

CITTÀ di DOMODOSSOLA

Piano Regolatore Generale Comunale

Approvato con D.G.R. n. 26-6489 del 23 luglio 2007
e con DGR 40-7012 del 27 settembre 2007

Variante strutturale n. 01 al P.R.G.C.

Centro storico

(art. 17, c.4 della L.R. 56/77 e ss.mm.ii)

PROPOSTA TECNICA DI PROGETTO PRELIMINARE DI VARIANTE

ELABORATI SISMICI

Progettista della variante:

Arch. Paolo Tecchio

Dirigente dell'Area

Pianificazione Territoriale-Ambiente-Attività produttive

Aspetti geologici e sismici



Studio GeA Geologi Associati

Anna Cristina • Stefano Fardelli • Roberto Michetti

C.so Cairoli, 46 • 28921 Verbania Intra (VB)

Tel.: 0323516236 • Fax: 0323515962

E-mail: studiogea@fastwebnet.it • P.IVA: 01927120038

Geol. Roberto Michetti

Elab. Geo 1
Relazione geologico-tecnica

REGIONE PIEMONTE
Provincia del Verbano Cusio Ossola



INDICE

1. PREMESSA	1
2. ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE REGIONALE IN CHIAVE SISMOGENETICA	3
3. STORIA SISMICA DEL SITO E PERICOLOSITÀ SISMICA	7
4. CARTA GEOLOGICO-TECNICA: ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREALE	12
5. CARTA DELLE INDAGINI: MODELLO DEL SOTTOSUOLO	15
6. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)	17



1. PREMESSA

Nell'ambito della procedura per la predisposizione della propria Variante strutturale n.1 al PRGC vigente, il Comune di Domodossola ha affidato, con determinazione dirigenziale n.1246 del 28.12.2016, allo Studio GeA Geologi Associati, nella persona del sottoscritto, Dott. Geol. Roberto Michetti, il servizio per la redazione degli allegati tecnici relativi agli aspetti geologici e sismici necessari per l'adeguamento sismico della suddetta variante secondo i disposti della D.G.R. 64-7417 del 07.04.2014 e della D.G.R. 65-7656 del 21.05.2014.

In ottemperanza all'incarico ricevuto si è provveduto alla stesura della presente relazione geologico-tecnica, compilata ai sensi della D.G.R. n.4-3084 del 12-12-2011, così come integrata con successive D.G.R. n.7-3340 del 03.02.2012 e D.D. n.540 del 09.03.2012, e che illustra i risultati delle indagini di natura geologica, geomorfologica e della ricerca storica sui passati eventi sismici, condotte al fine degli approfondimenti corrispondenti al "livello 1" degli *"Indirizzi e criteri generali per gli studi di Microzonazione Sismica"* (ICMS), approvati con D.G.R. n.17-2172 del 13.06.2011, nella forma richiesta per i comuni compresi in "zona sismica 3" quali Domodossola (cfr. D.G.R. n.11-13058 del 19/01/2010).

In termini generali (cfr. D.D. N.540 del 09.03.2012), lo studio di Microzonazione Sismica fornisce una base conoscitiva circa le condizioni geologiche locali in grado di modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso, al fine di determinare gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio sismico a varie scale; in particolare, il livello 1 di Microzonazione Sismica risulta propedeutico a studi approfonditi di microzonazione poiché consistente di raccolta ed elaborazione di dati geologici geomorfologici, stratigrafici e sismici preesistenti, allo scopo di suddividere il territorio in zone qualitativamente omogenee (cfr. ICMS).

Nello specifico la Microzonazione Sismica individua e caratterizza le tre seguenti zone:

- *zone stabili* nelle quali non sono prevedibili significative modifiche dello scuotimento atteso dagli studi di pericolosità di base;
- *zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico* nelle quali, causa la tipologia dei terreni presenti, si attendono fenomeni di amplificazione dello scuotimento;
- *zone suscettibili di instabilità* nelle quali sono possibili deformazioni permanenti innescati dall'evento sismico (liquefazione, innalzamenti/abbassamenti di natura tettonica, instabilità di versante, ecc.).

Tale studio ha preso in considerazione non solo la zona oggetto di Variante Strutturale, corrispondente al nucleo storico di Domodossola, ma un più vasto areale significativo, sotto l'aspetto geologico, per quanto riguarda la determinazione delle condizioni sismiche locali.



La presente relazione geologico-tecnica illustrativa riassume le principali caratteristiche geologiche regionali e locali, utili allo studio finalizzato alla prevenzione del rischio sismico, descrive la storia sismica del territorio in esame ed illustra i seguenti elaborati cartografici, parte integrante del lavoro svolto:

Geo 2 - Carta delle indagini, scala 1:5.000;

Geo 3 - Carta geologico tecnica, scala 1:5.000;

Geo 4 - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), scala 1:5.000.



2. ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE REGIONALE IN CHIAVE SISMOGENETICA

Ai sensi della vigente normativa nazionale inerente la pericolosità sismica (OPCM n.3274 del 20.03.2003 e s.m.i.) ed in particolare nell'ambito della redazione della mappa di pericolosità sismica, è stata pubblicata nel 2004, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), una zonazione sismogenetica dell'area italiana (denominata ZS9, cfr. figura 1) basata sul modello geodinamico e sismotettonico della penisola elaborato negli anni '90 e tuttora ritenuto valido, ma aggiornata in considerazione dei dati forniti dal recente catalogo sismico e dalle migliori conoscenze circa la geometria delle sorgenti sismogenetiche.

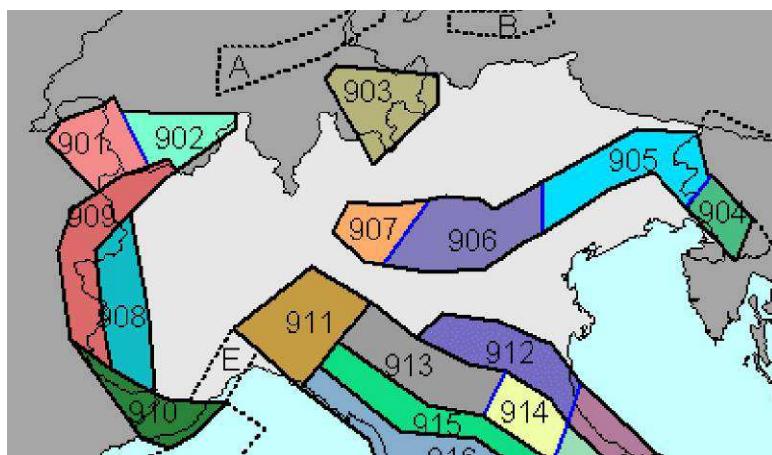


Figura 1 – Zonazione sismogenetica ZS9: stralcio dell'areale dell'Italia settentrionale.

Da tale rappresentazione si osserva come la zona sismogenetica che si riverbera sul territorio comunale di Domodossola sia la 902, corrispondente alle sorgenti sismogenetiche vallesane.

Si tratta di una sorgente sismogenetica composita situata a cavallo tra la Val d'Ossola occidentale e il confine sud-occidentale della Svizzera, ed appartiene al sistema di faglie normali del Vallese; la zona è priva di caratteristiche di compressione attiva e come tale non appare direttamente interessato dalla convergenza Africa-Europa.

Cataloghi storici e dati strumentali mostrano numerosi terremoti nel *range* di magnitudo compresa tra 4.5 e 5.0, con quattro eventi principali:

- 25 luglio 1855 (Mw 6.2) Stalden-Visp;
- 25 gennaio 1946 (Mw 5.8±0.15) Sierre;
- aprile 1524 (Mw 5.8) Ardon;
- 9 dicembre 1755 (Mw 5.7) Brig-Naters.

Il dominio Pennidico vallesano è dominato a larga scala da tettonica di tipo estensionale (cfr. figura 2), evidenza supportata dall'analisi dei meccanismi focali dei terremoti e da dati geodetici (Delacou et al., 2008); in particolare si ipotizzano faglie sismogenetiche normali con asse di massima distensione posto ad alto angolo rispetto alla direzione della catena (cfr. figure 3 e 4).

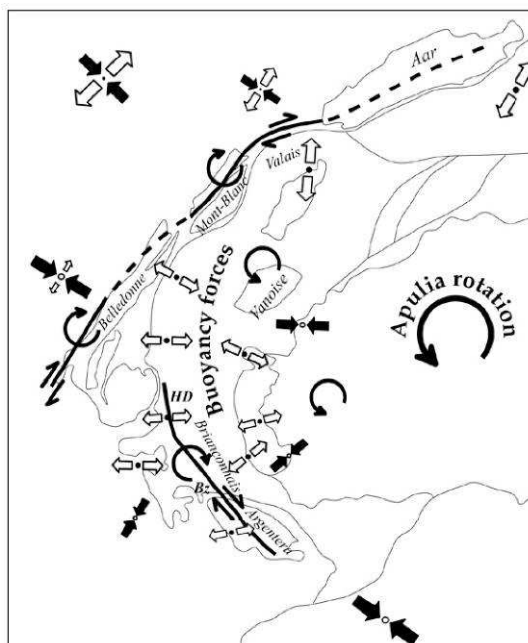


Figura 2

Modello tettonico delle Alpi Occidentali: si noti il prevalere della tettonica distensiva nelle parti interne e di quella compressiva nelle porzioni esterne della catena (Delacou et al., 2008).

Nelle aree alpine la presenza di regioni in cui si osserva prevalenza di regime estensionale è ben correlata con le zone della catena che presentano maggiore spessore crostale, come mostrato dal confronto con le anomalie di Bouguer e la topografia media della catena; queste osservazioni sommate alle analisi dei meccanismi focali dei terremoti (e al campo di sforzo e deformazione da esse ricavato) supportano un modello geodinamico delle Alpi occidentali nel quale la presente attività sismica è principalmente il risultato di azioni di riequilibrio gravitativo.

In sostanza la forza di gravità tende ad equilibrare la catena montuosa bilanciando l'energia potenziale gravitativa tra il nucleo della catena, caratterizzato da maggiore spessore crostale, e il suo margine; in tale ipotesi ci si attende tettonica distensiva nelle parti interne della catena e sforzi compressivi (transpressivi) ai bordi esterni: la risposta isostatica a tale riequilibrio sarà il sollevamento del nucleo della catena con correlate anomalie di Bouguer negative, come osservabile nell'area vallesana (Delacou et al., 2004).

Ne consegue che alla luce dei recenti studi sismotettonici a larga scala (Delacou et al., 2008), nessun effetto diretto della convergenza Africa-Europa può essere identificato nella catena alpina occidentale, in quanto il campo di sforzi appare prevalentemente controllato da tensioni locali dovute a forze di natura gravitativa.

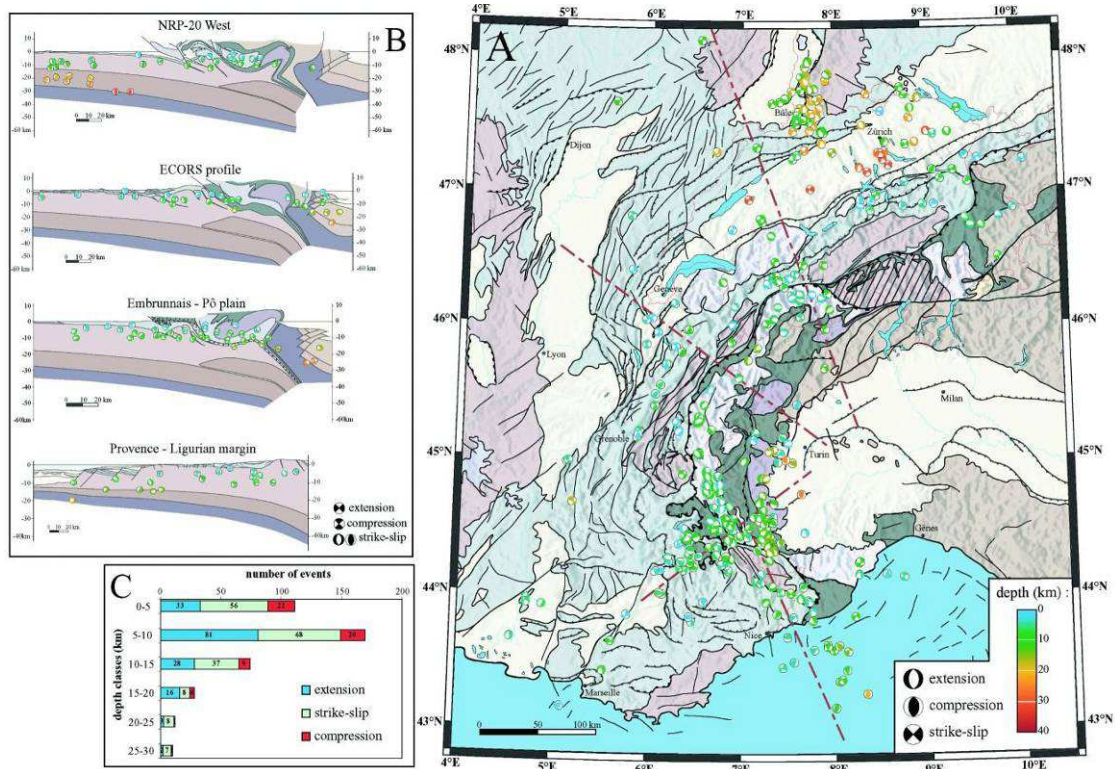


Figura 3

Carta sismotettonica delle Alpi Occidentali che mostra i meccanismi focali in corrispondenza delle principali strutture (Delacou et al., 2004).

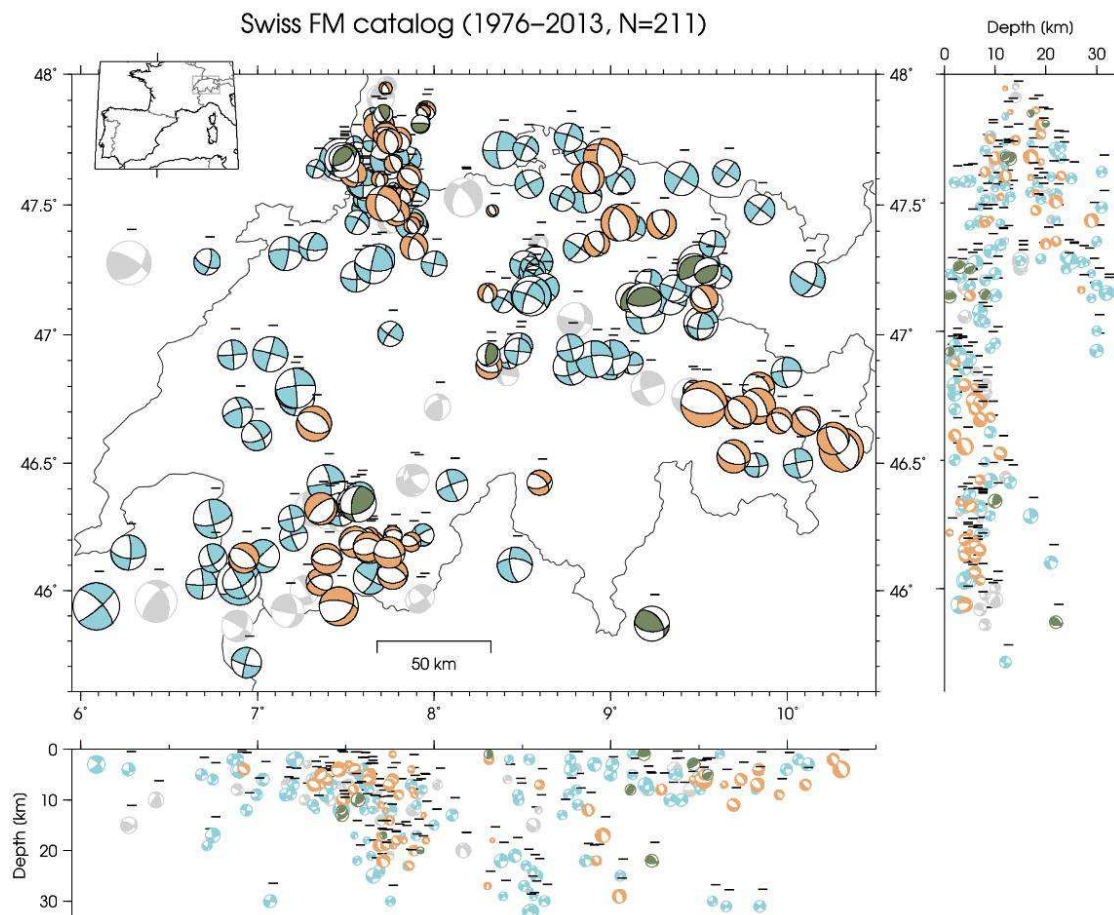


Figura 4

Meccanismi focali di 211 sismi svizzeri tra il 1976 e il 2013 (Arancione: faglie normali, azzurro: faglie trascorrenti, verde: faglie inverse).



Altre informazioni circa la zona sismogenetica vallesana sono reperibili nel DISS (*Database of Individual Sismogenetic Sources*) compilato dall'INGV (cfr. figura 5 e tabella 1).

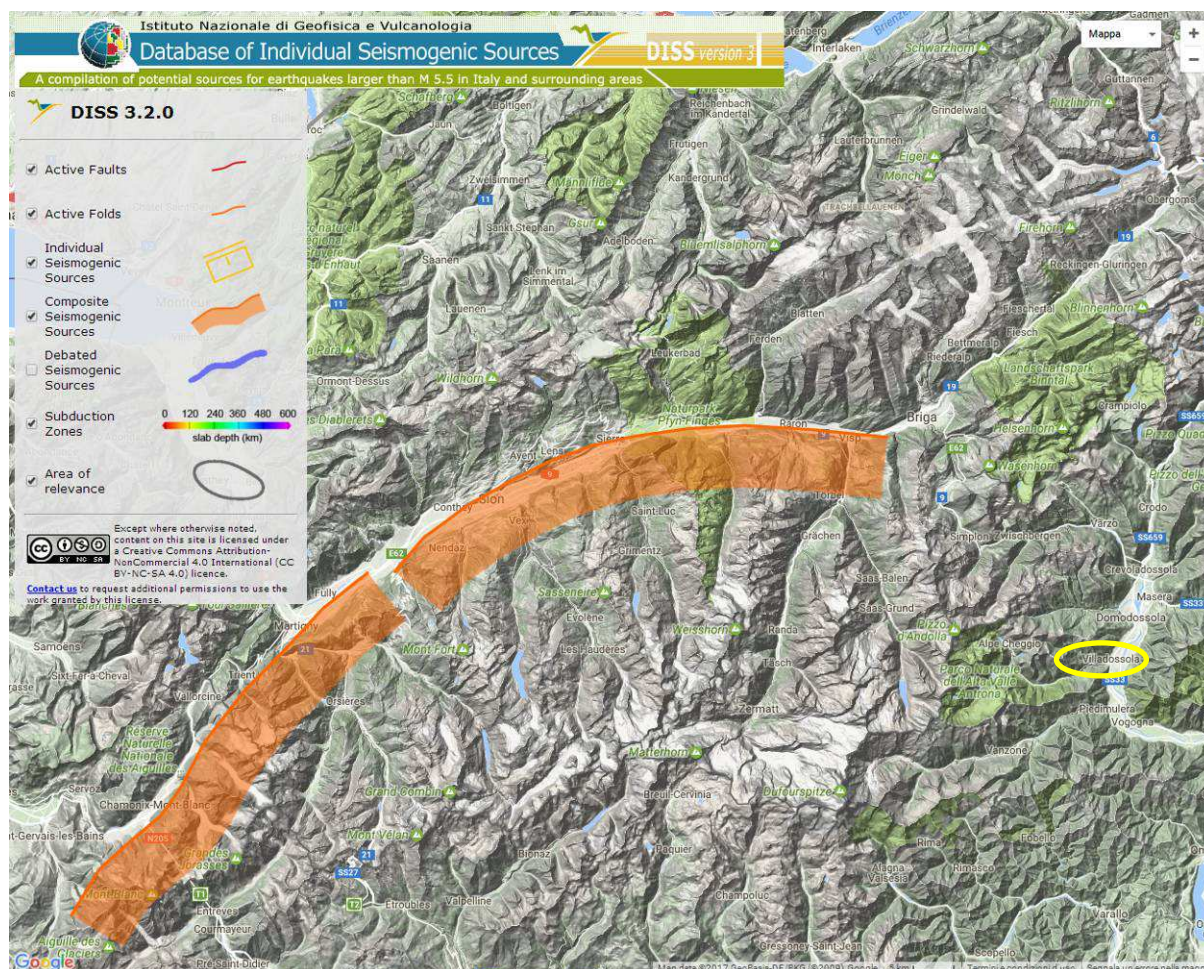


Figura 5 – Localizzazione della sorgente sismogenetica vallesana (da DISS).

Minima profondità (km)	3.0
Massima profondità (km)	15.0
Direzione (min, max)	45°÷90°
Inclinazione (min, max)	50°÷85°
Rake (rigetto angolare) (min, max)	180°÷230°
Massima Magnitudo (Mw)	6.4

Tabella 1 – Parametri sismici della sorgente sismogenetica vallesana derivati da dati e considerazioni sismologiche presenti in letteratura (da DISS).



3. STORIA SISMICA DEL SITO E PERICOLOSITÀ SISMICA

La pericolosità sismica dell'areale occidentale ossolano è quindi funzione dell'attività sismotettonica vallesana, caratterizzata da terremoti di bassa profondità (tra 3 e 15 km) dovute a faglie normali.

Relativamente alla sismicità di Domodossola il Database Macrosismico Italiano aggiornato al 2015 (DBMI15) individua venti segnalazioni (cfr.figura 6) di terremoti con effetti per l'abitato di Domodossola:

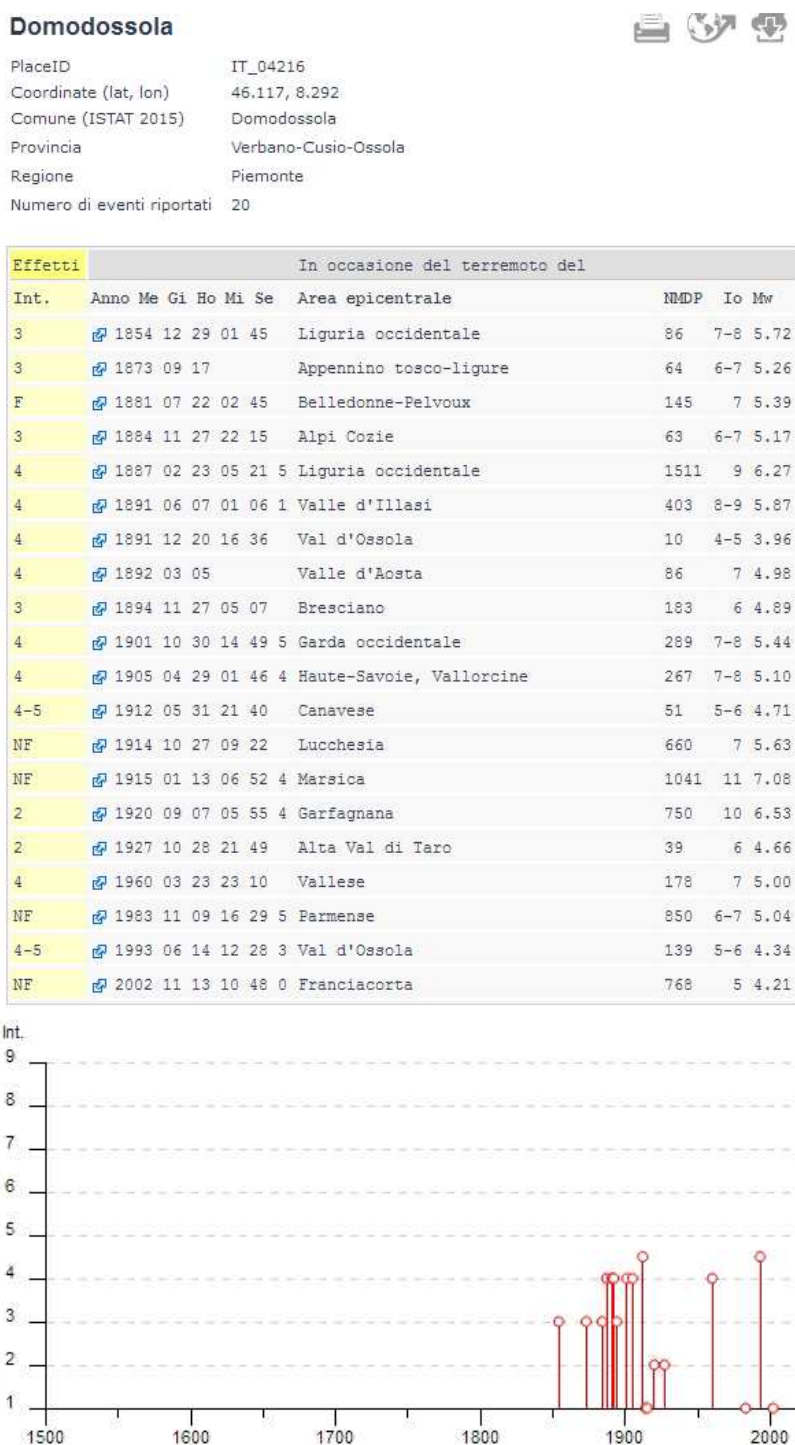


Figura 6 – Sismi con effetti sul territorio di Domodossola (da DBMI15).



Le massime intensità macrosismiche sono comprese tra 4 e 5 in occasione del terremoto del 14 giugno 1993 con magnitudo momento (Mw) di 4.34, ed epicentro lungo le alture a sud di Rumianca (Pieve vergonte), come si evince dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani aggiornato al 2015 (figura 7).

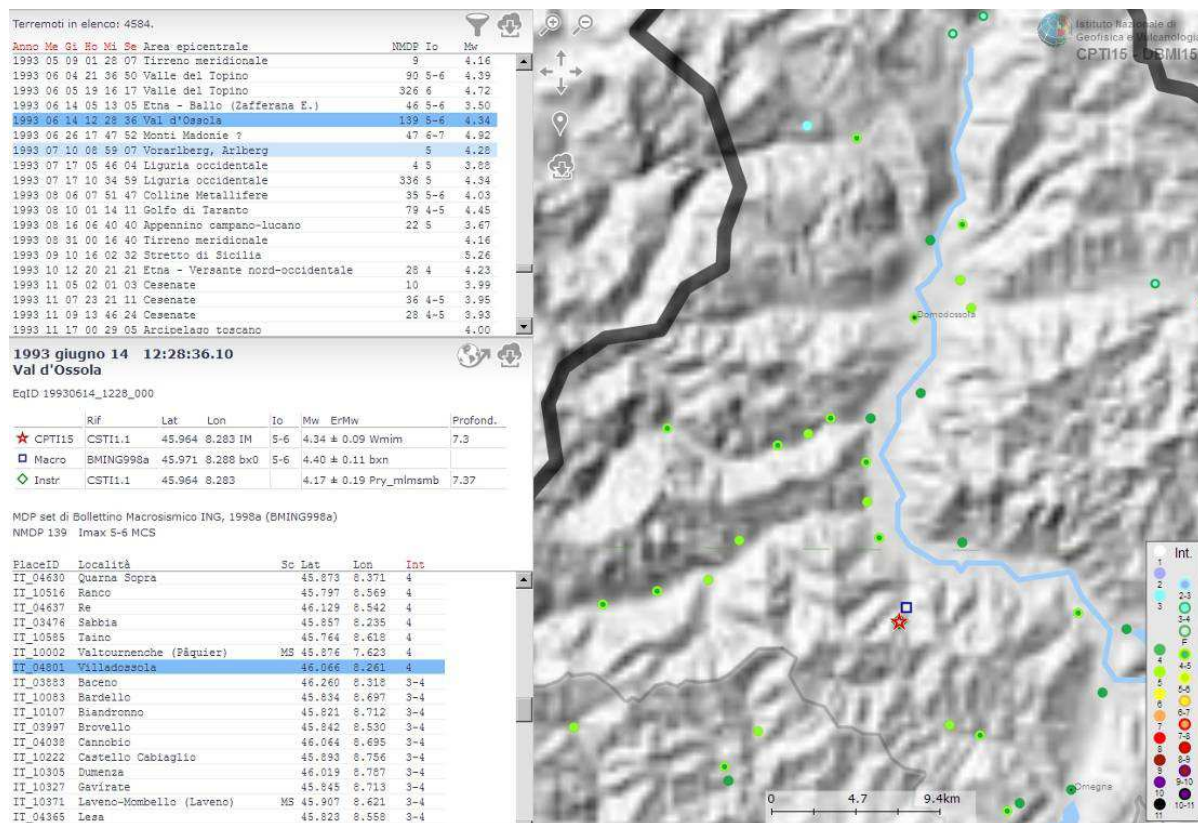


Figura 7 – Epicentro ed intensità macrosismiche del terremoto del 14 giugno 1993 (da CPTI15).

Da notare infine come per Domodossola non si abbia notizia di effetti a seguito dei principali terremoti vallesani del 1755, 1855 e 1946 con magnitudo momento variabili tra 6.2 e 5.7.

Per determinare la pericolosità sismica locale è necessario partire dalla pericolosità sismica di base; quest'ultima è definibile come la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipologia e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti).

La pericolosità sismica di base determina con modalità probabilistiche i valori di parametri quali velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza che caratterizzano una data area in un fissato periodo di tempo; i suddetti parametri descrivono lo scuotimento prodotto da un terremoto di riferimento, ossia un sisma agente su un suolo rigido infinitamente esteso.

Gli studi in funzione della pericolosità sismica di base hanno portato alla classificazione sismica del territorio nazionale, punto di partenza per individuare azioni di mitigazione del rischio sismico e determinare la pericolosità sismica locale (cfr. O.P.C.M. N.3274/2003 e O.P.C.M. N.3519/2006).



La zonizzazione del territorio nazionale in aree omogenee sotto il profilo sismico è espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di accadimento del 10% in 50 anni secondo lo schema seguente:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g)
1	$> 0,25$	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	$< 0,05$	0,05

Figura 8

Definizione delle diverse zone sismiche di cui all'allegato 1.A O.P.C.M. N.3519/2006.

Sulla base di tali criteri, con la citata D.G.R. n.11-13058 del 19/01/2010. e successiva D.G.R. n.4-3084 del 12.12.2011, la Regione Piemonte ha aggiornato e adeguato l'elenco delle zone sismiche con riclassificazione di tutti i Comuni (cfr. figura 9); il Comune di Domodossola è posto in "zona 3", considerata "a basso rischio sismico".



Figura 9

Estratto da D.G.R. N.4-3084 del 12.12.2011: classificazione dei Comuni piemontesi. Il Comune di Domodossola è posto in zona 3.



L'analisi della pericolosità sismica di base a scala comunale è finalizzata all'identificazione dell'evento sismico di riferimento; la normativa tecnica di riferimento prevede, a tale scopo, il ricorso alla metodologia di disaggregazione della componente a_g , operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità del sito.

La disaggregazione permette di ricavare tre parametri che caratterizzano il terremoto di riferimento:

- la magnitudo massima attesa (M);
- la distanza media degli epicentri dell'evento di riferimento (R);
- la deviazione standard dalla mediana dal valore di scuotimento (ε).

In pratica, il processo di disaggregazione permette la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità sismica del sito fornita dalle possibili copie di valori di magnitudo e distanza, consentendo di definire l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito di interesse che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica.

La disaggregazione viene effettuata mediante l'applicativo webgis fornito dall'INGV.

Di seguito (figura 11) si riporta il grafico di disaggregazione di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, valutato in un punto baricentrico del territorio comunale in esame, secondo la maglia di riferimento INGV (figura 10) e la tabella da cui sono stati estrapolati i valori medi di magnitudo e distanza che caratterizzano l'evento sismico di riferimento.

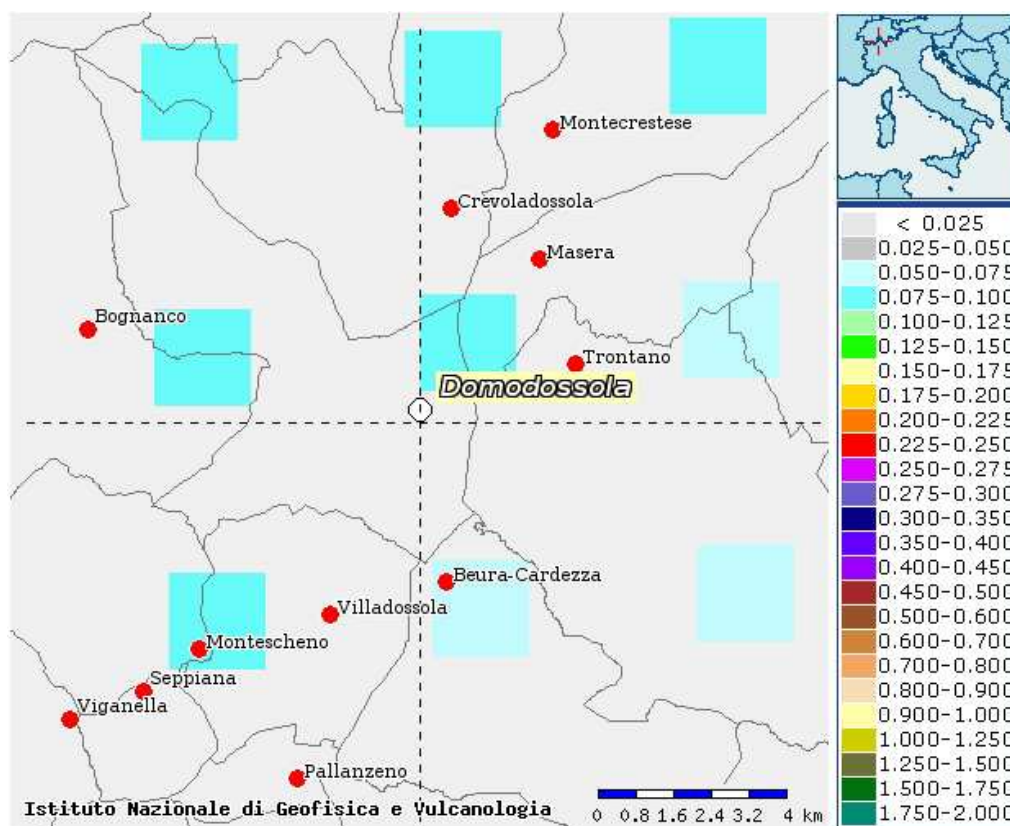


Figura 10 – Maglia di aree con valori omogenei di accelerazione a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (da INGV).

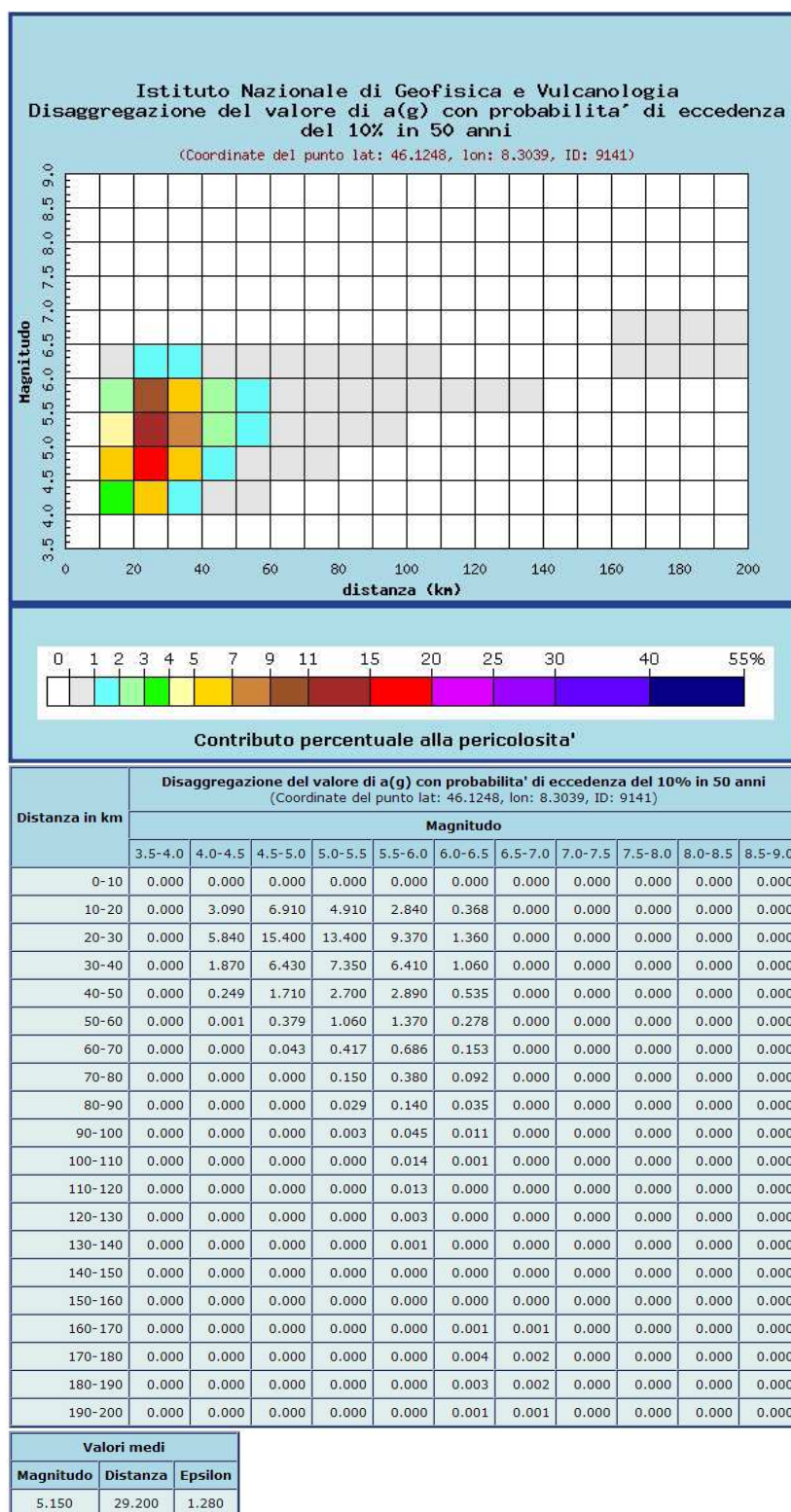


Figura 11 – Grafico distanza-magnitudo e tabella di disaggregazione del valore di a_g .

Il valore medio della magnitudo M dell'evento sismico di riferimento risulta maggiore di 5, pertanto nel territorio comunale di Domodossola non si può escludere la verifica locale alla liquefazione dei terreni sabbiosi in falda (cfr. successivo capitolo 6).



4. CARTA GEOLOGICO-TECNICA: ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREALE

La carta geologico tecnica (elaborato GEO 3) ha riguardato l'areale geologicamente significativo in funzione della microzonazione sismica: in particolare, è stato preso in considerazione principalmente il conoide del T. Bogna, entro cui è localizzata l'area in variante, e le zone che le delimitano, ossia versanti montani sui lati sud occidentale e nord occidentale e piana fluviale verso est.

Per la stesura della carta geologico tecnica sono state consultate anche le seguenti cartografie geologiche:

- *Schema geologico-strutturale dell'area Val d'Ossola-Sempione*, A. Colombo et al., 2006;
- *Carte tectonique des Alpes de Suisse Occidentale*, Steck et al., 1999;
- *P.R.G.C. Comune di Domodossola: cartografia geologica* a cura del Dott. Geol. Francesco D'Elia, 2005.

Il versante che circoscrive il conoide alluvionale si sviluppa su substrato roccioso polimetamorfico costituito dal basamento cristallino pre-alpino di epoca Varisica frequentemente intruso da parecchi corpi granitoidi, sottoposto a metamorfismo di origine alpina, legato cioè ai processi di formazione della catena alpina.

Il sistema di falde alpine è a sua volta suddiviso in vari domini strutturali: nell'areale indagato sono presenti rocce appartenenti al Pennidico Superiore, *Zona Moncucco-Orselina-Isorno* che mostra le seguenti caratteristiche litologiche:

- *Zona Moncucco-Orselina-Isorno*: unità prevalentemente composta da rocce metasedimentarie (paragneiss e micascisti) con intercalati sia corpi metagranitici (ortogneiss) e sia passate di metasedimenti e metavulcaniti (paragneiss a bande anfibolitiche).

Il substrato roccioso descritto precedentemente è ricoperto da coltri e sedimenti di varia natura e spessore di età quaternaria (Pleistocene superiore-Olocene); essi riflettono l'evoluzione morfologica e paleoambientale degli ultimi 120.000 anni che ha visto l'alternarsi di fasi di espansione e ritiro delle masse glaciali pleistoceniche che, anche nella fase di ultima massima espansione (*Last Glacial Maximum*), coprivano completamente la superficie appartenente al territorio comunale, alle quali sono seguite la formazione della piana fluviale e del conoide del T. Bogna.

Nel complesso le coperture rilevabili nel territorio comunale appaiono sostanzialmente di cinque tipi:

- coperture date da coltri colluviali e/o depositi di limitato spessore;
- depositi glaciali o fluvioglaciali;
- depositi di conoide alluvionale torrentizio;
- depositi alluvionali fluviali del F. Toce;
- depositi antropici.



Coperture date da coltri colluviali e/o depositi di limitato spessore

Diffuse soprattutto lungo le fasce spondali torrentizie ad elevata acclività, sono costituite da coltri colluviali prodotte dal rimaneggiamento delle coltri eluviali e delle porzioni superficiali del substrato roccioso ad opera delle acque ruscellanti e dal conseguente deposito o da depositi di natura glaciale caratterizzati da spessore molto limitato (non superiore a 3 m). Nella cartografia geologica, visto lo spessore ridotto, esse corrispondono al substrato roccioso subaffiorante.

Depositi glaciali o fluvioglaciali

I sedimenti glaciali e fluvioglaciali appaiono sporadicamente diffusi lungo il versante montano; i depositi glaciali sono costituiti da diamicton a supporto di matrice sabbiosa fine o sabbioso-limosa o a supporto di clasti poligenici ed eterometrici con limitata percentuale di clasti alterati (probabili till di ablazione).

I depositi fluvioglaciali sono stati originati durante le varie fasi di ritiro delle lingue glaciali dall'azione di trasporto e deposito dei torrenti proglaciali presenti alla fronte dei ghiacciai stessi. Sono costituiti da ghiaie ciottolose a selezione discreta, talora stratificati con clasti poligenici subarrotondati, e matrice sabbiosa o sabbioso-limosa talvolta presente.

Lo spessore di tali sedimenti, deducibile da rari affioramenti e dalla presenza di affioramenti rocciosi, è generalmente modesto ed inferiore a 3 m; pertanto vengono cartografati con tale dicitura solo le porzioni con spessore ipotizzabile maggiore di 3 m, riconducibili in sostanza ai sedimenti dell'areale di Maggianigo dove sono osservabili con maggiore continuità.

È comunque necessario sottolineare come la stima dello spessore dei depositi glaciali e fluvioglaciali così cartografati sia soggetta a notevole incertezza a causa della naturale irregolarità del processo di deposizione e della mancanza di riscontri diretti sottoforma di indagini geognostiche.

I depositi glaciali e fluvioglaciali sono moderatamente addensati e generalmente non sono sede di falda freatica.

Depositi di conoide alluvionale torrentizio

L'esteso edificio conoidale ascrivibile all'attività deposizionale del T. Bogna (per un'area di oltre 5.2 km²) ospita il nucleo storico e la porzione principale dell'abitato di Domodossola.

I depositi del conoide alluvionale sono costituiti nelle parti apicali da ghiaie grossolane con ciottoli e blocchi di dimensione massima da pluridecimetrica a metrica, con frazione sabbiosa sempre presente, clast supported e selezione bassa; procedendo verso la porzione medio-distale ha luogo una graduale diminuzione della percentuale di ciottoli e blocchi pluridecimetrici; gli stessi tendono velocemente a scomparire nel tratto distale verso lo sbocco nel F. Toce con progressivo aumento della frazione sabbiosa.

I sedimenti di conoide torrentizia del T. Bogna mostrano basso grado di addensamento, soprattutto nelle porzioni superficiali e spessori da plurimetrici nella zona apicale, a pluridecametrici.

La superficie freatica ha generalmente soggiacenza inferiore ai 15 m.



Depositi alluvionali fluviali

Costituiscono la piana fluviale del F. Toce; si tratta prevalentemente di sabbie, sabbie ghiaiose e sabbie limose; i rapporti stratigrafici tra i sedimenti fluviali e i depositi che costituiscono il conoide torrentizio del T. Bogna sono di tipo eteropico (caratterizzati cioè da alternanze di livelli di depositi torrentizi chiusi, aventi continuità orizzontale limitata ed estensione molto variabile interdigitati nei depositi fluviali generalmente di granulometria inferiore), con possibile presenza di superfici di discontinuità stratigrafica di natura erosiva determinata dall'azione torrentizia.

Si tratta di terreni da sciolti a poco addensati, con spessori plurimetrici e pluridecametrici e superficie freatica localizzata nei sedimenti fluviali a profondità minore di 15 m.

Depositi antropici

Nel territorio esaminato sono presenti terreni di riporto utilizzati per rilevati e riquotature diffusi soprattutto nell'area industriale a valle della ferrovia; dalla cartografia geologica allegata al P.R.G.C. vigente si evince che tali depositi sono costituiti principalmente da materiale grossolano.

Circa gli aspetti idrogeologici, sono state riportate in cartografia le linee isopiezometriche ricavate dalla *Carta Freatimetrica e Idrografia Superficiale* allegata all'*Indagine idrogeologica per la delimitazione delle fasce di rispetto del pozzo comunale "Muraccio"* a cura del Dott. Geol. Francesco D'Elia; come specificato nel medesimo lavoro, l'assenza di pozzi all'interno del conoide del T. Bogna, soprattutto nelle porzioni medio apicali, è da considerarsi un fattore molto penalizzante per quanto concerne una affidabile ricostruzione dell'andamento delle isopieze della falda freatica, che pertanto è stato effettuato mediante interpolazione geometrica dei dati disponibili relativi ad opere di captazione disposte a notevoli distanze le une dalle altre.



5. CARTA DELLE INDAGINI: MODELLO DEL SOTTOSUOLO

L'elaborato GEO 2: "Carta delle indagini", riporta secondo la simbologia introdotta dagli Standard di microzonazione sismica le seguenti tipologie di indagini geognostiche e geofisiche:

- localizzazione e colonnine stratigrafiche ricavabili dalle perforazioni finalizzate alla realizzazione di pozzi per acqua, principalmente disposti sia a sud del conoide torrentizio all'interno dei sedimenti fluviali, sia limitrofi alla sponda sinistra del Torrente Bogna in posizione distale; fanno eccezione il pozzo idropotabile denominato "Muraccio" ubicato in apice di conoide (PA8 zona Ponte Caddo), il pozzo per acqua PA9 in sinistra del T. Bogna in località Mocogna, e il pozzo geotermico PA10 posto nel centro storico di Domodossola;
- localizzazione e stratigrafia derivanti da sondaggi geognostici di profondità massima pari a 15 m disposti nelle vicinanze dell'asta del F. Toce; solo i sondaggi S7 ed S8 interessano rispettivamente la porzione medio distale e medio marginale del conoide del T. Bogna;
- localizzazione di indagini geofisiche tipo MASW e REMI concentrate nelle porzioni marginali del conoide del T. Bogna.

La ricostruzione del modello del sottosuolo e dell'assetto litostratigrafico dei terreni che costituiscono il conoide del T. Bogna è stata pertanto effettuata a partire dai dati geognostici ricavabili dalle indagini prima elencate.

I dati derivanti dalle perforazioni esaminate mostrano la presenza di consistenti spessori (almeno 40 m anche in posizione media del conoide, come dal pozzo PA10) di ghiaie grossolane con ciottoli e variabile percentuale di blocchi e di matrice sabbiosa che costituiscono l'imponente edificio conoidale del T. Bogna; in corrispondenza della porzione distale del conoide si osserva nei sondaggi un generale aumento della frazione sabbiosa.

Il pozzo PA8, localizzato nel settore apicale del conoide, presenta substrato roccioso a profondità di circa -14 m dal p.c.: si tratta dell'unica indagine disponibile che ha raggiunto il substrato roccioso.

Come accennato nel precedente capitolo, la soggiacenza della superficie freatica nel conoide del T. Bogna è stimabile principalmente attraverso considerazioni geometriche più che idrogeologiche a causa della scarsità di pozzi all'interno del conoide; di fatto tra le indagini raccolte, sono presenti solo il pozzo geotermico PA10 e il sondaggio geognostico S8 in ambito della porzione medio distale del conoide: durante la loro perforazione il livello freatico è stato rilevato rispettivamente a circa 11 e 15 m dal p.c., dati coerenti con l'andamento stimato delle isopiezometriche riportate nell'elaborato Geo 3: "Carta geologico tecnica".



Pertanto si può ritenere che mediamente la falda freatica possa attestarsi a profondità minore di 15 m dal p.c..

Nella piana fluviale la soggiacenza della stessa si riduce in media a pochi metri (da -1.5 m a circa -5 m dal p.c.).

I valori di V_{s30} ricavati dalle indagini geofisiche MASW, realizzate all'interno del conoide alluvionale del T. Bogna, sono compresi tra 411 e 460 m/s, mentre quelli derivanti da indagini di tipo REMI mostrano una variabilità tra 423 e 475 m/s, con valore di 460 m/s per lo stendimento realizzato lungo via Gramsci in adiacenza all'area in variante.

I risultati delle indagini geofisiche disponibili indicano quindi un sottosuolo di categoria B (cfr. figura 12).

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		$v_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT,30}$ (colpi/30 cm)	$c_{u,30}$ (kPa)
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.	> 800	-	-
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti 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).</i>	360 - 800	> 50	> 250
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 da valori di $v_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	180 - 360	15 - 50	70 - 250
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 da valori di $v_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_u < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	< 180	< 15	< 70
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $v_{s,30} > 800$ m/s).			
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 spesso almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 metri di torba o di argille altamente organiche.	< 100	-	10 - 20
S2	Depositi di terreno suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

Figura 12

Categorie di sottosuolo (cfr. "Norme tecniche per costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008, punto 3.2.2).



6. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

L'elaborato GEO 4: "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)" è stata realizzata in funzione dei dati e delle considerazioni a carattere geologico, stratigrafico e geomorfologico esposte nei capitoli precedenti.

Secondo quanto disposto dagli *Indirizzi e criteri generali per gli studi di Microzonazione Sismica (ICMS)*, l'areale analizzato, comprendente anche la zona oggetto di variante strutturale, è stato suddiviso in:

1. zone suscettibili di amplificazioni locali;
2. zone suscettibili di instabilità.

Le *Zone suscettibili di amplificazioni locali* individuate, entro le quali si colloca l'area in variante, corrispondono al conoide alluvionale torrentizio del T. Bogna, prevalentemente costituito da sedimenti grossolani (ghiaie con ciottoli e variabili percentuali di blocchi e sabbie) con spessori massimi ipotizzabili non inferiori a 40 m in corrispondenza della zona del centro storico di Domodossola collocata in posizione medio distale dell'edificio conoidale, con superficie freatica mediamente a profondità inferiori a 15 m.

Le *Zone suscettibili di instabilità*, posizionate esternamente all'area in variante, corrispondono alla piana fluviale del F. Toce, costituite in prevalenza da terreni sabbiosi e sabbioso ghiaiosi con superficie della falda freatica posta a profondità inferiore a 15 m.

La liquefazione dei terreni a seguito di un terremoto può avere luogo, secondo la letteratura specifica, al verificarsi contemporaneamente delle seguenti condizioni riguardanti sia i terreni presenti sia la scossa sismica:

- presenza di sabbie sciolte ($D_r < 60$) a profondità inferiori a 15÷20 m da p.c.;
- superficie freatica a profondità <15 m da p.c.;
- omogeneità granulometrica dei terreni ($0,02 \text{ mm} < d_{50} < 2 \text{ mm}$);
- percentuale di terreni fini (con diametro <0.05 mm) inferiore al 15%;
- magnitudo del sisma >5;
- accelerazione massima al suolo >0.15g;
- scuotimento con durata > 15-20 s.

Benché la cartografia nazionale preveda per il territorio comunale di Domodossola valori di accelerazione massima al suolo non superiori a 0.1g, l'evento sismico di riferimento individuato al capitolo 4 presenta magnitudo di 5.15, quindi maggiore di 5.



Poiché le caratteristiche elencate dei terreni possono essere contemporaneamente presenti nei depositi alluvionali fluviali, sarà necessario rimandare alle fasi progettuali dei singoli interventi edilizi l'individuazione di un piano di indagini per la verifica quantitativa, secondo la normativa tecnica vigente (D.M. 14.01.2008), del potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione.

Verbania, maggio 2017

Roberto Michetti
geologo