di queste classi si effettua un'analisi di stabilità utilizzando il metodo più appropriato alla situazione geomeccanica presente. I parametri geotecnici utilizzati nell'analisi dovranno corrispondere alle condizioni più appropriate a valle di un'analisi parametrica, tenuto conto della stratigrafia e delle eventuali sovrappressioni idrauliche.

A ciascuna area omogenea viene quindi assegnato un valore di pericolosità preliminare secondo il seguente schema:

$F_s = 1.40 - 2.00$ - pericolosità preliminare = H2

$F_s = 1.20 - 1.40$ - pericolosità preliminare = H3

$F_s = 1.00 - 1.20$ - pericolosità preliminare = H4.

Nel caso si valuti che un fenomeno franoso potenziale interessi un intero versante, coinvolgendo più aree omogenee, l'analisi di stabilità andrà effettuata, con i metodi sopra descritti, sull'intero versante e ad esso andrà attribuito il valore di pericolosità risultante.

Per valutare la pericolosità finale dell'area vanno prese in considerazione le possibili concentrazioni d'acqua. Tali concentrazioni possono essere legate principalmente a:

- livelli argillosi o variazioni di permeabilità nel terreno;
- interventi antropici (muretti a secco, canalette, tornanti stradali, fossi, scarichi, etc.).

Se viene verificata almeno una di queste condizioni, va delimitata la zona di influenza del fenomeno in base alla morfologia del pendio. In questa zona la pericolosità preliminare andrà aumentata di uno rispetto a quella dell'area omogenea nella quale si situa.

Il passo successivo riguarda le opere di sistemazione delle aree in frana che vanno prese in considerazione per la valutazione della pericolosità finale. Data la diversità delle tipologie di opere, esse andranno esaminate caso per caso (per ogni frana e per ogni opera) ed andranno valutate la loro efficacia e la loro efficienza (stato di manutenzione). Per ciascuna frana gli effetti delle opere presenti saranno sommati e valutati nel loro insieme, verificando anche eventuali interazioni negative. Nel caso in cui l'effetto globale delle opere venga valutato positivamente, il valore di pericolosità andrà diminuito di 1.

I passaggi sopra descritti permettono di calcolare la pericolosità finale.

Nel caso in cui un'area in frana classificata con pericolosità H4 o H5, sia confinante con aree omogenee a pericolosità finale bassa (H1 o H2), vanno delimitate, in base alla morfologia, le zone interessate da possibile ampliamento della frana, sia in nicchia, sia lateralmente. A queste zone deve essere attribuito un valore di pericolosità intermedio (H3 o H4). Inoltre nelle zone sottostanti al piede di una frana classificata a pericolosità 4H o 5H, andrà definita, con criteri morfologici, una zona di possibile espansione a cui va attribuito un valore inferiore di 1 a quello della frana stessa. La stessa operazione va effettuata anche nel caso in cui un'area omogenea ad elevata pericolosità sia sovrastante ad un'altra area omogenea a bassa pericolosità.

Inoltre, nel caso in cui l'area di accumulo della colata interessi depositi di fondovalle sciolti, a granulometria fine e saturi, la stessa andrà ampliata per tenere conto di eventuali fenomeni di liquefazione.

Le varie fasi dello studio andranno descritte in una relazione geologica che deve sviluppare i seguenti punti.

1. Inquadramento geologico-geomorfologico: geologia e geomorfologia di un intorno significativo dell'area in esame; dati esistenti sulle frane già avvenute; dati sulla piovosità.
2. Caratterizzazione delle aree omogenee: descrizione accurata delle litofacies degli ammassi rocciosi e dei depositi superficiali; valutazione dei parametri di resistenza al taglio e della granulometria dei depositi superficiali; scelta delle classi di pendenza; situazione idrogeologica del versante con descrizione delle eventuali variazioni di permeabilità.
3. Determinazione della pericolosità: motivazioni della scelta del metodo di analisi di stabilità e sua descrizione; descrizione delle sorgenti e delle zone di concentrazione d'acqua.
4. Discussione dei risultati e conclusioni.

Allegati alla relazione sono previsti i seguenti elaborati cartografici e schede:

1. carta di inquadramento geologico-geomorfologica, con unità geologiche e principali elementi strutturali e geomorfologici (scala 1:10000) che può essere desunta da dati preesistenti a scala adeguata;
2. carta dei dissesti con elementi morfologici, in cui vanno riportate le frane esistenti, gli elementi morfologici significativi, l'idrogeologia, le opere di difesa e di sistemazione, ecc., come da legenda allegata (scala 1:2000 - 1:5000);
3. carta delle aree omogenee e delle aree in frana, in cui sono da riportare le diverse aree omogenee e le aree in frana classificate in base alla loro attività (scala 1:2000 - 1:5000);
4. carta della pericolosità preliminare, con l'attribuzione della pericolosità alle aree omogenee (scala 1:2000 - 1:5000);
5. carta della pericolosità finale, con l'attribuzione dei valori finali di pericolosità (scala 1:2000 - 1:5000);
6. scheda frane del Servizio Geologico per ogni frana già avvenuta nell'area considerata (allegato 6).

2.2.4 La zonazione della pericolosità generata da colate di detrito e trasporto in massa lungo le conoidi alpine

Questa procedura è da utilizzarsi per le conoidi alpine interessate da trasporto solido e/o in massa (bed load, debris flood, debris flow, debris torrent) o per colate detritiche tipo debris flow e debris avalanche che possono innescarsi sui versanti anche in assenza di un edificio di conoide ben sviluppato sul fondovalle. Poiché non è possibile fare riferimento ad una metodologia

codificata, si è preso spunto dai seguenti lavori: A.V. (1996), AULITZKY (1982), KELLERHALS & CHURCH (1990), CERIANI et al. (1998).

La procedura di zonazione dovrà essere preceduta da un'analisi storica, che permetta di avere un quadro spaziale e temporale dei fenomeni che interessano la conoide dando indicazioni sulla frequenza degli eventi, le variazioni delle caratteristiche dell'alveo e sull'incidenza antropica sulla conoide. Le analisi storiche comprendono:

- eventi alluvionali sulla conoide;
- localizzazione di aree e manufatti danneggiati, con interviste in loco;
- cartografie esistenti;
- divagazione dell'alveo in epoca storica;
- foto aeree riprese in tempi diversi.

Nell'analisi di eventi storici si consiglia di cercare informazioni dettagliate anche su eventi intensi ma non estremi che non hanno provocato gravi danni alle infrastrutture e/o alla popolazione, ma che possono fornire indicazioni su settori che potrebbero rivelarsi punti critici, come ad esempio zone di sovralluvionamento, ponti o attraversamenti che hanno creato sbarramenti temporanei.

A questa fase preliminare segue la caratterizzazione geomorfologica ed idraulica delle conoidi, utilizzando anche l'apposita scheda conoidi (allegato 7), attraverso i seguenti punti.

1. Analisi geologica e geomorfologica del bacino (da dati esistenti).
2. Analisi idrologica (da dati esistenti).
3. Individuazione e descrizione dei punti critici sulla conoide (sezioni ristrette, attraversamenti, curve, ecc).
4. Valutazione del grado di incisione del canale principale nei vari settori della conoide.
5. Delimitazione dei settori con diversa influenza sul deflusso delle portate solido-liquide (restringimenti, diminuzione della pendenza, curve).
6. Individuazione delle zone che possono modificare, catturare o deviare il deflusso (paleoalvei, viabilità e attraversamenti di fondo alveo, bacini naturali di espansione, ecc.).
7. Censimento e valutazione in termini di efficacia e di efficienza delle opere idrauliche nel bacino e sulla conoide.
8. Censimento degli attraversamenti (ponti e passerelle) e valutazione della loro influenza sul deflusso.
9. Stima dei volumi massimi rimobilizzabili nel bacino (magnitudo).

Particolare attenzione andrà posta all'effetto sulla pericolosità delle opere di sistemazione idraulica e degli attraversamenti, come ad esempio:

- argini o scogliere realizzate nella zona di pertinenza fluviale (individuazione delle sponde naturali recenti) con notevole riduzione di quest'ultima;
- restringimento dell'alveo per cause antropiche nel settore mediano e distale della conoide;
- briglie poste poco a valle di attraversamenti con forte innalzamento del fondo d'alveo (sovralluvionamento) in prossimità della struttura;
- impossibilità che eventuali deflussi fuori alveo possano rientrare nel medesimo (ad esempio arginatura del settore medio-distale della conoide);
- piste di accesso all'alveo, a bassa pendenza, in direzione opposta alla corrente, che possono diventare direzioni preferenziali di esondazione;
- vasche di accumulo poste in zone a bassa pendenza, con presenza di opere di attraversamento all'entrata della vasca, di cui valutare l'eventuale capacità di stoccaggio;
- opere idrauliche (briglie e soglie) e/o ponti realizzati in prossimità dell'apice che possono determinare una deviazione del flusso o un pericoloso effetto diga.

Una grandezza di importante valutazione è il volume massimo di materiale detritico (magnitudo) rimobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto su una conoide. I valori di magnitudo per i singoli bacini sono messi a disposizione da Regione Lombardia. Nel caso si ritenga che i valori forniti da Regione Lombardia non siano adeguati, è possibile rideterminare la magnitudo con i metodi di seguito citati, spiegando chiaramente le motivazioni per cui si è proceduto a tale scelta. Se i valori di magnitudo per l'area di studio, non sono compresi nel database di Regione Lombardia, la magnitudo può essere valutata in due modi:

a) direttamente pedonando con dettaglio le aste principali del bacino e le zone di testata e stimando i volumi di materiale presenti (metodo di SCHEURINGER, 1988).

b) indirettamente mediante metodi empirici riportati nella letteratura tecnica (Tabella 1), integrati con i dati storici e con le osservazioni effettuate nei bacini in esame (riattivazione di grandi frane, erosioni di sponda e/o di fondo, presenza di sbarramenti idroelettrici e di opere di difesa idraulica). Nel caso in cui l'incertezza dei dati non permettesse la definizione di un valore accurato della magnitudo, può essere comunque utile indicare un campo di valori.

Riferimento bibliografico	Formula
Bottino, Crivellari & Mandrone (1996)	$M = 21241 \cdot Ab^{0.28}$ Dall'interpolazione di sei valori di volumi di colata misurati in occasione di eventi verificatisi nella zona di Ivrea nel 1993. Ab = area del bacino (km ²)
Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	$M = 1000 K \cdot Ab \cdot Mb^{0.8} \cdot Sc_{l_c} \cdot I_F^{-2}$ K = 3 per fenomeni di bed load e debris flood, K = 5.4 per fenomeni di debris flow Ab = area del bacino (km ²) Mb = indice di Melton: $(H_{max} - H_{min}) / Ab^{0.5}$ Hmax = quota massima del bacino (km) Hmin = quota minima del bacino (km) Sc _{l_c} = pendenza del collettore sul conoide (%) I _F = indice di frana (1: grandi frane e/o frane lungo la rete idrografica; 2: frane sui versanti; 3: frane piccole o assenti)

D'Agostino et al. (1996)	$M1 = 39 \cdot Ab \cdot Scl^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (I.T.)^{-0.3}$ $M2 = 36 \cdot Ab \cdot Scl^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (1+C.S.)^{-1}$ Ab = area del bacino (km ²) Scl = pendenza asta principale (%) $I.G.$ = dipende dai litotipi costituenti il bacino $I.T.$ = indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky $C.S.$ = coefficiente di sistemazione
Tropeano & Turconi (1999)	$M = (0,542 \cdot Ae + 0,0151) \cdot 0,019 \cdot h \cdot tg \theta$ Ae = area effettiva del bacino (km ²), per aree < 15 km ² h = spessore medio del materiale mobilizzabile $tg \theta$ è la pendenza media del bacino
Bianco (1999)	$M = 14000A \cdot i^{(1.5-i)} \cdot I.G. \cdot (1+0,11 \cdot I.G.) \pm 13000A^{0.6}$ A = area del bacino (km ²) i = pendenza media dell'asta torrentizia del bacino $I.G.$ = Indice geologico che dipende dai litotipi costituenti il bacino (si veda D'Agostino)

Tabella 1 - Alcuni metodi empirici per la valutazione della magnitudo (M), ricavati dalla bibliografia.

Una volta determinata la magnitudo (M), la sezione di deflusso A (m²) e l'area inondata B (m²) possono essere calcolate secondo la formula empirica di SCHILLING & IVERSON (1997), applicabile per volumetrie maggiori di 50 000 m³:

$$A = 0.05 V^{2/3} \quad B = 200 V^{2/3}$$

Un altro parametro da valutare è la portata di massima piena per diversi periodi di ritorno; anche in questo caso dovranno essere utilizzati i dati presenti nel database di Regione Lombardia. Come nel caso della magnitudo, in mancanza di dati o in caso essi non siano ritenuti validi, si potrà procedere al calcolo della portata utilizzando la formula del metodo razionale e comunque dettagliando le scelte dei parametri nella relazione tecnica.

Un altro parametro da valutare è la portata di picco di una colata, che può essere determinata tramite metodi diretti e indiretti. Fra i metodi indiretti possono essere utilizzate le seguenti formule:

$$q = 200 / (S+28) + 0.6 \quad (\text{ANSELMO, 1985})$$

dove q = portata specifica liquida in m³/s/km² e S = area del bacino in km².

$$Q_{cf} = Q_l \cdot (C^x / C^x - C_{cf}) \quad (\text{ARMANINI, 1996})$$

dove Q_{cf} = portata massima della colata, Q_l = portata massima liquida, C_{cf} = concentrazione della colata e $C^x = 0.65 \div 0.75$. La concentrazione della colata (C_{cf}) può, secondo TAKAHASHI (1991), essere calcolata assumendo che per pendenze sufficientemente elevate (>20°) la concentrazione della colata sia $C_{cf} \cong 0.9 \cdot C^x$, per cui risulta $Q_{cf} \cong 10 \cdot Q_l$. In caso di pendenze minori, la concentrazione della colata viene assunta pari a quella della colata satura, in condizioni di movimento incipiente.

In alternativa al metodo morfologico precedentemente descritto, è possibile utilizzare per le valutazioni di pericolosità su conoide anche modellazioni numeriche di sviluppo di una colata detritica (ad esempio FLO-2D). Tali applicazioni saranno possibili solo in presenza di dati di partenza che siano stati tarati su precedenti eventi verificatisi lungo l'asta torrentizia.

In particolare risultano normalmente di difficile valutazione i parametri legati alla reologia della colata, che possono essere tarati in modo appropriato solo analizzando in dettaglio eventi precedenti. Allo stesso modo dovranno essere tarati i valori di magnitudo e di estensione delle aree invase dalla colata, valutata la velocità dell'evento e considerati gli spessori del materiale depositato, etc.

Inoltre è necessario utilizzare un DTM di dettaglio (da 1x1 a 5x5 m) che permetta una miglior precisione della delimitazione delle aree che possono essere invase da colate detritiche, nonché inserire nel modello le opere di difesa del suolo presenti (se non già riportate nel DTM).

Tutti i parametri utilizzati nella modellazione dovranno essere descritti e giustificati nella relazione tecnica.

Tutte le informazioni raccolte concorrono alla redazione della carta di pericolosità, che comprende le seguenti classi.

1. Pericolosità molto bassa (H1): area che per caratteristiche morfologiche ha basse o nulle probabilità di essere interessata dai fenomeni di dissesto.
2. Pericolosità bassa (H2): area mai interessata nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o area protetta da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto.
3. Pericolosità media (H3): area interessata nel passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su basi storiche; area con moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazione) ed a erosioni di sponda. In particolare si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiali sabbioso-ghiaiosi.
4. Pericolosità alta (H4): area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di erosioni 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 manufatti.
5. Pericolosità molto alta (H5): comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide.

In una valutazione preliminare della pericolosità o per conoidi piccole (< 0,1 km²) possono essere utilizzate tre classi così accorpate: pericolosità bassa (H1 + H2 - verde), pericolosità media (H3 - giallo), pericolosità alta (H4 + H5 - rosso).

Le varie fasi dello studio andranno descritte ed adeguatamente commentate in una relazione tecnica che deve sviluppare i seguenti punti.

1. Inquadramento geologico-geomorfologico del bacino con particolare riferimento ai fenomeni di dissesto presenti.
2. Analisi idrologica (da dati esistenti) volta soprattutto alla stima della portata massima ed alle massime intensità di pioggia.
3. Commenti su: punti critici, analisi storica degli eventi alluvionali, divagazioni dell'alveo, ecc.
4. Discussione dei risultati e conclusioni.

Allegati alla relazione sono previsti i seguenti elaborati cartografici e schede:

1. *carta di inquadramento geologico-geomorfologica* in scala 1:10000 (1:25.000 per i bacini > 30 km²) che può essere desunta da dati preesistenti a scala adeguata;
2. *carta geomorfologia della conoide*, in scala 1:2000 o 1:5000 (con indicazione dello spessore delle colate individuate e/o delle aree interessate da eventi storici, del diametro medio e massimo del materiale presente in alveo e sulla conoide, delle direttrici di deflusso e delle opere idrauliche presenti);
3. *carta della pericolosità della conoide*, in scala 1:2000 o 1:5000;
4. *scheda conoide* (allegato 7);
5. *scheda frane* del Servizio Geologico per le frane, presenti nel bacino idrografico, che possono fornire un consistente apporto detritico in alveo (allegato 6).

2.3 LA ZONAZIONE DEL RISCHIO

La cartografia del rischio andrà prodotta solo in casi specifici e quando richiesta. In questi casi, definita la pericolosità con le diverse procedure sopra descritte in funzione della tipologia del fenomeno, devono essere effettuate ulteriori valutazioni per ottenere il rischio.

Per effettuare una classificazione rigorosa del rischio occorrerebbe valutare la vulnerabilità attraverso un confronto con l'intensità del fenomeno atteso (data dalla tipologia del fenomeno) e successivamente incrociare questo risultato con la pericolosità ed il valore economico per stimare il danno atteso, cioè il rischio (CANUTI & CASAGLI, 1996).

Nel caso della procedura qui descritta, l'intensità del fenomeno è già presa in considerazione nella valutazione della pericolosità; il passaggio al rischio viene quindi effettuato, più semplicemente, incrociando classi di elementi esposti al rischio con le classi di pericolosità (Tabella 3). Gli elementi esposti al rischio vengono raggruppati secondo le classi di Tabella 2, ricavata dalle tavole di azionamento dei Piani Regolatori Generali comunali, con accorpamento di più classi d'uso del suolo in quattro classi di elementi a rischio.

In questo modo è possibile classificare l'importanza degli elementi a rischio in termini di valore relativo.

Per la valutazione del rischio sono previsti i seguenti elaborati cartografici, da realizzarsi in scala analoga a quella della pericolosità finale:

1. carta degli elementi a rischio;
2. carta del rischio.

CLASSI DI ELEMENTI A RISCHIO	CATEGORIE D'USO DEL SUOLO
E1	Zona boschiva Zona agricola non edificabile Demanio pubblico non edificato o edificabile
E2	Zona agricola generica (con possibilità di edificazione) Infrastrutture pubbliche (strade comunali o consortili non strategiche*) Zona di protezione ambientale, rispetto, verde privato Parchi, verde pubblico non edificato
E3	Infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche*, ferrovie; lifelines: oleodotti, elettrodotti, acquedotti) Zona per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti; zona a cava
E4	Centri urbani Nuclei rurali minori di particolare pregio Zona di completamento Zona di espansione Zona artigianale, industriale, commerciale Servizi pubblici prevalentemente con fabbricati Infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche*) Zona discarica speciali o tossico nocivi Zona alberghiera Zona per campeggi e villaggi turistici

Tabella 2. Metodo di classificazione degli elementi a rischio in base alle categorie di uso del suolo (*strategiche = uniche vie di accesso).

	H1	H2	H3	H4	H5
E1	R1	R1	R1	R1	R2
E2	R1	R1	R2	R2	R3
E3	R1	R2	R2	R3	R4
E4	R1	R2	R3	R4	R4

Tabella 3. Matrice per la valutazione del rischio (R) in base alle classi di pericolosità (H) e alle classi di elementi a rischio (E).

Bibliografia

- A.V. (1996) - Alluvial Fan Flooding. National Academy Press, Washington, 182p.
- ANSELMO V. (1985) - Massime portate osservate o indirettamente valutate nei corsi d'acqua subalpini. Atti e rassegna tecnica della società degli ingegneri e degli architetti di Torino.
- ARMANINI A. (1996) - Colate di detrito. Rapporti di lavoro dell'Istituto Geologico della Repubblica e Cantone del Ticino.
- AULITZKY H. (1982) - Preliminary two-fold classification of torrents. Mitteil. der Forst. Bundesversuchsanstalt, 144, 243-256.
- AZZONI A. & DE FRETAS M.H. (1995) - Experimentally gained parameters, decisive for rockfall analysis. Rock Mech. Rock Eng., 28 (2), 111-124.
- AZZONI A., LA BARBERA G. & MAZZA' G. (1991) - Studio con modello matematico e con sperimentazione in sito del problema di caduta massi. Boll. Ass. Min. Subalpina, Torino, Anno XXVIII, n°4, 547-573.
- BARRET R.K. & PFEIFFER T. (1989) - Rockfall modelling and attenuator testing. U.S. Dept. Of Transportation, Federal Highway Administration, Final Report, 107 pp.
- BOTTINO G., CRIVELLARI R. & MANDRONE G. (1996) - Eventi pluviometrici critici e dissesti: individuazione delle soglie d'innescio di colate detritiche nell'anfiteatro morenico di Ivrea. Atti Convegno - La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo alla ricerca scientifica. Alba, 5-7 novembre 1996, 201-210.
- BOZZOLO D. & PAMINI R. (1986) - Modello matematico per lo studio della caduta dei massi. Pubbl. Laboratorio di Fisica Terrestre, Dip. Pubbl. Educ., Lugano, 89p.
- BROILI L. (1978) - Il problema dello scendimento massi in relazione agli eventi sismici. Atti Congresso ANGI, Piacenza.
- CANUTI P. & CASAGLI N. (1996) - Considerazioni sulla valutazione del rischio di frana. C.N.R. - G.N.D.C.I. e Regione Emilia Romagna, pubbl. n° 846, tip. Risma, Firenze, 57p.
- CERIANI M., CROSTA G., FRATTINI P. & QUATTRINI S. (2000) - Evaluation of hydrogeological hazard on alluvial fans. Atti Convegno - INTERPRAEVENT 2000, Villach, Band 2, 213-225.
- CERIANI M., FOSSATI D. & QUATTRINI S. (1998) - Valutazione della pericolosità idrogeologica sulle conoidi alpine; esempio della metodologia di Aulitzky applicata alla conoide del torrente Re di Gianico - Valcamonica (BS) - Alpi Centrali. XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, 3, 15-26.
- Cocco S. (1993) - Frane di crollo: definizione dei coefficienti di dissipazione dell'energia. Acta Geologica, vol. 68, Trento, 3-30.
- CROSTA G. & AGLIARDI F. (2000) - Frane di crollo e caduta massi: aspetti geomorfologici, modelli teorici e simulazione numerica - Rapporto Progetto Interreg IIC - Falaises, inedito, 119p.
- D'AGOSTINO V., CERATO M. & COALI R. (1996) - Extreme events of sediment transport in the eastern Trentino torrents. INTERPRAEVENT, Band 1, 377-386.
- DAVIES T.R.H. (1982) - Spreading of rock avalanche debris by mechanical fluidization. Rock Mech., 15, 9-24.
- DESCOUDRES F. & ZIMMERMANN TH. (1987) - Three-dimensional dynamic calculation of rockfalls. 6th Int. Cong. of Rock Mech., Montreal, 337-342.
- EVANS S.G. & HUNGR O. (1993) - The assessment of rockfall hazard at the base of talus slopes. Canad. Geotech. J., 30, 620-636.
- GOVI M., MORTARA G. & SORZANA P.F. (1985) - Eventi idrologici e frane. Geol. Applicata e Idrogeol., 20, 359-375.
- HABIB P. (1977) - Note sur le rebondissement des blocs rocheux. In: Rockfall dynamics and protective works effectiveness. Pubbl. ISMES n° 90, Bergamo, 25-38.
- HALLBAUER C. (1986) - Beitrag zum Absturzverhalten von Felsmassen. Zeit. f. angew. Geol., 32, 39-42.
- HAMPEL R. (1977) - Geschiebewirtschaft in Wildbachen. Wildbach und Lawinenverbau, 41, 3-34.
- HEIM (1932) - Bergsturz und Menschenleben. Fretz und Wasmuth, Zürich, 218 pp.
- HUTCHINSON J.N. (1988) - General report: morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. Proc 5th Int. Symp. on Landslides, Lausanne, 1, 3-36.
- JAMOLKOWSKI M. & PASQUALINI E. (1979) - Introduzione ai diversi metodi di calcolo di diaframmi con riferimento ai parametri geotecnici che vi intervengono e alla loro determinazione sperimentale - Atti Ist. Scienza delle costruzioni, Politecnico di Torino, N° 451.
- KELLERHALS R. & CHURCH M. (1990) - Hazard management on fans, with examples from British Columbia. In: Alluvial Fan: a field approach, A.H. Rachocki & M. Church eds., 335-354.
- LANCELOTTA R. (1991) - Geotecnica. Zanichelli, 531 pp.
- LIED K. (1977) - Rockfall problems in Norway. In: Rockfall dynamics and protective work effectiveness. ISMES publ., n° 90, Bergamo.
- LIU X. (1996) - Size of debris flow deposition: model experiment approach. Environmental Geology, 28, 70-77.
- LUPINI J.F., SKINNER A.E. & VAUGHAN P.R. (1981) - The drained residual strength of cohesive soils. Geotechnique 31, n° 2, 181-213.
- MEISSL G. (1998) - Modellierung der Reichweite von Felsstürzen. Innsbrucker Geographische Studien, Band 28, 249p.
- NICOLETTI P.G. & SORRISO-VALVO M. (1991) - Geomorphic controls of the shape and mobility of rock avalanches. Geol. Soc. Am. Bull., 103, 1365-1373.
- ONOFRI R. & CANDIAN C. (1979) - Indagine sui limiti di massima invasione di blocchi rocciosi franati durante il sisma del Friuli del 1976. Reg. Aut. Friuli - Venezia Giulia, CLUET, 42pp.
- MARCHI L. & TECCA P.R. (1996) - Magnitudo delle colate detritiche nelle Alpi Orientali Italiane. Geingegneria Ambientale e Mineraria

Subalpina n. 2-3, 79-86.

- PAIOLA A. (1978) - Movimenti franosi in Friuli. Comportamento dei corpi che cadono su di un pendio e calcolo del limite di espandimento potenziale. *Tecnica ital.*, vol. 6.
- RIKENMANN D. & ZIMMERMAN M. (1993) - The 1987 debris flows in Switzerland: documentation and analysis. *Geomorphology*, 8, 175-189.
- SCHEIDEGGER A.E. (1973) - On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides. *Rock Mech.*, 5, 231-236.
- SCHEURINGER E. (1988) - Ermittlung der massgeblichen Geschiebefracht aus Wildbach-Oberlaufen. *Wildbach und Lawinenverbau*, jg. 52, 109 87-95.
- SCHILLING S.P. & IVERSON M. (1997) - Automated, reproducible delineation of zones at risk from inundation by large volcanic debris flows.
- SKEMPTON A.W. (1964) - Long term stability of clay slopes. *Geotechnique*, vol. 14, n° 2, 77-102.
- TAKAHASHI T. (1991) - Debris Flow. *IAHR Monograph*, A.A. Balkema, Rotterdam.
- TAKAHASHI T. & YOSHIDA H. (1979) - Study on deposition of debris flow. Deposition due to abrupt change of bed slope. *D.P.R.I. Annuals* 22B-2, Kyoto Univ., 315-328.
- TAKEI A. (1984) - Interdependence of sediment budget between individual torrents and a river system. *Atti Convegno - INTERPRAEVENT* 1984, Villach, Band 2, 35-48.
- TIANCHI L. (1983) - A mathematical model for predicting the extent of a major rockfall. *Z. Geomorph. N.F.*, 27/4, 473-482.
- TROPEANO D. & TURCONI L. (1999) - Valutazione del potenziale detritico in piccoli bacini delle Alpi Occidentali e Centrali. *C.N.R., Pubbl.* 2058 del G.N.D.C.I., 151 p.
- YAZAWA A. & MIZUYAMA T. - Measures against debris flows. *Technical Memorandum of Public Works Research Institute*, 1-25.

ALLEGATO 3**APPROFONDIMENTI PER LO STUDIO DELLE VALANGHE****1. Premessa**

Per la valutazione della pericolosità da fenomeni valanghivi e per la conseguente utilizzazione del territorio, si dovrà seguire una metodologia che tenga conto dei tempi di ritorno e delle pressioni esercitate dalle valanghe.

A questo scopo si propone di utilizzare le seguenti metodologie, estrapolate e adattate dalla direttiva "Criteri per la perimetrazione e l'utilizzo delle aree soggette al pericolo di valanghe" redatto dall'AINEVA (Associazione Italiana Neve e Valanghe) nel 2002 e da quelle vigenti in Svizzera, (già inserite nell'Allegato 2bis delle direttive approvate con d.g.r. 6645/01).

Lo scopo delle metodologie proposte è quello di predisporre una zonizzazione degli ambiti interessati, o potenzialmente interessati, dal verificarsi di fenomeni valanghivi secondo diversi gradi di pericolosità che dipendono dalla intensità e dal tempo di ritorno degli eventi.

2. Indicazioni generali

Per lo studio della pericolosità da valanga devono essere utilizzate informazioni di base e osservazioni sul terreno che dovranno essere integrate dalle valutazioni quantitative mediante i calcoli relativi alle forze dinamiche in gioco.

Come informazioni di base si dovrà consultare il materiale pubblicato, come ad esempio la Carta della probabile localizzazione delle valanghe in scala 1:25.000, predisposta dalle strutture regionali competenti e disponibile sul SIT Regionale, e l'Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici, all. 2 del piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di bacino del fiume Po.

Inoltre sarà necessario effettuare valutazioni di carattere morfologico per individuare le possibili zone di distacco e i possibili percorsi delle valanghe oltre ad osservazioni sul terreno.

Dovranno altresì essere raccolte tutte le informazioni ed i dati storici disponibili in merito alle condizioni meteorologiche ed ai tipi di valanghe verificatisi con i relativi tempi di ritorno. Sarà infine necessario prendere in considerazione l'altezza dei margini di distacco ed i parametri dinamici delle valanghe.

La valutazione delle forze dinamiche in gioco si basa principalmente sulla natura del suolo e sulle condizioni d'innevamento. Le caratteristiche peculiari dei terreni possono essere facilmente definite ma, per quanto riguarda le condizioni di innevamento, sarà necessario elaborare delle ipotesi accuratamente soppesate in funzione dei casi limite tenendo conto della superficie della zona effettiva di distacco e dello spessore della coltre nevosa.

I calcoli dovranno sempre essere eseguiti in funzione di tempi di ritorno definiti e tenendo sempre in considerazione il fatto che lo spessore degli strati che si staccano dipende dal tempo di ritorno, dai fattori climatici e dalle caratteristiche dei terreni.

3. Criteri di classificazione

La classificazione della pericolosità viene distinta in 4 livelli a pericolosità omogenea, rappresentati dai colori rosso (maggiore pericolosità), blu, giallo e bianco.

Le grandezze utilizzate sono la frequenza e l'intensità da considerarsi come il tempo di ritorno di una valanga di una determinata estensione in relazione alla pressione esercitata dalla valanga medesima su di un ostacolo piatto, di grandi dimensioni, disposto perpendicolarmente alla traiettoria della valanga. I valori critici di seguito indicati per le zone rossa, blu e gialla sono validi solo per gli insediamenti; si ricorda a tal fine che $1 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ kPa}$. Per altri scopi, come per esempio vie di comunicazione o installazioni turistiche, si possono considerare valori convenientemente modificati.

Lo studio per la definizione della pericolosità da valanga deve contenere chiaramente l'indicazione di quale dei seguenti metodi è stato utilizzato per la sua redazione.

3.1 Classificazione secondo le direttive in vigore in Svizzera**Zona Rossa (zona ad elevata pericolosità)**

Una determinata area viene attribuita alla zona rossa quando esiste la possibilità che si verifichi una delle seguenti condizioni:

- a) valanghe che esercitino una pressione $P \geq 30 \text{ kN/m}^2$ con un tempo di ritorno fino a 300 anni;
- b) valanghe che esercitino pressioni più deboli, $P < 30 \text{ kN/m}^2$ con tempo di ritorno ≤ 30 anni.

Zona Blu (zona a moderata pericolosità)

Una determinata area viene attribuita alla zona blu quando esiste la possibilità che si verifichi una delle seguenti condizioni:

- a) valanghe che esercitino una pressione $P < 30 \text{ kN/m}^2$ con un tempo di ritorno $30 < T_r < 300$ anni;
- b) valanghe di neve polverosa che esercitino pressioni $P < 3 \text{ kN/m}^2$ con tempo di ritorno $T_r < 30$ anni.

Zona gialla (zona a bassa pericolosità)

Una determinata area viene attribuita alla zona gialla, dove esiste un modesto grado di pericolosità, quando:

- a) l'area è ubicata nella zona d'influenza di valanghe di neve polverosa esercitanti una pressione $P \leq 3 \text{ kN/m}^2$ con tempo di ritorno $T_r > 30$ anni, oppure;
- b) l'area può essere raggiunta da valanghe di neve scorrevole (fenomeno che in teoria non si può escludere anche se molto raro) con $T_r > 300$ anni e non possono essere valutate statisticamente

Zona Bianca

Vengono attribuite alla zona bianca quelle aree dove, per quanto si è potuto valutare, l'azione della valanga non è da temere (se non è stata determinata una zona gialla, il rischio residuo è attribuito ad una zona marginale della zona bianca).

3.2 Classificazione secondo le indicazioni dell'AINEVA

Zona Rossa (zona ad elevata pericolosità)

Una determinata area viene attribuita alla zona rossa quando esiste la possibilità che si verifichi una sola di queste due condizioni :

- a) " valanghe "frequenti" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 30 anni) che esercitano una pressione uguale o superiore a 3 kPa;
- b) " valanghe "rare" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni) che esercitano una pressione uguale o superiore a 15 kPa.

Zona Blu (zona a moderata pericolosità)

Una determinata area viene attribuita alla zona blu quando esiste la possibilità che si verifichi una sola di queste due condizioni :

- a) 3 valanghe "frequenti" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 30 anni) che esercitano una pressione inferiore a 3 kPa;
- b) 3 valanghe "rare" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni) che esercitano una pressione compresa tra 3 e 15 kPa.

Zona gialla (zona a bassa pericolosità)

Vengono attribuite alla zona gialla (zona a bassa pericolosità) le porzioni di territorio che possono essere interessate dagli effetti residuali di valanghe di accadimento raro. In particolare una porzione di territorio è attribuita alla zona gialla quando esiste la possibilità che in essa si verifichino valanghe "rare" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni) che esercitino una pressione inferiore a 3 kPa.

Andranno altresì delimitate in giallo le porzioni di territorio interessate dall'arresto di eventi valanghivi di accadimento "eccezionale" (per i quali si può assumere indicativamente un tempo di ritorno di riferimento pari a 300 anni).

Zona Bianca

La zona bianca, esterna alla zona gialla, è quella dove si ritiene che il livello di pericolosità sia così esiguo da non richiedere alcun tipo di misura precauzionale

4. Prescrizioni

Zona Rossa (zona ad elevata pericolosità)

A queste aree deve essere attribuita la classe 4 di fattibilità.

Sono comunque da escludersi i cambi di destinazione d'uso e più in generale ogni modificazione all'uso del suolo che comporti un aumento del numero di persone esposte al pericolo.

A tale norma generale sarà possibile derogare limitatamente alla realizzazione di volumi tecnici, qualora gli stessi assolvano a funzioni di pubblica utilità e sia comunque dimostrato che la loro realizzazione non sia fonte di aumento di rischio. Tali volumi tecnici non dovranno implicare la presenza umana stabile nelle stagioni favorevoli al manifestarsi di attività valanghiva e dovranno essere realizzati con tecniche costruttive in grado di resistere agli effetti attesi di eventi valanghivi con tempi di ritorno adeguatamente cautelativi. Dovrà inoltre essere verificato che l'effetto dei volumi tecnici sul moto delle masse nevose non produca possibili estensioni delle aree potenzialmente interessate dalle valanghe; in caso affermativo, e qualora non sia possibile ubicare i volumi tecnici in una differente posizione, si dovrà procedere alla ripermimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanga.

Per gli edifici ricadenti in zona rossa già gravemente compromessi nella stabilità strutturale per effetto di fenomeni valanghivi pregressi, sono esclusivamente consentiti gli interventi di demolizione senza ricostruzione e quelli temporanei volti alla tutela della pubblica incolumità.

Per gli edifici esistenti, sono consentite ristrutturazioni e modificazioni di utilizzo solamente quando ciò non comporta un aumento del rischio (non aumento del numero di persone esposte al pericolo e/o consolidamenti strutturali), ovvero una diminuzione dello stesso a seguito di adozione di specifici accorgimenti quali rinforzo strutturale o misure costruttive di protezione.

Per questi edifici deve essere predisposto un programma di evacuazione ai sensi della L. 225 del 24/02/92, cercando di creare delle vie di accesso al sicuro dalle valanghe.

Zona Blu (zona a moderata pericolosità)

Alle zone blu può essere attribuita la classe di fattibilità 3, ma esclusivamente con le seguenti limitazioni e prescrizioni.

La realizzazione di volumi accessori alla residenza funzionalmente connessi ad essa, quali piccole autorimesse o piccoli depositi, la ristrutturazione e/o l'ampliamento più consistente dei fabbricati esistenti, parziali cambi di destinazione d'uso o la realizzazione

Serie Ordinaria n. 50 - Giovedì 15 dicembre 2011

di nuovi edifici nelle zone meno esposte e con indici di densità edilizia particolarmente ridotti (non superiori a 0,2 mc/mq) è considerata ammissibile solo se sussistono le seguenti condizioni:

nelle analisi propedeutiche alla redazione dello strumento urbanistico, sia dimostrata ed espressamente dichiarata l'impossibilità di localizzare i previsti interventi in contesti territoriali diversi;

- i nuovi fabbricati, le ristrutturazioni e gli ampliamenti siano realizzati con caratteristiche costruttive tali da garantire la resistenza agli effetti attesi di eventi valanghivi a carattere eccezionale, con riferimento alle pressioni previste nella zonazione blu corrispondente. Tali caratteristiche andranno certificate da specifiche relazioni tecniche;
- nel piano di monitoraggio, allertamento ed evacuazione siano definite le procedure di emergenza relative ai nuovi edifici ed a quelli interessati da ampliamento o ristrutturazione.

Nelle zone blu sono comunque da escludersi la realizzazione o il potenziamento di insediamenti e/o infrastrutture implicanti utilizzi collettivi quali scuole, alberghi, residence, rifugi, ristoranti, campeggi, impianti sportivi, ecc.

Zona gialla (zona a bassa pericolosità)

Alle zone gialle può essere attribuita la classe di fattibilità 2 con le seguenti prescrizioni:

- i nuovi fabbricati, le ristrutturazioni e gli ampliamenti siano realizzati con caratteristiche costruttive tali da garantire la resistenza agli effetti attesi di eventi valanghivi a carattere eccezionale, con riferimento alle pressioni previste nella zonazione gialla corrispondente. Tali caratteristiche andranno certificate da specifiche relazioni tecniche;
- nel piano di monitoraggio, allertamento ed evacuazione, siano definite le procedure di emergenza relative ai nuovi interventi previsti.

Gli insediamenti residenziali in area gialla devono essere realizzati con densità edilizia ridotta e deve essere tendenzialmente evitata la previsione di realizzazione o potenziamento di insediamenti implicanti utilizzi collettivi quali scuole, alberghi, residence, rifugi, ristoranti, campeggi, impianti sportivi, ecc.

Zona Bianca

In queste aree non sono previste limitazioni di carattere urbanistico.

Laddove presenti, le opere paravalanghe a protezione dell'abitato o di edifici abitati esistenti, indipendentemente dalla zonazione che queste determinano, dovranno essere soggette a controlli periodici (almeno biennali), effettuati da un tecnico competente in materia, nominato dall'Amministrazione comunale o da altro Ente territoriale, che provvederà alla stesura di relazione finale, comprovante l'efficienza delle opere e/o i lavori necessari al loro mantenimento/ripristino.

5. Aggiornamento delle perimetrazioni

E' possibile procedere alla ripermetrazione delle zone di pericolosità da valanga attraverso studi di maggior dettaglio e/o a seguito della esecuzione di opere di bonifica o difesa; tali ripermetrazioni dovranno in ogni caso rispettare i principi e le condizioni che seguono:

- la realizzazione di opere di difesa è motivata esclusivamente dalla necessità di garantire la sicurezza degli insediamenti esistenti e non da quella di creare nuove aree edificabili;
- al fine cautelativo di mantenere una forma di vigilanza sulle aree potenzialmente esposte, soprattutto con riferimento a fenomeni con carattere di eccezionalità, la ripermetrazione conseguente alla realizzazione di interventi di bonifica o difesa non dovrà portare ad un ridimensionamento dell'intera area esposta, ma dovrà essere limitato ad una "riclassificazione" del livello di esposizione delle diverse aree (da tradursi nella ridefinizione delle linee di confine rispettivamente tra aree rosse e blu e tra aree blu e gialle).
- la ripermetrazione delle aree esposte al pericolo di valanga a seguito della forestazione dovrà essere effettuata sulla base di specifiche perizie tecniche, in cui verrà valutato l'effetto della forestazione sul distacco e scorrimento delle masse nevose, con riferimento alla composizione per specie forestali, alla densità e maturità del bosco e alla sua esposizione ad eventuali fattori di rischio che ne possano ridurre l'efficacia, a breve o lungo termine.
- la ripermetrazione delle aree esposte al pericolo di valanga a seguito della realizzazione degli interventi strutturali di messa in sicurezza del territorio andrà effettuata sulla base di specifiche perizie tecniche, in cui verrà opportunamente verificato il grado di efficacia degli interventi in opera con riferimento al distacco e al movimento delle masse nevose. Nel caso di interventi in progetto, la ripermetrazione delle aree esposte dovrà rappresentare parte integrante del progetto esecutivo delle opere di difesa. La valutazione sull'opportunità di riclassificare le aree esposte al pericolo dovrà essere effettuata anche con riferimento alla "vita tecnica" caratteristica delle diverse tipologie di opere di difesa utilizzate; in ogni caso dovranno essere previsti programmi periodici di manutenzione e periodiche certificazioni di efficienza.
- la ripermetrazione a seguito di realizzazione di opere di difesa avrà efficacia, una volta collaudate le opere, solo una volta approvata la variante allo strumento urbanistico di recepimento della nuova perimetrazione.

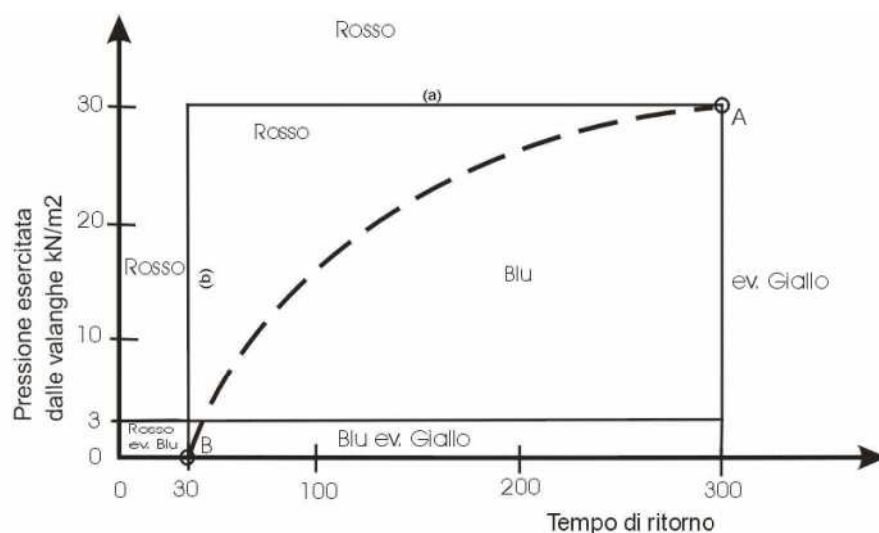


Fig. 1 - Criteri di delimitazione delle zone esposte a pericolo

Nella fig. 1, in riferimento alle condizioni precedentemente descritte per la zona rossa - casi a e b riportati dalle rette (a) e (b) - vengono definite le due condizioni estreme per stabilire i limiti della zona rossa (punti A e B).

L'analisi tecnica delle valanghe mostra che anche al di sopra della linea tratteggiata che unisce i punti A e B (il cui andamento dipende dalle condizioni locali) appartiene necessariamente alla zona rossa.

La condizione indicata dalla retta (b) vale per le valanghe fluide fino alle più piccole pressioni esercitate mentre, se si tratta di valanghe di neve polverosa che esercitano una pressione $P < 3 \text{ kN/m}^2$, la zona corrispondente è segnata in blu. (NB: $1 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ kPa}$).

ALLEGATO 4**PROCEDURE PER LA VALUTAZIONE E LA ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DA ESONDAZIONE****Premessa**

I presenti criteri forniscono indicazioni per gli studi finalizzati alla valutazione e alla zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione nonché a valutare la compatibilità idraulica delle previsioni degli strumenti urbanistici e territoriali o più in generale delle proposte di uso del suolo, ricadenti in aree che risultino soggette a possibile esondazione.

Per quanto riguarda le verifiche di compatibilità idraulica relative a corsi d'acqua per i quali siano state individuate le fasce fluviali in piani stralcio di bacino ai sensi della L.183/89 approvati dall'Autorità di Bacino del fiume Po, i presenti criteri sono da considerarsi complementari alla Direttiva "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B", approvata con deliberazione 11 maggio 1999, n. 2, del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po, e alle sue successive modifiche e integrazioni; tale direttiva, alla quale si rimanda, fornisce inoltre prescrizioni e indirizzi generali per la progettazione di opere di attraversamento di tutti i corsi d'acqua del bacino del Po ed è consultabile sul sito www.adbpo.it

I presenti criteri si applicano pertanto ai casi in cui la normativa di piano di bacino prevede approfondimenti a scala di maggior dettaglio, nonché ai corsi d'acqua per i quali il PAI non ha definito fasce fluviali.

In particolare si applica per le seguenti casistiche:

Corsi d'acqua con fasce fluviali

- Valutazione delle condizioni di rischio nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", ai sensi dell'art. 31, comma 5, delle NdA del PAI;
- Valutazione delle condizioni di rischio nei territori classificati come Fascia A e B ricadenti all'interno dei centri edificati, ai sensi dell'art. 39, comma 2, delle NdA del PAI.

Aree a rischio idrogeologico molto elevato (RME - Titolo IV NdA del PAI)

- Valutazione delle condizioni di rischio nei territori classificati come Zona I e Zona B-Pr ricadenti all'interno dei centri edificati, ai sensi dell'art. 51, comma 5, delle NdA del PAI.
- Riperimetrazione delle aree RME, zona I e zona B-Pr.

Aree di esondazione

- Determinazione e valutazione delle condizioni di pericolosità nelle aree caratterizzate da esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio (corrispondenti alle aree Ee, Eb, Em definite nel PAI).

Gli studi di supporto alle valutazioni idrauliche di cui sopra devono essere sviluppati da un ingegnere abilitato di riconosciuta esperienza e capacità nella esecuzione di stime idrologiche, calcoli idraulici e mappatura delle aree a rischio, anche mediante utilizzo di codici di calcolo per l'idraulica fluviale.

La relazione idrologica e la relazione idraulica debbono essere redatte in maniera chiara ed esauriente ed essere accompagnate dai dati necessari per consentire al committente e ai tecnici incaricati del controllo la puntuale verifica di tutti i calcoli eseguiti. Il professionista che utilizzi nel suo studio idrologico codici di calcolo o software specialistico deve fornire le specifiche dei prodotti impiegati.

Le metodologie proposte nei presenti criteri si basano sulla conoscenza dei valori delle altezze d'acqua e delle velocità della corrente che si verificano in corrispondenza di portate con determinato tempo di ritorno. È pertanto fondamentale, in primo luogo, verificare l'esistenza e l'affidabilità di studi già realizzati in grado di fornire tali informazioni con il grado di dettaglio ritenuto necessario e in particolare:

- A) studi idrologici per il calcolo delle portate - con determinato tempo di ritorno - necessarie per effettuare le verifiche idrauliche. In particolare per i corsi d'acqua con Fasce Fluviali o oggetto di studi ex L. 267/98 sono assunte le portate ivi utilizzate (vedi anche la "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica", adottata con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 18 del 26 aprile 2001). Per i corsi d'acqua, fasciati e non fasciati, per i quali l'Autorità di Bacino del fiume Po ha curato la predisposizione degli studi di fattibilità (vedi Tab. 2 dell'Allegato 1) i dati derivanti dalle analisi idrologica e idraulica, qualora indichino valori di portata e profili di piena di riferimento superiori ai corrispondenti valori indicati nei documenti sopra citati, sono assunti come riferimento per le verifiche di compatibilità. In ogni caso il professionista è tenuto a valutare l'adeguatezza delle informazioni contenute negli studi esistenti in relazione alle finalità specifiche dello studio da produrre e a motivare esplicitamente la necessità di procedere ad ulteriori analisi idrologiche, che dovranno in tal caso essere condotte secondo le indicazioni di cui al successivo punto 2;
- B) studi idraulici per il calcolo dei valori dei livelli e delle velocità necessari per effettuare la verifica di compatibilità. In particolare per i corsi d'acqua con Fasce Fluviali è necessario verificare il grado di approfondimento degli studi utilizzati per il tracciamento delle fasce stesse; analoga verifica dovrà essere effettuata per gli studi ex L. 267/98. Per i corsi d'acqua, fasciati e non fasciati, per i quali l'Autorità di Bacino del fiume Po ha curato la predisposizione degli studi di fattibilità (vedi Tab. 2 dell'Allegato 1) per le verifiche di compatibilità si terrà conto dei dati derivanti dall'analisi idraulica. In ogni caso il professionista è tenuto a valutare l'adeguatezza delle informazioni contenute negli studi esistenti in relazione alle finalità specifiche dello studio da produrre e a motivare esplicitamente la necessità di procedere ad ulteriori calcoli idraulici, il cui maggiore approfondimento deve essere giustificato dalla necessità di ottenere indicazioni di maggior precisione, che dovranno in tal caso essere condotti secondo le indicazioni di cui al successivo punto 3.

Sulla base dei risultati ottenuti in termini di altezze d'acqua e di velocità desunti dagli studi esistenti o determinati mediante i nuovi approfondimenti condotti, devono essere applicate le metodologie di cui ai punti successivi. L'utilizzo di metodologie o standard difforni deve essere adeguatamente motivato dal professionista incaricato, con piena assunzione di responsabilità.

Analisi idrologica

Lo scenario di rischio idraulico da considerare fa riferimento alla portata con tempo di ritorno $T_R=100$ anni, salvo quanto previsto per i corsi d'acqua per i quali siano state individuate le fasce fluviali (tempo di ritorno della piena di riferimento utilizzato per il tracciamento della fascia B) o per le aree a rischio idrogeologico molto elevato per fenomeni di inondazione (tempo di ritorno della piena di riferimento utilizzato per la perimetrazione delle Zone I e B-Pr).

L'adozione di portate con tempi di ritorno differenti deve essere evidenziata e adeguatamente motivata.

L'analisi idrologica e la valutazione della portata di riferimento vengono effettuate sulla base delle seguenti indicazioni che, per quanto riguarda le specifiche metodologie di calcolo, rivestono carattere di semplice suggerimento. Infatti, allo stato presente delle conoscenze, le procedure di stima idrologica non sono univocamente determinabili e la scelta della metodologia più opportuna deve essere fatta dal professionista in funzione della situazione allo studio e del tipo di informazioni e dati disponibili. Le presenti indicazioni devono ritenersi integrative delle direttive in materia di idrologia e idraulica emanate dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ("Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" - All. 7 al Titolo II delle N.d.A del PAI), che devono pertanto essere visionate dal professionista. Le direttive approvate sono consultabili sul sito dell'Autorità www.adbpo.it.

La relazione idrologica deve contenere almeno i seguenti elaborati, organizzati in capitoli secondo lo schema nel seguito esposto.

2.1 Scopo del lavoro

Questo capitolo espone i quesiti ai quali la relazione idrologica è chiamata a rispondere, illustrando tutte le problematiche che il progettista sarà chiamato ad affrontare. Pertanto, esso:

- descrive le caratteristiche dell'area per cui si intende valutare il rischio di esondazione;
- individua la/e grandezza/e idrologica di dimensionamento (ad esempio: altezza di precipitazione, portata al colmo di piena, volume di piena, forma dell'onda di piena, portata solida, accumulo di detrito movimentabile sotto forma di colata o altro);
- discute e giustifica la scelta del tempo di ritorno o del livello di rischio accettato per il dimensionamento dell'intervento.

Inoltre, in questo capitolo, viene delineato lo schema dell'indagine da svilupparsi nei capitoli successivi della relazione idrologica; qualora l'area di interesse fosse soggetta a rischi idrogeologici di tipo particolare (come ad esempio fenomeni di trasporto solido o di detriti galleggianti) il capitolo iniziale della relazione dovrà proporre e giustificare uno schema di indagine appropriato, anche se questo si discosta dagli indirizzi generali delineati nelle presenti indicazioni.

2.2 Descrizione del bacino idrografico

In questo capitolo sono fornite le informazioni sulla morfologia, la geologia, l'idrografia, la climatologia e la predisposizione alle diverse tipologie di rischio idrogeologico del bacino idrografico sotteso dalla/e sezione/i di interesse; il capitolo riporta e ordina tutte le informazioni utilizzate in seguito nello studio idrologico.

Il testo è accompagnato da:

Carte di base

Le carte di base propedeutiche allo studio, fatto salvo l'utilizzo della cartografia specificamente prodotta per gli studi geologici a supporto degli strumenti di pianificazione comunale, possono essere le seguenti:

- corografia generale del bacino idrografico di interesse e, ove necessario, dei suoi sottobacini, predisposta su una base cartografica che fornisca un'immagine chiara dei luoghi: è consigliato l'impiego della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 o, se del caso, alla scala 1:25.000. Per bacini di grandi dimensioni, non rappresentabili su fogli di formato non superiore ad A0, sarà opportuno predisporre un quadro di insieme, utilizzando la Base Topografica alla scala 1:50.000 oppure la Carta Provinciale alla scala 1:100.000 prodotte dalla Regione Lombardia, e le corografie dei singoli sottobacini, da riportarsi sulla CTR in scala 1:10.000. Sulla corografia generale saranno rappresentate con appositi simboli le stazioni idrometriche, pluviometriche o di altro tipo considerate nello studio idrologico;
- carta geologica, stralcio della Carta Geologica in scala 1:50.000 del Servizio Geologico Nazionale, quando non disponibile altra cartografia redatta a scala di maggior dettaglio (es. carte progetto CARG, indicate in allegato 1, o altre carte redatte da Province, Comunità montane ecc.);
- carta dell'uso del suolo, stralciata dalla Carta dell'Uso e Copertura del Suolo ad orientamento agricolo-forestale in scala 1:50.000, oppure, per maggiore semplicità, dalla Carta della morfologia pure in scala 1:50.000, prodotte dalla Regione Lombardia con eventuali integrazioni e aggiornamenti derivati da sopralluoghi e rilievi diretti;
- carta della rete idrografica, che può essere sovrapposta alla corografia;
- la cartografia del reticolo fognario ed artificiale per il deflusso delle acque dalle zone urbanizzate e da quelle urbanizzabili - in relazione alle disposizioni del art. 12 del PAI - (con individuazione degli scaricatori di piena reperibili ad es. presso le Province o i Consorzi di collettamento e depurazione) specie nei bacini di collina o di pianura in cui la componente di deflusso dalle zone urbanizzate può assumere una valenza preponderante rispetto alla componente dal bacino naturale;
- carta della erodibilità del suolo, per gli studi che riguardino anche il trasporto solido, per la stesura della quale possono essere utili: carte delle coperture e/o uso del suolo e le carte relative al dissesto ed alla pericolosità per colate detritiche (cfr. all. 1); nella normalità dei casi risulta molto difficile la determinazione dell'erodibilità in quanto presuppone l'utilizzo di metodologie complesse con numerosi parametri da stimare la cui attendibilità, in mancanza di dati certi, risulta spesso criticabile. Tale carta sarebbe da prevedere ove risulti possibile un'indagine di dettaglio sul territorio.

Carte derivate

In base alla metodologia utilizzata, oltre alle carte di base possono essere fornite le carte derivate riportanti i tematismi utilizzati nelle procedure di calcolo idrologico. Il dettaglio delle informazioni dovrà essere sufficiente a caratterizzare correttamente il bacino per gli scopi del calcolo idrologico e in particolare dovrà tenere conto della superficie del bacino, della possibile disomogeneità dello stesso, della presenza di più stazioni di misura, ecc.

A titolo di esempio si elencano le seguenti carte tematiche:

- la carta delle aree a pari capacità di infiltrazione oppure a pari numero di curva per chi calcola il coefficiente di afflusso con il metodo CN-SCS. Per la predisposizione di questo elaborato possono essere utili la Carta dell'uso del suolo ad orientamento vegetazionale e la Carta idrologica con indicazioni inerenti la permeabilità, entrambe prodotte alla scala 1:10.000 nell'ambito del già richiamato Progetto Geoambientale;
- la carta delle isocorve per chi ricava l'Idrogramma Unitario del Metodo di corrivazione;
- la carta dei topoieti o della distribuzione spaziale della precipitazione;
- la carta della produzione di sedimenti;
- la carta della propensione alla formazione di colate detritiche.

Gli elaborati grafici devono essere resi anche su supporto informatico in forma vettoriale, eventualmente su base raster, secondo i formati standardizzati definiti nei Criteri di cui all'art. 3, comma 3, della l.r. 12/2005.

Tabelle

Devono essere presentate in tabelle le informazioni utilizzate nello studio idrologico e in particolare:

- le serie storiche delle misure idrometriche e pluviometriche o di altro tipo;
- i parametri morfometrici del bacino idrografico;
- le caratteristiche delle stazioni (Ente gestore, codice, quota, tipo di strumento installato, attendibilità del dato secondo il gestore, coordinate, ecc.);
- l'estensione dei bacini urbani e la portata scaricata dai manufatti di drenaggio urbano (compresa quella delle aree di prevista urbanizzazione).

2.3 Stima della piena di progetto

La piena di progetto viene usualmente stimata a partire dalla precipitazione critica con una trasformazione afflussi - deflussi in quanto le stazioni idrometriche sono piuttosto scarse e, molto raramente, interessano piccoli corsi d'acqua. Ciò non toglie che il valore della portata al colmo di piena stimata a partire dalle misure idrometriche rilevate e pubblicate da organismi ufficiali sia di gran lunga il più affidabile; quindi, nel prossimo futuro, quando saranno disponibili consistenti serie di misure di portata, questa procedura dovrà essere usata con maggiore frequenza di quanto non accada attualmente.

Il professionista che utilizzi nel suo studio idrologico codici di calcolo o software specialistico deve fornire le specifiche dei prodotti impiegati, i risultati parziali di calcolo (es. ietogramma lordo, dati IUH, ecc.) al fine di consentire il calcolo completo da parte di chi legge e deve rendersi disponibile ad eseguire i calcoli alla presenza dei tecnici incaricati del collaudo della prestazione.

2.3.1 Stima della piena di progetto dalla precipitazione critica

La piena di progetto con assegnato tempo di ritorno viene calcolata seguendo i seguenti passi di calcolo (si deve giustificare la necessità di ricorrere a eventuali procedimenti diversi, che dovranno essere adeguatamente descritti):

- elaborazione statistica dei massimi annui delle altezze di precipitazione di breve durata, finalizzata alla costruzione delle curve di possibilità pluviometrica alle stazioni di misura, con diverso tempo di ritorno. Lo sviluppo delle elaborazioni statistiche sarà presentato nella relazione idrologica secondo lo stesso schema illustrato per l'analisi statistica dei massimi annui di portata nel successivo § 2.3.2, punto b);
- calcolo dell'altezza media di pioggia sul bacino o sui suoi sottobacini oppure determinazione della distribuzione spaziale della precipitazione, qualora venga utilizzato un modello di trasformazione afflussi - deflussi;
- definizione dello ietogramma di progetto, giustificandone la scelta in base alle caratteristiche pluviometriche del bacino in esame. Solo nel caso in cui il processo di trasformazione afflussi - deflussi venga rappresentato con la Formula Razionale è consentito considerare la distribuzione della pioggia uniforme nel tempo; a tale proposito l'Autorità di bacino ha formulato una direttiva nel merito;
- calcolo del coefficiente di afflusso di piena e della precipitazione efficace. Il valore del coefficiente di afflusso di piena è un fattore determinante per il calcolo della portata di piena e quindi deve essere ampiamente giustificato. A tal proposito è consigliabile il ricorso al metodo Curve Number del Soil Conservation Service degli Stati Uniti che ricava il valore del coefficiente di afflusso con una procedura sufficientemente chiara. Il calcolo della pioggia netta può essere fatto sia seguendo la procedura consigliata dal summenzionato metodo CN-SCS, ovvero in altro modo. Si noti che la formula razionale ipotizza che la precipitazione critica sia di intensità costante nel tempo; l'uso di tale formula implica pertanto che la pioggia efficace venga calcolata con il metodo "PHI", il quale ammette velocità di infiltrazione costante;
- calcolo della portata di progetto con la trasformazione afflussi - deflussi: la procedura ipotizza che il tempo di ritorno della portata di progetto sia uguale al tempo di ritorno della precipitazione alla quale viene applicata la trasformazione afflussi - deflussi. La procedura utilizzata deve essere adeguatamente descritta. Nel caso in cui il bacino sia di piccole dimensioni, ovvero le informazioni idrologiche siano scarse e/o imprecise oppure l'importanza dell'intervento non giustifichi un maggiore approfondimento, è ammesso l'impiego della Formula Razionale: in tal caso deve essere opportunamente giustificata la scelta del tempo critico del bacino.

Nei casi in cui dalla ricognizione emerga un peso delle portate di deflusso urbano non trascurabile (> 25-30%) occorre prevedere l'uso di modelli che simulino la differente risposta (in termini di portata al colmo e di tempo di corrivazione del bacino) delle zone urbane e delle zone naturali dei bacini. Per questo occorre tuttavia tenere in debito conto il limite fisico della capacità di drenaggio delle reti urbane dimensionate usualmente per portate massime associabili a T = 10 anni.

2.3.2 Stima della portata di progetto con l'analisi statistica dei massimi annui di portata

Usualmente con questa procedura viene stimata soltanto la portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno; si possono seguire due procedure alternative:

- a) **la procedura regionale** è la più onerosa ma è consigliabile in quanto utilizza il maggior numero di dati possibili. Per l'illustrazione dei metodi di stima regionale si faccia riferimento ai testi di idrologia. È opportuno che nella relazione idrologica la procedura di calcolo sia sunteggiata in maniera chiara ma concisa e, invece, venga citata in maniera puntuale la fonte idrografica dalla quale è stata derivata la procedura di calcolo. Stralci della o delle fonti idrografiche di riferimento possono essere allegati alla relazione per maggior chiarezza e completezza. Debbono essere invece riportati in relazione tutti gli sviluppi del calcolo per consentirne la puntuale verifica;
- b) **la procedura puntuale** elabora separatamente le singole serie storiche dei massimi annui delle portate e correla i risultati del calcolo statistico per giungere alla portata di progetto nella sezione fluviale di interesse. La procedura di calcolo comporta che vengano eseguite le seguenti elaborazioni:
 - regolarizzazione della distribuzione empirica dei dati di ciascuna serie idrometrica con una legge di probabilità di riconosciuta validità i cui parametri vanno determinati con uno stimatore accettabile (metodo dei momenti, metodo della massima verosimiglianza, metodo di momenti pesati in probabilità o altro). L'adattamento della legge deve essere verificato con un test statistico adeguato (ad esempio il test di Pearson o il test di Kolmogorov-Smirnov). La regolarizzazione di differenti serie idrometriche con differenti leggi di probabilità deve essere opportunamente giustificato;
 - i valori di portata con uguale tempo di ritorno stimati nelle differenti sezioni di misura vengono regrediti su parametri morfometrici (area, lunghezza dell'asta principale, tempo di corrivazione o altro) dei bacini sottesi da tali sezioni al fine di ricavare il valore di portata nella sezione di interesse. Qualora la portata così ottenuta sia una media giornaliera, il suo valore deve essere trasformato nel valore al colmo di piena con le opportune formule empiriche reperibili nella letteratura tecnica o ricavate con indagini ad hoc.

2.4 Fenomeni di alluvionamento e di trasporto di massa

L'analisi dei fenomeni di dissesto diffuso che possono innescare processi di trasporto di sedimenti di particolare intensità richiede l'intervento congiunto e coordinato delle professionalità dell'Ingegnere Idraulico e del Geologo.

Nel caso in cui siano da temere fenomeni di sovralluvionamento che interessano l'area di progetto, la relazione idrologica deve:

- a) fornire una stima della granulometria del materiale d'alveo (diametro efficace o meglio curva granulometrica del sottofondo e dello strato di armatura del letto);
- b) identificare le possibili fonti di alimentazione di detriti (frane, scoscendimenti superficiali, ecc.), fornendo altresì una valutazione di prima approssimazione della quantità e della qualità degli inerti che possono giungere all'area di interesse.

Nel caso in cui siano da temere fenomeni di debris flow, la relazione idrologica deve:

- a) individuare i tronchi torrentizi morfologicamente predisposti al processo;
- b) determinare, almeno in prima approssimazione, il volume di materiale movimentabile dalla colata;
- c) definire la portata solida e liquida al colmo dell'onda di debris flow oppure la forma dell'onda medesima.

Per la trattazione di questo argomento, il professionista può riferirsi al Quaderno Regionale di Ricerca n. 34 "Il rischio idraulico nelle aree di conoide" edito dalla Regione Lombardia nel novembre 1999 oltre a quanto illustrato in allegato 2.

2.5 Verifica dei risultati

I valori stimati delle grandezze idrologiche di progetto debbono essere confrontati con altre informazioni al fine di verificarne la congruità. Sono individuate due procedure di verifica, una almeno delle quali deve essere sempre applicata nello studio idrologico:

- I) applicare indipendentemente la metodologia indicata nel § 2.3.1 e una di quelle indicate nel § 2.3.2, confrontando i risultati ottenuti: le eventuali discrepanze debbono essere analizzate, commentate e giustificate;
- II) confrontare i valori stimati mediante la procedura idrologica prescelta con le informazioni desumibili dagli scenari di accadimenti storici. Se l'accuratezza delle informazioni storiche lo consente, l'applicazione di questa procedura di verifica deve prevedere l'esecuzione dei seguenti passi:
 - a) censimento delle piene storiche che hanno riguardato il sito di interesse con raccolta di informazioni documentarie: testi, fotografie, mappe di inondazione, relazioni tecniche e quant'altro si dimostri utile per la caratterizzazione degli eventi. Per le piene accadute in anni di poco precedenti la stesura dello studio idrologico possono ancora rilevarsi topograficamente i segni lasciati dalle acque;
 - b) rilievo topografico, eventualmente speditivo se ciò è giustificato, di un tratto dell'alveo sufficiente alla esecuzione del calcolo idraulico. Nel caso di ricostruzione di piene del passato non recente è opportuno che la topografia rilevata al momento dello studio sia corretta per adeguarla, almeno macroscopicamente, alla situazione della piena storica, ad esempio rimuovendo manufatti di attraversamento, argini o altre strutture al tempo non esistenti;
 - c) determinazione, con calcolo idraulico di tracciamento del profilo di corrente a pelo libero in moto permanente, della portata riproducente lo scenario/i di inondazione storica. Nei casi più complessi, si può valutare la convenienza del ricorso a modelli di simulazione di maggior dettaglio, anche per tenere conto di fenomeni di sovralluvionamento, erosioni o tracimazioni, debris flow;
 - d) determinazione, sulla base della stima idrologica effettuata, del tempo di ritorno della portata ottenuta con la simulazione idraulica e confronto con il tempo di ritorno dell'evento storico, approssimativamente dedotto dalle informazioni raccolte con l'indagine di cui al punto (a). Le eventuali discrepanze debbono essere commentate e giustificate.

Le stime idrologiche debbono in ogni caso tenere conto di particolari situazioni che esaltano o, più frequentemente, smorzano la violenza della piena; ad esempio:

- copertura glaciale o nivale di parte del bacino, che ne riduce la superficie efficace;
- insufficienza dell'alveo del corso d'acqua che, facendo esondare la piena, in parte la lamina;

Serie Ordinaria n. 50 - Giovedì 15 dicembre 2011

- presenza di reticoli artificiali (reti urbane di drenaggio) con contributo localizzato significativo;
- presenza di serbatoi artificiali o di invasi naturali che contengono parte dell'onda di piena.

La relazione idrologica deve indicare chiaramente se la stima della portata di piena considera:

- la presenza di opere di sistemazione da realizzarsi a monte del tratto fluviale di interesse;
- il confronto tra la situazione attuale e la situazione futura, una volta che siano stati completati gli interventi di sistemazione del suolo (quali la realizzazione di opere di arginatura o di laminazione).

Calcoli idraulici

3.1 Assetto geometrico dell'alveo

Nel caso di corsi d'acqua per i quali il PAI ha definito le fasce fluviali, le specifiche tecniche per l'effettuazione del rilievo topografico sono quelle contenute nella Direttiva "Verifica di compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico in fascia A e B" reperibile sul sito Internet dell'Autorità di Bacino; in particolare, si devono ribattere le sezioni utilizzate per il tracciamento delle fasce, avendo cura di collegarsi alla stessa rete di capisaldi utilizzata per il rilievo delle sezioni di calcolo del PAI o degli studi di Tab. 2 e di Tab. 3 dell'Allegato 1. Le sezioni devono inoltre essere raffittite sino a conseguire un grado di dettaglio adeguato per le modellazioni da effettuare.

Per gli altri corsi d'acqua, la geometria dell'alveo viene definita topograficamente rilevando un numero sufficiente di sezioni trasversali: in particolare le sezioni trasversali non debbono essere in numero inferiore a 4, il loro intervallo non deve essere superiore a 10 volte la larghezza dell'alveo, la differenza tra la quota del profilo di piena nelle sezioni contigue non deve superare i 30 cm (prevale la condizione più restrittiva). Il rilievo delle sezioni trasversali deve definirne compiutamente la forma geometrica e deve spingersi a una quota sensibilmente superiore alla quota del profilo di piena: nel caso di alvei arginati, il rilievo deve proseguire almeno fino al piede esterno dell'argine. Deve essere assicurata la congruenza delle quote del rilievo con le quote della carta di appoggio (ad esempio la carta fotogrammetrica comunale o la Carta Tecnica Regionale).

3.2 Studio idraulico

Lo studio idraulico deve essere svolto conformemente alla direttiva "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" (con particolare riferimento al capitolo "Contenuti dello studio di compatibilità"), con un grado di approfondimento commisurato alla situazione specifica.

Le condizioni di deflusso nel tronco idraulico di interesse vengono valutate con i metodi di calcolo riportati nella suddetta direttiva dell'Autorità di bacino, che fanno riferimento a schematizzazioni progressivamente più complesse delle condizioni di moto (modellazione in moto permanente o, se ritenuto necessario, in moto vario).

L'utilizzo dello schema semplificato di moto uniforme può essere applicato solo ed esclusivamente quando il tronco di interesse:

- abbia geometria approssimativamente cilindrica;
- non contenga al suo interno o sul contorno sezioni critiche costituite da salti o strettoie naturali o artificiali che provocano apprezzabili scostamenti dalle condizioni di moto uniforme. In particolare, nel caso di corrente subcritica, l'eventuale strettoia, provocante l'innalzamento del profilo di piena, deve essere posta a una distanza superiore al valore D dall'estremo di valle del tronco di interesse; la distanza D è definita in Fig. 1;
- non presenti situazioni transcritiche con passaggio di corrente da condizione supercritica a subcritica o viceversa; ciò viene verificato confrontando, in ogni sezione di calcolo, la quota di stato critico con la quota di moto uniforme corrispondente alla pendenza locale del fondo.

Lungo il tronco idraulico di interesse deve adottarsi il medesimo valore del coefficiente di resistenza idraulica, a meno che non venga giustificato diversamente.

Il calcolo di moto uniforme viene applicato a un convenzionale alveo cilindrico avente:

- sezione trasversale di forma "intermedia" tra le sezioni rilevate; a favore di sicurezza può essere assunta come sezione convenzionale, la più piccola tra le sezioni rilevate;
- profilo di fondo rettilineo con pendenza pari alla media del tronco di interesse.

Deve essere opportunamente caratterizzata la variazione della resistenza al moto sul perimetro bagnato della sezione composta da alveo inciso e da golene o piane alluvionali laterali, esemplificata in Fig. 2: a tal fine, si utilizza la formula del moto uniforme nella quale viene esplicitata la convettanza:

$$K_i = A_i R_i^{2/3} n_i^{-1}$$

$$Q = i^{1/2} (K_1 + K_2 + \dots + K_N)$$

ove A_i , R_i e n_i sono l'area bagnata, il raggio idraulico e il coefficiente di resistenza di Manning della i -esima porzione di sezione, i è la pendenza di fondo, Q la portata defluente, N il numero delle porzioni della sezione composta.

Le parti esterne della sezione idraulica, il cui contributo al convogliamento delle acque può essere considerato trascurabile, sono escluse dal calcolo.

Le situazioni a rischio di formazione di colate detritiche o di trasporto solido iperconcentrato, specialmente se con pericolo di sovralluvionamento e/o occlusione di opere di attraversamento, debbono essere valutate attraverso specifiche procedure qui non considerate.

3.3 Aree esondabili

Sulla base delle risultanze dei calcoli idraulici si procede alla individuazione delle aree esondabili con le seguenti modalità:

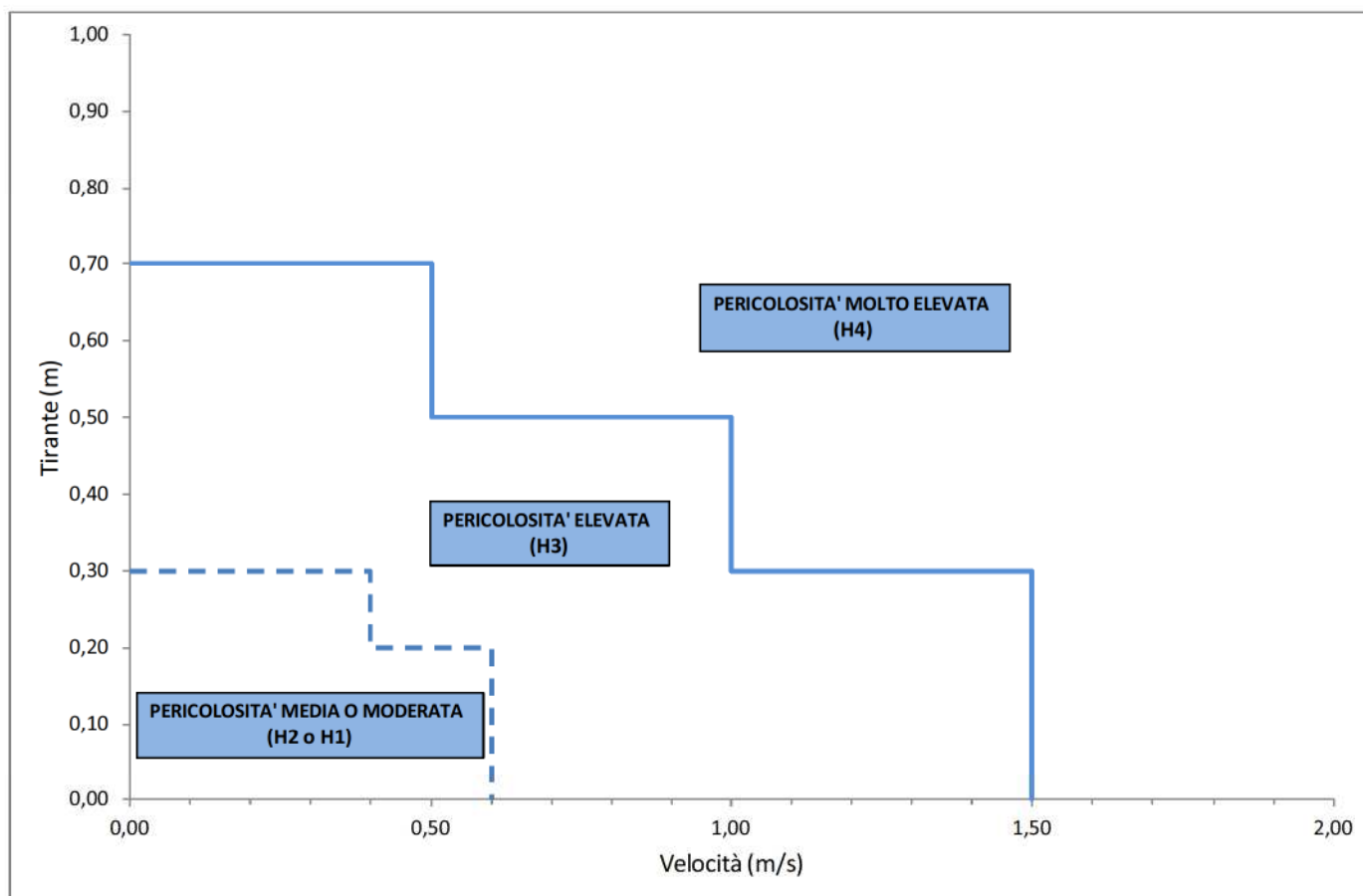
1. confronto dei livelli di piena ottenuti con la morfologia del territorio e tracciamento delle aree esondabili dalla piena di riferimento;
2. confronto critico fra la delimitazione delle aree ottenute al punto precedente con le informazioni disponibili relative a eventi di piena precedenti e con le informazioni di carattere geomorfologico desumibili dall'analisi del territorio;
3. nel caso di corsi d'acqua arginati, può essere utile effettuare una valutazione di massima dei volumi esondabili durante l'evento di piena di riferimento; gli stessi possono quindi essere "distribuiti" sull'area esondabile, eventualmente determinata in base alle analisi morfologiche, al fine di stimare i livelli idrici raggiungibili in caso di sormonto arginale. Solo nei casi più

complessi si potrà valutare l'opportunità di effettuare modellazioni bidimensionali, con eventuale ipotesi di crollo arginale.

3.4 Zonazione della pericolosità

All'interno delle aree esondabili individuate devono essere delimitate zone a diverso livello di pericolosità idraulica, sulla base, in particolare, dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento.

Per la classificazione dei diversi livelli di pericolosità idraulica si fa riferimento al grafico seguente.



3.5 Zonazione del rischio

Partendo dalle aree a diversa pericolosità idraulica di cui al precedente punto 3.4, si procede a una suddivisione in zone a diverso livello di rischio attuale e potenziale (ossia conseguente a eventuali successive utilizzazioni delle aree), la cui quantificazione dovrà essere effettuata mettendo in relazione la pericolosità (H), l'entità degli elementi a rischio - o danno potenziale - (E) e la vulnerabilità degli stessi (V) secondo la relazione di natura qualitativa:

$$R = H \times E \times V$$

Le classi del danno potenziale sono determinate in funzione degli elementi a rischio contenuti. Si veda in proposito la seguente tabella:

DANNO POTENZIALE	ELEMENTI A RISCHIO
Grave (E4)	Centri urbani, beni architettonici, storici, artistici, insediamenti produttivi, principali infrastrutture viarie, servizi di elevato valore sociale
Medio (E3)	Aree a vincolo ambientale e paesaggistico, aree attrezzate di interesse comune, infrastrutture viarie secondarie
Moderato (E2)	Aree agricole di elevato pregio (vigneti, frutteti)
Basso (E1)	Seminativi

Ponendo (a favore di sicurezza) la vulnerabilità pari a 1, il rischio idraulico deriva dall'intersezione di pericolo e danno potenziale, come di seguito riportato:

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

Serie Ordinaria n. 50 - Giovedì 15 dicembre 2011

La delimitazione delle aree a diverso livello di rischio sarà riportata sulla cartografia dello strumento urbanistico comunale.

Le aree caratterizzate da livelli di rischio pari a **R4** sono da ritenersi incompatibili con qualunque tipo di urbanizzazione, e in esse dovranno essere escluse nuove edificazioni. Ad esse viene attribuita, nella carta di fattibilità delle azioni di piano, **classe 4**. Le aree caratterizzate da livelli di rischio pari a **R3** possono ritenersi compatibili con l'urbanizzazione a seguito della realizzazione di opere di mitigazione del rischio o mediante accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile e immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili. A tali aree viene attribuita, nella carta di fattibilità delle azioni di piano, **classe 3**. Le eventuali opere di mitigazione proposte dovranno essere dimensionate secondo i criteri metodologici del presente documento; si dovrà inoltre verificare che la realizzazione delle stesse non interferisca negativamente con il deflusso e con la dinamica del corso d'acqua.

Le prescrizioni specifiche per le diverse aree dovranno essere recepite nelle norme tecniche di piano.

Di seguito si elencano, a titolo di esempio e senza pretesa di esaustività, alcuni dei possibili accorgimenti che dovranno essere presi in considerazione per la mitigazione del rischio e da indicare quali prescrizioni al fine di garantire la compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale:

a) Misure per evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture

- realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali sopraelevate rispetto al livello della piena di riferimento;
- realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena a tenuta stagna; disporre gli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
- progettare la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;
- progettare la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;
- favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.

b) Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni

- opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione; qualora il calcolo idraulico non consenta di differenziare il valore della velocità nelle diverse porzioni della sezione, il grafico viene letto in funzione della velocità media nella sezione. Si intende che le condizioni idrauliche così definite si mantengano invariate su tutto il tronco a cavallo della sezione;
- opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
- fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoli coesivi.

c) Misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione

- uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena di riferimento aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;
- vie di evacuazione situate sopra il livello della piena di riferimento.

d) Utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche

e) Utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua.

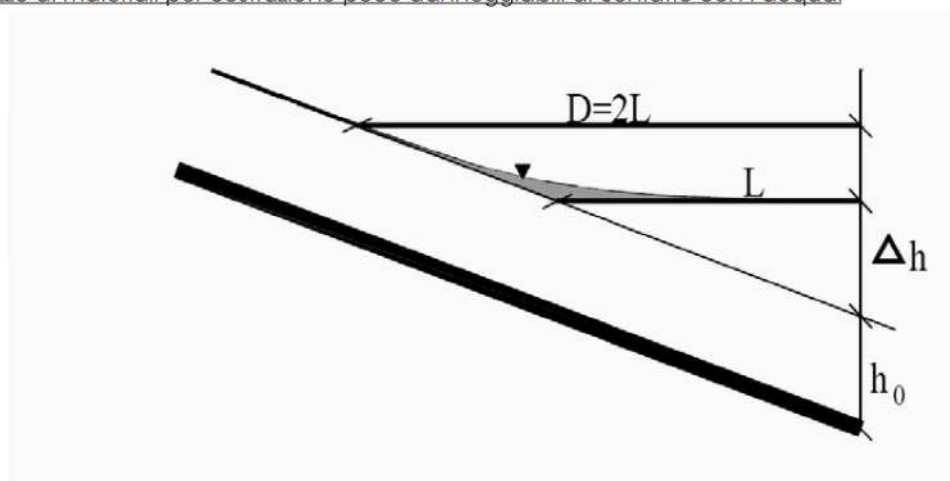


Fig. 1

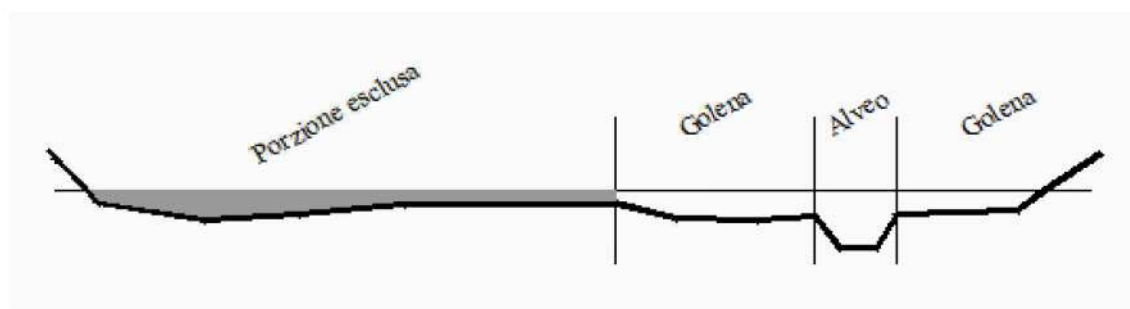


Fig. 2

ALLEGATO 3

Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.

(stralcio dell'allegato 5 alla DGR n° IX/2616 del 30/11/2011 "Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n°12)

ALLEGATO 5

ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO IN LOMBARDIA FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELL'ASPETTO SISMICO NEI P.G.T.

1. INTRODUZIONE

Le presenti procedure aggiornano quanto contenuto nell'allegato n. 5 alla d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566, sulla base delle avvenute modifiche in materia di norme tecniche sulle costruzioni (d.m. 14 gennaio 2008).

Tali procedure 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: solo i primi due livelli sono obbligatori (secondo lo schematismo, in funzione della zona sismica di appartenenza, contenuto nel testo della direttiva - all. A) in fase di pianificazione; il terzo livello di approfondimento 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. Il 2° livello di approfondimento potrà essere implementato tramite la realizzazione di nuove schede che amplieranno 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.

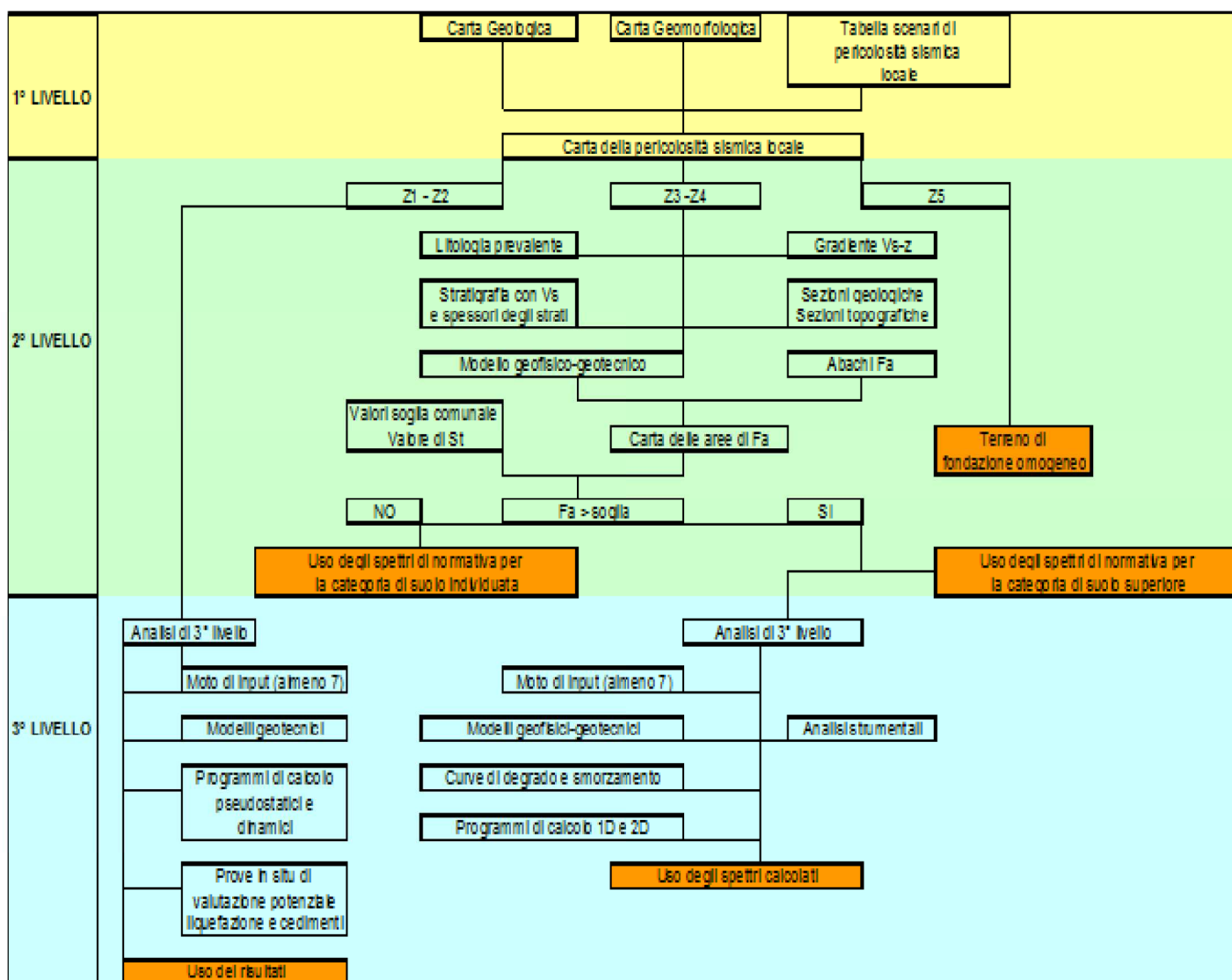


Figura 1 - Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine

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.

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 (a scala 1:10.000 e 1:2.000) 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 nella raccolta dei dati esistenti e nella redazione di un'apposita cartografia a scala 1:10.000 - 1:2.000 rappresentata dalla:

- carta geologica con le relative sezioni, in cui viene rappresentato il modello geologico e tettonico dell'area, le formazioni, le discontinuità e i lineamenti tettonici in essa presenti;
- carta geomorfologica, in cui vengono distinte le varie forme e i processi (dinamica dei versanti, dinamica fluviale, etc.) in atto, quiescenti o relitti presenti nell'area in esame;
- carta della pericolosità sismica locale (PSL), derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle situazioni tipo Z1, Z2, Z4 e gli elementi lineari delle situazioni tipo Z3, Z5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (Tabella 1). 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. Gli scenari Z1 e Z2 nell'analisi di 1° 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.

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	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura 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 necessaria 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.

2.2 - 2° LIVELLO

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). 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

2.2.1.1. Zona di scarpata (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° (Scheda di valutazione).

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s.

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 $h \geq 1/3 H$ la situazione è da considerarsi una cresta appuntita).

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione dell'inclinazione α il valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s.

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato al ciglio del fronte principale, mentre all'interno della relativa area di influenza (fronte superiore) il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario; lungo il fronte principale tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del fronte stesso.

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.

2.2.1.2. Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo (Scenario Z3b)

La procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo (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, per ambedue gli scenari (zona di scarpata e zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo), viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di F_a ottenuti dalle Schede di valutazione con il valore di S_t delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Tale valore S_t 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 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;
- 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.

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 si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani, in presenza di scenari Z3a e Z3b, è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

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; 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; 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;
- 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 scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.

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.

In presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione allegate si potrà 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 essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

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.

In presenza di alternanze litologiche con inversioni di velocità con la profondità si potrà 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.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, 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 e nell'intervallo 0.5-1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T^2 . Il valore di V_s dello strato superficiale 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 220 m/s si sceglierà il valore 250 m/s nella matrice della scheda di valutazione).

Qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore ai 4 m si utilizzerà, per la scelta della curva, lo strato superficiale equivalente, a cui si assegna una velocità V_s calcolata come media pesata del valore di V_s degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore.

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:

² 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 ($F_a=1.0$).

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V s_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

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 per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) 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.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore 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;
- 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, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o 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.

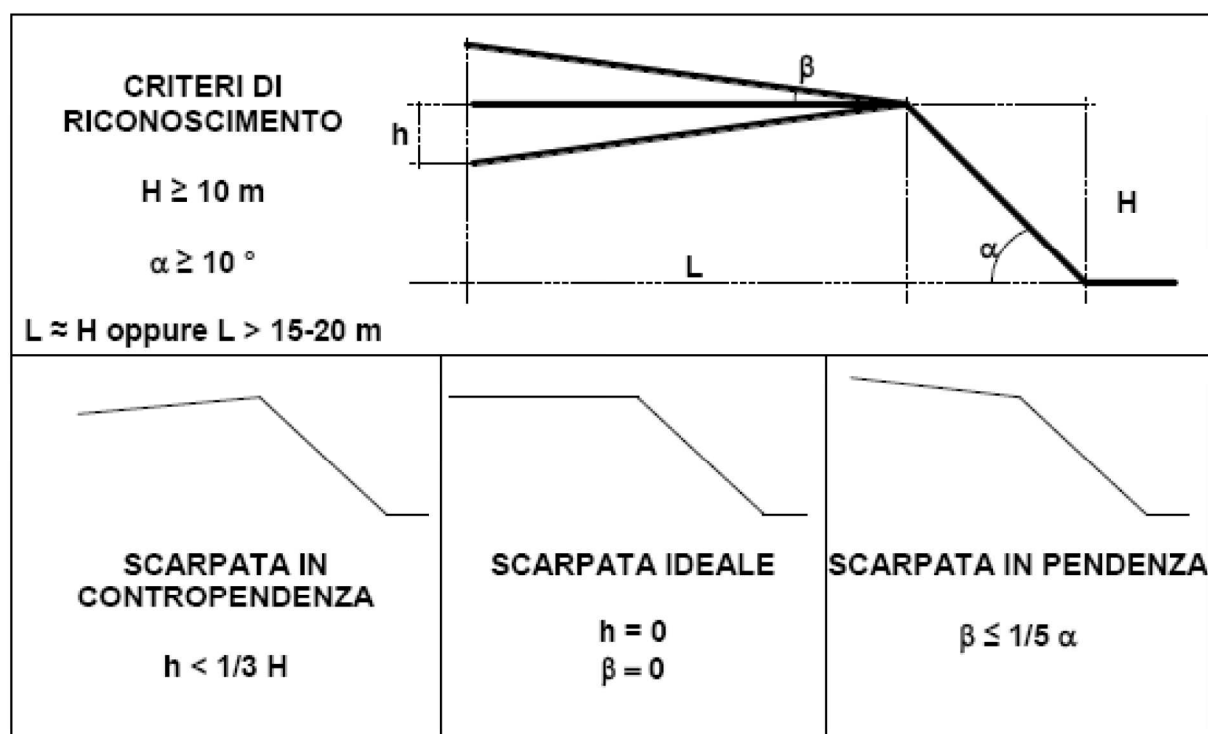
Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

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 2:

<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 2 - LIVELLI DI ATTENDIBILITÀ DA ASSEGNARE AI RISULTATI OTTENUTI DALL'ANALISI

EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATA - SCENARIO Z3a



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0.1-0.5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	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	

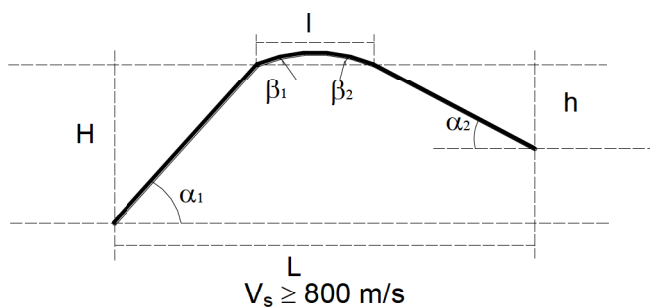
EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b

CRITERI DI RICONOSCIMENTO

CRESTA
 $\alpha_1 \geq 10^\circ$ e $\alpha_2 \geq 10^\circ$
 $h \geq 1/3 H$

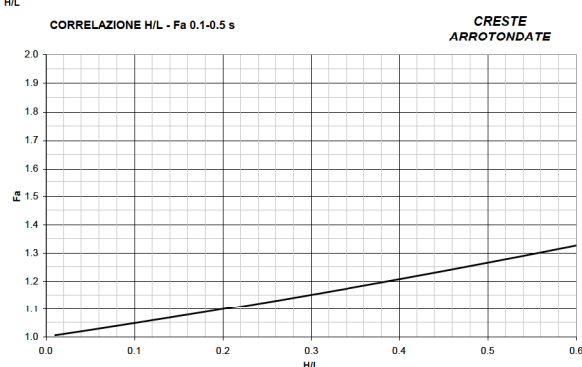
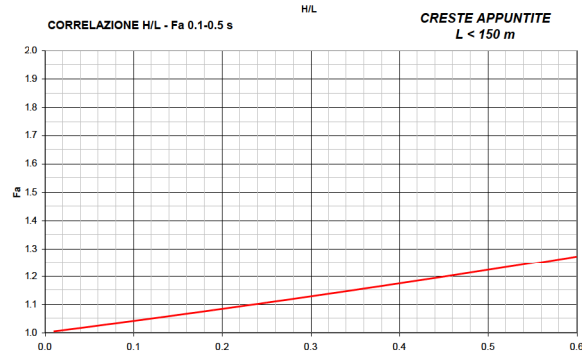
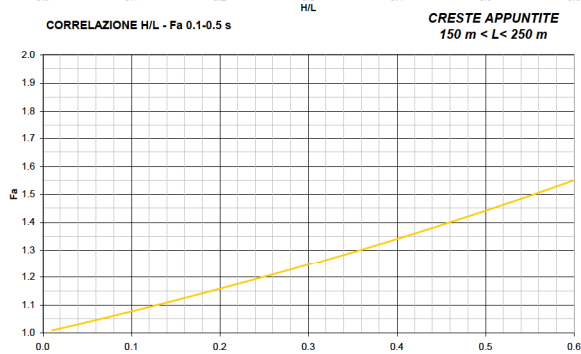
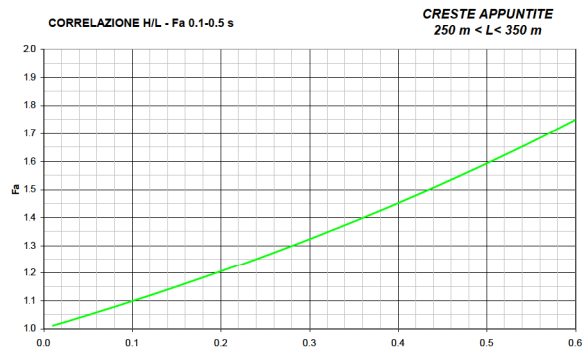
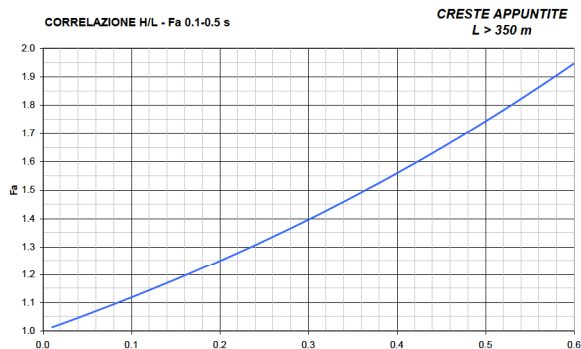
CRESTA ARROTONDATA
 $\beta_1 < 10^\circ$ e $\beta_2 < 10^\circ$
 $l \geq 1/3 L$

CRESTA APPUNTITA
 $l < 1/3 L$



$V_s \geq 800 \text{ m/s}$

	$L > 350$	$250 < L < 350$	$150 < L < 250$	$L < 150$
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

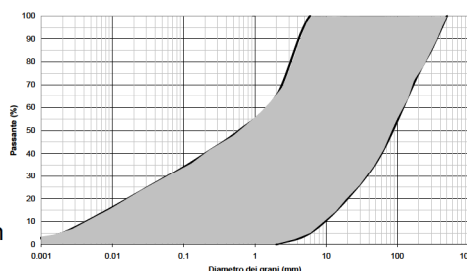
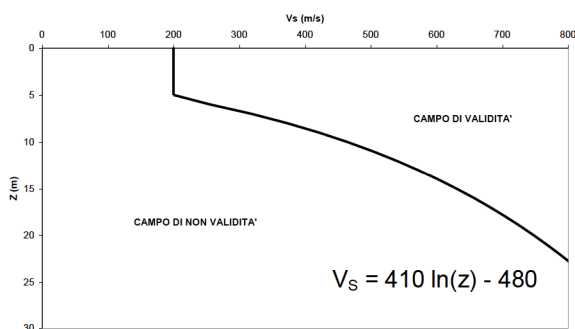
GRANULOMETRIA:

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:

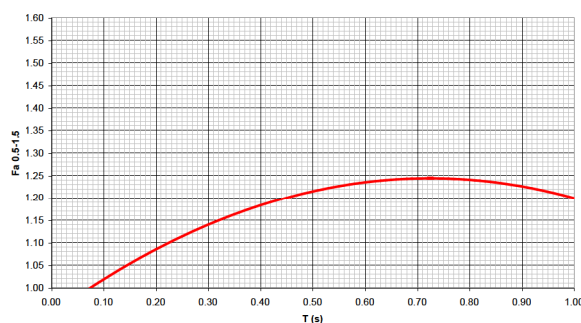
Comportamento granulare
Struttura granulo-sostenuta
Frazione ghiaiosa superiore al 35%
Frequenti clasti con $D_{\max} > 20$ cm
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 65%
Matrice limoso - argillosa fino ad un massimo del 30% con frazione argillosa subordinata (fino al 5%)
Presenza di eventuali trovanti con $D > 50$ cm
Presenza di eventuali orizzonti localmente cementati

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO

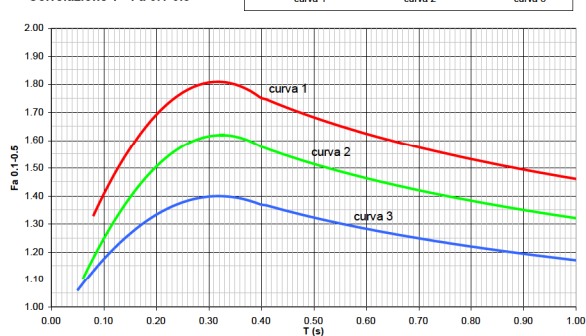
ANDAMENTO DEI VALORI DI V_s CON LA PROFONDITA'

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	3	
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Correlazione $T - Fa_{0.5-1.5}$ 

$$Fa_{0.5-1.5} = -0.58T^2 + 0.84T + 0.94$$

Correlazione $T - Fa_{0.1-0.5}$ 

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.46 - 0.32\ln T$
2	$0.06 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.4T^2 + 4.8T + 0.84$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.32 - 0.28\ln T$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.17 - 0.22\ln T$

EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 1

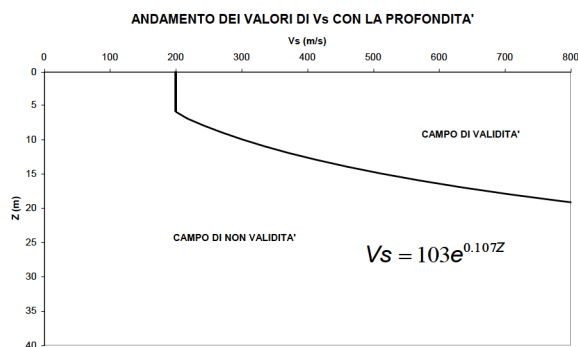
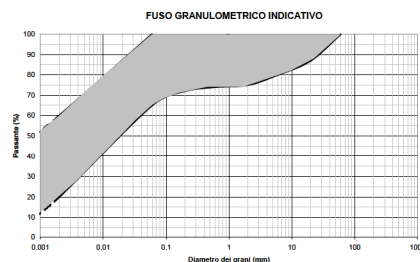
PARAMETRI INDICATIVI

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:

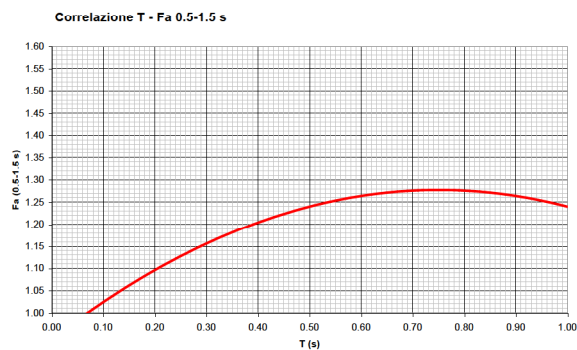
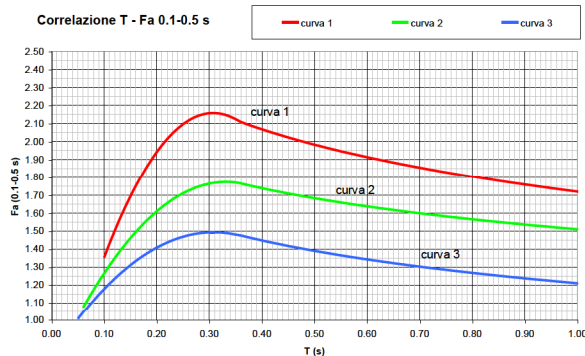
Comportamento coesivo
Struttura matrice-sostenuta
Frazione limosa superiore al 40%
Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm
Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 25%
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 35%
Frazione argillosa compresa tra 20% e 60%
Presenza di eventuali sottili orizzonti ghiaioso fini e sabbioso medio-grossolani



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		
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Velocità primo strato (m/s)



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.6T^2 + 0.9T + 0.94$$

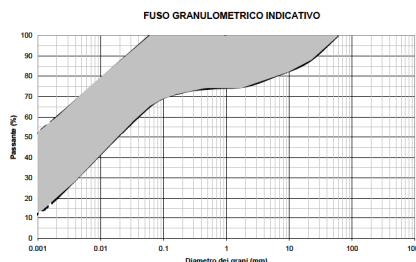
Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -18.7T^2 + 11.5T + 0.39$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.72 - 0.38LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 2

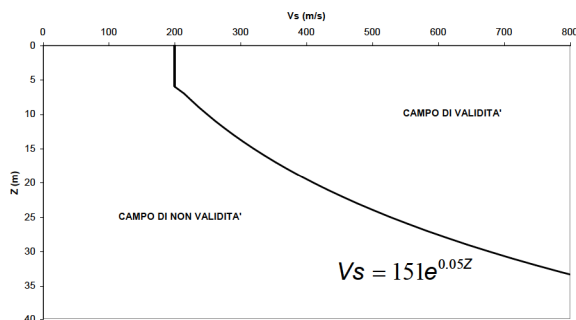
PARAMETRI INDICATIVI

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:

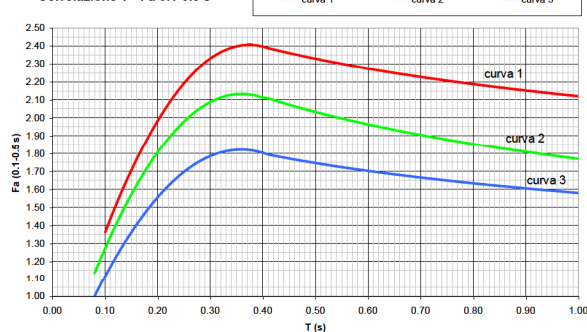
PARAMETRO		INTERVALLO
Peso di volume naturale	γ [kN/m ³]	19.5-20.0
Peso specifico particelle solide	γ_s [kN/m ³]	25.7-26.7
Contenuto d'acqua naturale	w [%]	20-25
Limite di liquidità	w _L [%]	30-50
Limite di plasticità	w _P [%]	15-20
Indice di plasticità	I _p [%]	15-30
Indice dei vuoti	e	0.5-0.7
Grado 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



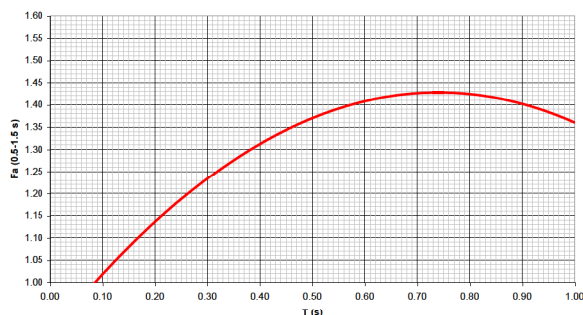
ANDAMENTO DEI VALORI DI Vs CON LA PROFONDITA'



Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -T^2 + 1.48T + 0.88$$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30\ln T$
2	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38\ln T$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24\ln T$

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 1

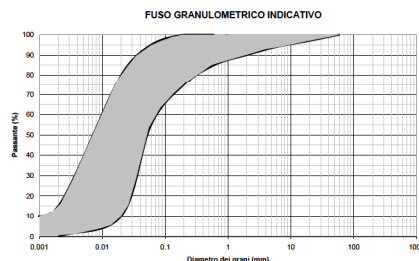
GRANULOMETRIA:

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

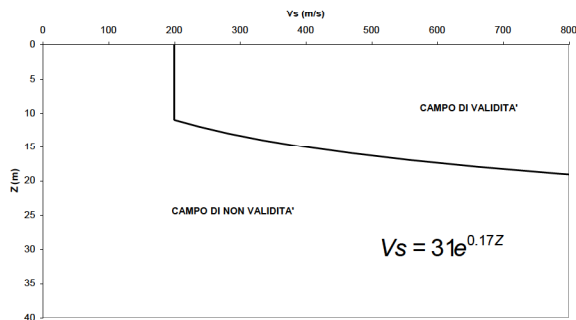
NOTE:

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

PARAMETRI INDICATIVI

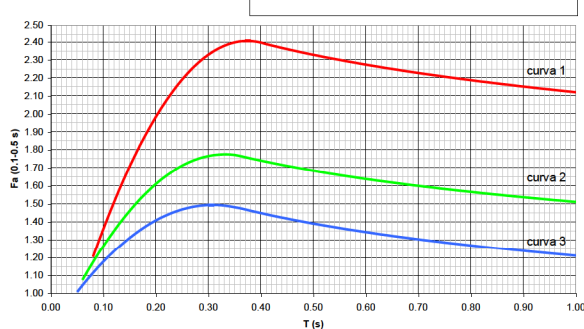


ANDAMENTO DEI VALORI DI V_s CON LA PROFONDITA'

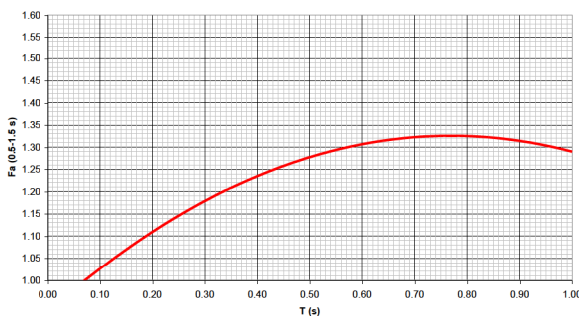


Profondità primo strato (m)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Velocità primo strato (m/s)	200				1	1	1	1	1	1	1	1	1						
	250				2	2	2	2	2	2	2	1	1						
	300				2	2	2	2	2	2	2	2	2						
	350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	2					
	400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
	450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
	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	
	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



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.67T^2 + 1.03T + 0.93$$

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 LITOLGICI – 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

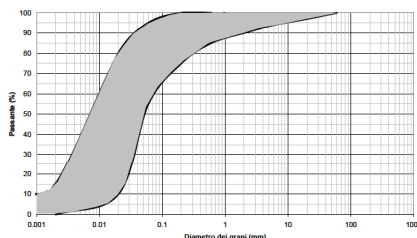
Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%

Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%

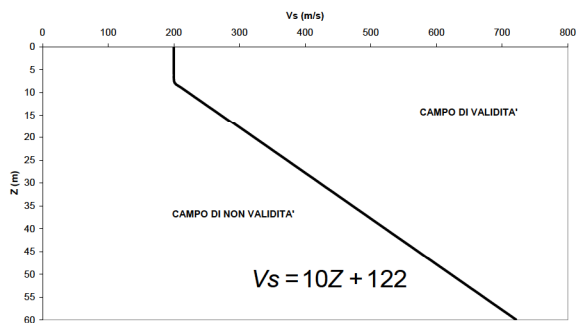
Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%

A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



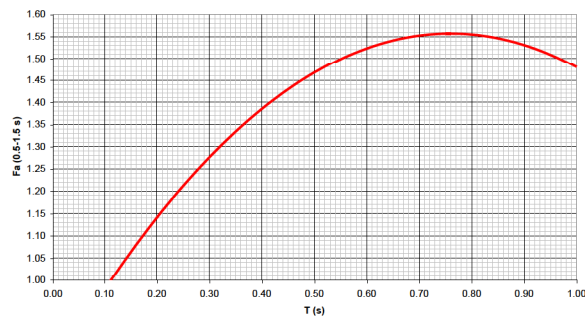
PARAMETRO	INTERVALLO
Peso di volume naturale	$\gamma (kN/m^3)$ 18.5-19.5
Peso specifico particelle solide	$\gamma_s (kN/m^3)$ 26.0-27.9
Contenuto d'acqua naturale	w [%] 25-30
Limite di liquidità	w_L [%] 25-35
Limite di plasticità	w_p [%] 15-20
Indice di plasticità	I_p [%] 5-15
Indice dei vuoti	e 0.6-0.9
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_u 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 V_s CON LA PROFONDITA'

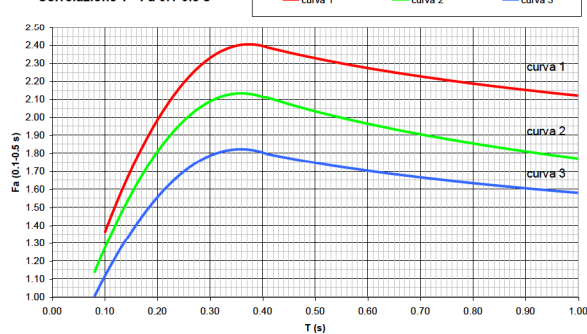
Profondità primo strato (m)

	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	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	2						
350				3	3	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	3	3	3				
450				3	3	3	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	3	3	3		
600				3	3	3	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

Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



Correlazione T - Fa 0.1-0.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30 \ln T$
2	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38 \ln T$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24 \ln T$

EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

NOTE:

Comportamento granulare

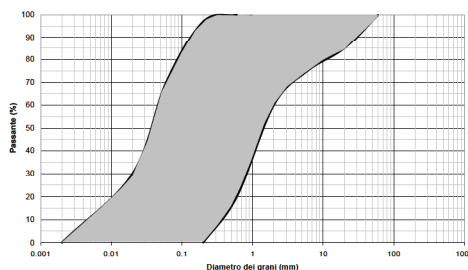
Struttura granulo-sostenuta

Clasti con $D_{max} > 20$ cm inferiori al 15%

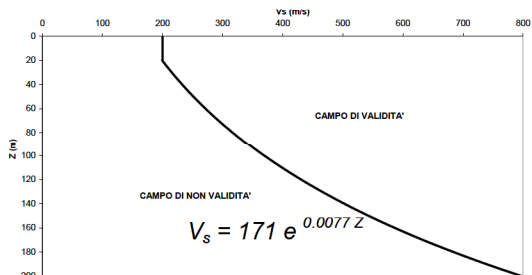
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%

Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



ANDAMENTO DELLE V_s CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA



$$V_s = 171 e^{0.0077 Z}$$

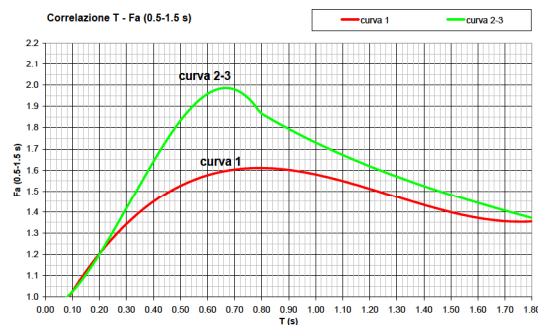
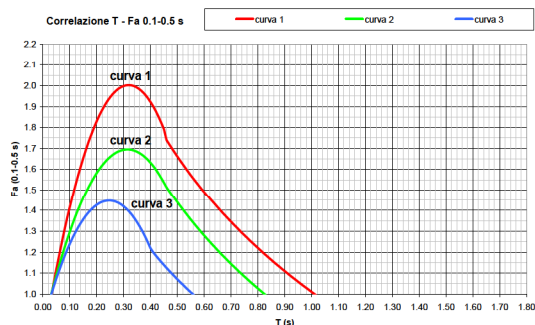
Profondità primo strato (m)		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
Velocità primo strato (m/s)	200	2	2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	250	2	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	300	2	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	400	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	500	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

ove
la sigla NA indica $Fa = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1

CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media V_s minore o uguale a 300 m/s poggianti su strato con velocità maggiore di 500 m/s

$V_s < 300$ m/s	0
$V_s > 500$ m/s	5 - 12 m



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$		
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$	

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.

Per le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z5) non è necessaria la valutazione quantitativa, in quanto è da escludere la costruzione su entrambi i litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo. Nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio. 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 situ 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 cinatismi 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, forniscono 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 letteratura³.

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

³ Crespellani T., 1991. La liquefazione del terreno in condizioni sismiche. Zanichelli, Bologna, pp 185 ed altre più recenti

Serie Ordinaria n. 50 - Giovedì 15 dicembre 2011

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 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' inoltre necessaria l'individuazione di 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. **475-codice provincia.zip** contenente, per ogni comune, 7 diversi accelerogrammi attesi caratterizzati dal periodo di ritorno di 475 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), per diverse litologie.

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