

## COMUNE DI MONASTEROLO DI SAVIGLIANO

(APPROVATO CON D.G.R. N. 22-16143 DEL 27/01/1997)

### VARIANTE 2012

(ai sensi dell'art. 31 ter, L.R. 56/77 e s.m.i.)

## RELAZIONE E NORMATIVA GEOLOGICA

#### DOCUMENTO PROGRAMMATICO

APPROVATO CON D.C. NR. 32 DEL 21/12/2012

#### PROGETTO PRELIMINARE

(parere ai sensi D.P.R. 380/01, art. 89 e L.R. 56/77 e s.m.i., art. 31ter, reso da Regione Piemonte con nota prot. 17371 D.B. 14/29 del 31/03/2014)

ADOTTATO CON D.C. NR. 01 DEL 7/04/2014

CONTRODEDUZIONI ADOTTATE CON D.C. NR. 32 DEL 29/09/2014

#### PROGETTO DEFINITIVO

APPROVATO CON D.C. NR. 01 DEL 30/03/2015

Sindaco:

Segretario Comunale:

Responsabile del Procedimento:

#### PROGETTO

Società di ingegneria tautemi associati s.r.l.

Presidente: Giacomo DOGLIO

Amministratore Delegato: Andrea MARINO

Direttore tecnico

Arch. Alberto BOCCACCI

Progettista

Arch. Fabio GALLO

STUDIO GEOLOGICO COSTAGLI

Via Pedona 5 12100 Cuneo

Tel. & fax 0171 491644

geologocostagli@tin.it

Il geologo incaricato: **dott. Orlando COSTAGLI**

Marzo 2015



Il centro abitato di Monasterolo di Savigliano, anno 2012

## **PARTE PRIMA**

1. PREMESSA
2. ASPETTI METODOLOGICI
3. PERICOLOSITA' SISMICA
4. DATI GEOFISICI GENERALI DEL TERRITORIO COMUNALE
5. SISMICITA' DELL'AREA
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO
7. IDROGEOLOGIA
8. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO
9. VALUTAZIONE OCCORRENZA FENOMENI DI LIQUEFAZIONE
10. RETICOLO IDROGRAFICO

## **PARTE SECONDA: NORMATIVA**

Elaborati cartografici:

Tav. 1	CARTA DELLE INDAGINI - MS, scala 1:5.000.
Tav. 2	CARTA GEOLOGICO-TECNICA DEL TERRITORIO COMUNALE, scala 1:10.000.
Tav. 3	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA - MOPS, scala 1:5.000.

PARTE PRIMA

**RELAZIONE**

## 1. PREMESSA

Il vigente P.R.G. di Monasterolo di Savigliano è stato approvato con Deliberazione della Giunta Regionale 18/07/05, n.17-494 e pubblicato sul BUR n.30 del 28/07/05. Contiene, tra l'altro, la documentazione geologico-tecnica, redatta ai sensi della Circolare PGR n.7/LAP dal dott. geol. G.M. Asselle, finalizzata all'adeguamento dello strumento urbanistico al PAI.

L'elenco degli elaborati geologici è il seguente:

- All. A - Relazione geologico-tecnica
- Schede monografiche di sintesi
- Tav. I - Carta geomorfologica e di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, in scala 1:10.000
- Tav. II - Carta geoidrologica e della caratterizzazione litotecnica dei terreni, in scala 1:10.000

Con D.G.R. 12/12/2011, n. 4-3084:

- *Approvazione delle procedure - Allegato A Procedure di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico.*

la Giunta Regionale ha recepito la nuova classificazione sismica del territorio piemontese, individuata con D.G.R. 19/01/2010, n.11-13058:

- *Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n.3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)*

Dal punto di vista legislativo si richiama la D.G.R. 13/06/2011 n.17-2172, in cui sono individuati, in via preliminare, indirizzi ed i criteri generali per gli studi di microzonazione sismica, alla quale fa seguito la D.D. n.540 del 9/03/2012:

- *Definizione delle modalità attuative in riferimento alle procedure di gestione e controllo delle attività Urbanistiche ai fini della prevenzione del rischio sismico, approvate con DGR n. 4-3084 del 12.12.2011.*

La menzionata D.D. ha approvato l'allegato A:

- *Indirizzi regionali per la predisposizione degli studi finalizzati alla prevenzione del rischio sismico negli strumenti di pianificazione.*

che definisce le modalità per la predisposizione degli studi finalizzati alla prevenzione del rischio sismico a supporto degli strumenti urbanistici generali e loro varianti generali e strutturali dei Comuni compresi nelle zone sismiche 3S e 3, come individuati negli elenchi di cui ai punti 1.1 e 1.2 della D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011. L'Allegato **A** richiede che gli studi a corredo degli strumenti urbanistici dovranno comprendere una specifica indagine di Microzonazione Sismica, con approfondimenti corrispondenti al Livello 1 degli *“Indirizzi e criteri generali per gli studi di Microzonazione Sismica” (ICMS)*, ai sensi dell'art. 89 del D.P.R. 380/2001:

- *Tutti i comuni nei quali sono applicabili le norme di cui alla presente sezione e quelli di cui all'articolo 61, devono richiedere il parere del competente ufficio tecnico regionale sugli strumenti urbanistici generali e particolareggiati prima della delibera di adozione nonché sulle lottizzazioni convenzionate prima della delibera di approvazione, e loro varianti ai fini della verifica della compatibilità delle rispettive previsioni con le condizioni geomorfologiche del territorio.*

La Microzonazione Sismica (**MS**) rappresenta uno strumento di riconosciuta validità per analizzare la pericolosità sismica locale, orientare le scelte nell'ambito della pianificazione territoriale e gestire l'emergenza.

La MS ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande (scala comunale o sub comunale) le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

Per MS s'intende la *“valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo. In sostanza la MS individua e caratterizza le zone stabili, le zone stabili suscettibili d'amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili d'instabilità”*.

È da tempo noto che le condizioni locali dei terreni di fondazione condizionano in modo importante gli effetti del terremoto. Già un secolo fa i criteri informativi delle norme tecniche approvate con regio decreto 18 aprile 1909, n.193, a seguito del disastroso terremoto di Messina e Reggio Cala-

bria del 1908, riportavano il divieto di nuove costruzioni e ricostruzioni “*su terreni posti sopra e presso fratture, franosi o atti comunque a scoscendere, od a comunicare ai fabbricati vibrazioni e sollecitazioni tumultuarie per differente costituzione geologica o diversa resistenza delle singole parti di essi*”.

## 2. ASPETTI METODOLOGICI

Le disposizioni regionali stabiliscono che per tutte le aree di nuovo insediamento debbano essere acquisite tutte le informazioni rilevanti sotto il profilo sismico, in accordo agli “*Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*” (ICMS).

Alla luce della recente normativa regionale gli studi geologici allegati a nuove varianti generali e strutturali dei comuni dichiarati sismici dovranno fornire anche le informazioni che concorrono a costituire i dati di base per il Livello 1 di microzonazione sismica (MS) individuati alla sezione 2.3.2 degli ICMS; tali informazioni devono essere articolate in modo tale da consentire, in un secondo momento e secondo indicazioni e procedure che saranno definite con successivi atti amministrativi, l’elaborazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica illustrata alla sezione 2.3.3 degli ICMS.

Sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici e geofisici e, ove necessario, dei dati provenienti da nuove e specifiche indagini, il geologo dovrà ricostruire il modello tridimensionale del sottosuolo, che rappresenta lo strumento conoscitivo propedeutico alla redazione della carta di MS. Il modello riguarderà particolarmente le formazioni di copertura di natura detritica e le rocce tenere per le quali la velocità  $V_{s30}$  delle onde sismiche sia minore di 800 m/s, nonché la superficie di delimitazione superiore del substrato roccioso.

Le informazioni richieste, oltre alla cartografia di base predisposta a partire dagli standard fissati dai criteri tecnici regionali in materia, sono elencate nella tabella che segue.

<i>DOCUMENTAZIONE RICHIESTA A SUPPORTO DI STRUMENTO URBANISTICO GENERALE / STRUTTURALE</i>		
<i>elaborato</i>	<i>Rif. C.P.G.R. n.7/LAP</i>	<i>Contenuti d'interesse sismico principali</i>
Carta delle indagini <b>(Tav. 1)</b>	Implementazione della Carta della Caratterizzazione litotecnica dei terreni prevista all'Allegato A della C.P.G.R n. 7/LAP	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ sondaggi, prove penetrometriche, prove in foro, pozzi per acqua;</li> <li>▪ profili sismici, prove sismiche in foro e di superficie, indagini geoelettriche, ecc.; aree con dati insufficienti da approfondire;</li> <li>▪ aree con dati insufficienti da approfondire;</li> </ul>
Carta geologico tecnica con sezioni geologiche e schema dei rapporti stratigrafici <b>(Tav. 2)</b>	Carta geologico strutturale, punto 4.4.1 integrato	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ caratteristiche substrato (fratturazione, tipologia, stratificazione);</li> <li>▪ dettaglio formazioni di copertura con spessore min e max e caratteristiche addensamento-consistenza;</li> <li>▪ geometria substrato sepolto;</li> <li>▪ faglie attive/non, pieghe, contatti tettonici;</li> </ul>
	Carta geomorfologica e dei dissesti, punto 4.4.2 integrato	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ forme di superficie suscettibili d'amplificazione topografica;</li> <li>▪ forme sepolte suscettibili di effetti di amplificazione o di cedimenti differenziali;</li> <li>▪ conoidi e falde di detrito;</li> </ul>
	Carta geoidrologica, punto 4.4.3 integrato	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Indicazioni dei terreni con falda freatica/artesiana &lt; 15 m dal p.c.;</li> </ul>
Carta dell'acclività	Allegato A della NTE, integrato	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ fasce con pendenza &lt; 15°, 15-30°, &gt;30°</li> </ul>
Carta dalle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) <b>(Tav. 3)</b>	nuova	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ microzone stabili, m. stabili suscettibili di amplificazione locali, m. instabili suscettibili di deformazioni permanenti;</li> <li>▪ forme sepolte suscettibili di effetti di amplificazione o di cedimenti differenziali;</li> </ul>
Relazione geologico tecnica	Ricerca storica su aspetti sismici, punto 4.1 integrato	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ inquadramento territorio comunale rispetto pericolosità sismica;</li> <li>▪ dati storici terremoti;</li> </ul>
	punto 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ descrizione delle cartografie e degli elaborati predisposti, specificando le metodologie utilizzate. i risultati conseguiti, i limiti ed i margini d'incertezza evidenziati, nonché gli sviluppi d'indagine da pianificare.</li> </ul>
	punto 5 integrato	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ modello geologico del sito;</li> <li>▪ presenza di falda;</li> <li>▪ risposta sismica locale;</li> <li>▪ indagini di approfondimento previste;</li> <li>▪ prescrizioni operative.</li> </ul>



Il presente studio affianca ed integra la documentazione geologico-tecnica sopra menzionata facente parte del vigente strumento urbanistico.

### 3. PERICOLOSITA' SISMICA

Per ridurre gli effetti del terremoto, l'azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio, in base all'intensità e frequenza dei terremoti del passato, e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche.

La legislazione antisismica italiana, allineata alle più moderne normative a livello internazionale, prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane.

Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.

Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (*Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repub-*



blica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Zona 1	Zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti
Zona 2	Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti
<b>Zona 3</b>	I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti (caso di Monasterolo di Savigliano)
Zona 4	Zona meno pericolosa

Di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g), come evidenziato nella seguente Fig. 1.

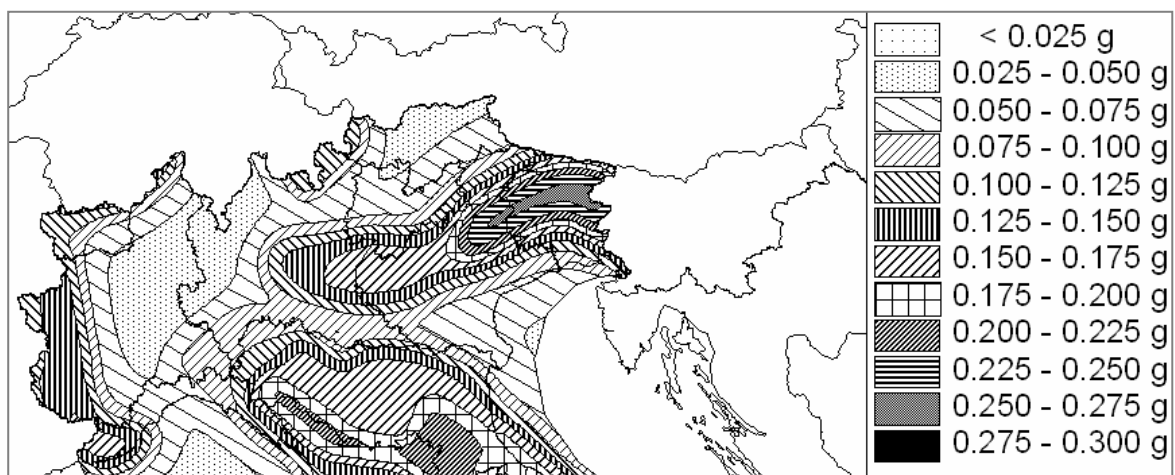


Fig. 1 - OPCM. 28.04.06. Stralcio mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (I.N.G.V.), espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s, cat. A, punto 3.2.1. del D.M. 14.09.05).

L'attuazione dell'ordinanza n.3274 del 2003 ha permesso di ridurre notevolmente la distanza fra la conoscenza scientifica consolidata e la sua traduzione in strumenti normativi e ha portato a progettare e realizzare costruzioni nuove, più sicure ed aperte all'uso di tecnologie innovative.

Le novità introdotte con l'ordinanza sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate, grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (Ingv, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/03, è stato adottato con l'OPCM n.3519 del 28 aprile 2006 (Fig. 1). Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n.3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06)

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

A ciascuna zona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido ( $a_g$ ). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione.

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008), infatti, hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale

– precedentemente era fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad un'accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

Per il Comune di Monasterolo di Savigliano, il quadro sismotettonico locale individua un basso grado di rischio sismico (zona 3), non risentendo in modo significativo degli scuotimenti che si generano nelle sorgenti sismo genetiche più vicine: Alpi Cozie, Mar Ligure (Fig. 2).

Le sorgenti sismo genetiche (Fig. 3) sono piani di faglia e scorrimento definiti da elementi geometrici noti: lunghezza, proiezione in superficie se sepolti, larghezza, inclinazione ed orientamento e da associati parametri sismologici: massime intensità sismiche (magnitudine), ricorrenze, spostamenti, ecc...



Fig. 2

Sorgenti sismo genetiche dell'area nord-occidentale d'Italia rispetto alla posizione di Monasterolo di Savigliano.

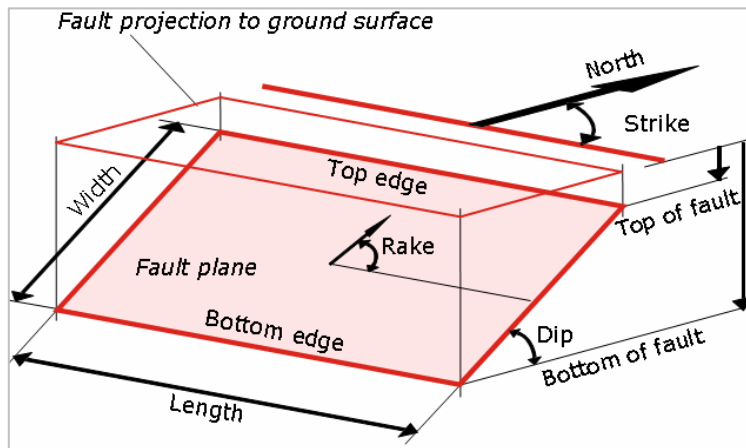


Fig. 3 - Elementi geometrici di una faglia attiva costituente una sorgente sismogenetica. In basso i dati parametrici delle tre principali sorgenti: Piemonte occidentale, Brianzonese e Imperiese.

Code	ITCS023		
Name	Western Piemonte		
Compiled By	Burrato, P.		
Latest Update	03/08/2006		
Parametric information			
	Parameter	Qual.	Evidence
Min Depth (km)	1	OD	Based on inference from intensity data of the 1808 earthquakes.
Max Depth (km)	7	OD	Based on the maximum depth of the individual seismogenic sources.
Strike (deg)	60 - 80	OD	Based on regional geological data.
Dip (deg)	40 - 50	EJ	Inferred from regional geological data.
Rake (deg)	130 - 155	EJ	Inferred from geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 1	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude (Mw)	5.7	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

Code	FRCS001		
Name	Briançonnais		
Compiled By	Burrato, P., and S. Mariano		
Latest Update	24/09/2007		
Parametric information			
	Parameter	Qual.	Evidence
Min Depth (km)	5	LD	Based on seismological data from Delacou et al. (2004).
Max Depth (km)	20	LD	Based on seismological data from Delacou et al. (2004).
Strike (deg)	315 - 10	OD	Based on regional geological data.
Dip (deg)	60 - 70	EJ	Inferred from regional geological data.
Rake (deg)	250 - 290	LD	Based on regional geological and seismological data from Delacou et al. (2004).
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 1	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude (Mw)	5.5	LD	Assigned on the basis of conservative criteria.

Code	ITCS022		
Name	Imperia		
Compiled By	Fracassi, U., and S. Mariano		
Latest Update	03/08/2006		
Parametric information			
	Parameter	Qual.	Evidence
Min Depth (km)	3	LD	Based on instrumental seismicity data.
Max Depth (km)	10	LD	Based on instrumental seismicity data.
Strike (deg)	250 - 270	OD	Based on regional geological data.
Dip (deg)	25 - 35	EJ	Inferred from regional geological data.
Rake (deg)	80 - 100	EJ	Inferred from regional geological data.
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 1	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude (Mw)	6.3	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

#### 4. DATI GEOFISICI GENERALI DEL TERRITORIO COMUNALE

L'ultimo evento sismico registrato dalla Rete Sismica Nazionale dell'I.N.G.V. è avvenuto alle ore 04:47:13 del giorno 15/10/2013, localizzato nel distretto delle Alpi Cozie con magnitudo di 4.4 (Fig. 4).



Fig. 4  
Epicentro del terremoto del 15/10/2013 (da INGV).

Presso il portale dell'INGV sono riepilogati gli eventi sismici storici maggiormente significativi. Per la zona di Savigliano sono stati registrati gli eventi della sottostante Tabella.

Anno del sisma	Località	Intensità epicentrale [Io]	Magnitudine [Mw]
1786	ALBA	5	4.36
1808	Valle del Pellice	8	5.69
1818	Liguria occidentale-Francia	7	5.45
1858	Cuneese	5	4.38
1883	Pinerolo	4-5	4.37
1887	Liguria occidentale		6.97
1896	ALBENGA	6	4.92
1900	Cuneo	4	4.26
1901	Torinese	5-6	4.81
1905	Alta Savoia	7-8	5.63
1947	Alpi occidentali		5.03
1955	Alpi Cozie	6-7	4.80
1963	Mar Ligure		6.02
1989	Mar Ligure		4.60
1993	Finale Ligure	5	4.51

La magnitudine dell'evento sismico ( $M_w$ ) più elevato (6,97) è riferita al terremoto di Diano Marina che colpì la località e i dintorni (anno 1887), con danni estesi anche a zone distanti dall'epicentro; è stato il sisma più disastroso mai avvenuto in Liguria. Nel 1963 una sequenza sismica elevata ( $M_w=6,02$ ) colpì il centro del Mar Ligure.

Il terremoto del 1808 in Val Pellice ( $M_w=5,69$ ) causò danni anche nel Torinese e Cuneese (50 comuni in totale furono danneggiati).

In tutti gli altri casi registrati gli eventi sismici più significativo sono stati compresi tra le magnitudini 4 e 5, con assenza di danni nelle zone distali quali il Saviglianese.

## **5. SISMICITA' DELL'AREA**

La sismicità dell'area del centro abitato di Monasterolo di Savigliano e dei suoi centri frazionali minori deriva da:

- osservazioni geologiche e geomorfologiche;
- valutazione dei dati litostratigrafici e geofisici;
- da dati provenienti da nuove e specifiche indagini.

Con questi dati il geologo può ricostruire il modello tridimensionale del sottosuolo, che rappresenta lo strumento conoscitivo propedeutico alla redazione della carta di MS. Il modello riguarda particolarmente le formazioni di copertura di natura detritica e le rocce tenere per le quali la velocità  $V_{s30}$  delle onde sismiche sia minore di 800 m/s, nonché, se presente, la superficie di delimitazione superiore del substrato roccioso.

Le informazioni utilizzabili, oltre alla cartografia di base predisposta a partire dagli standard fissati dai criteri tecnici regionali in materia, sono:

- logs litostratigrafici dedotti da dati di sondaggio;
- dati geofisici;
- sezioni geolitologiche costruite con dati geologici e litologici disponibili.

Il Livello 1 degli ICMS prevede la realizzazione di una dettagliata *Carta delle Indagini* ed una specifica *Carta geologico tecnica*, utilizzando, in linea di massima, i dati esistenti. Nel caso specifico potranno essere utilizzate le informazioni contenute nelle cartografie tematiche di analisi già previste dalla Circolare PGR n. 7/LAP/96 e dalla NTE/99, ed in particolare:

- Carta geologico-strutturale
- Carta geomorfologica e dei dissesti
- Carta geoidrologica
- Carta della caratterizzazione litotecnica dei terreni

Lo studio di MS è sintetizzato in una carta del territorio (*Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica*) nella quale sono indicate:

- zone nelle quali non sono previste significative modifiche dello scuotimento che l'evento sismico causerebbe su terreni rigidi e, pertanto, gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- zone nelle quali lo scuotimento è amplificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno;
- zone suscettibili di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc.).

In analogia con la DGR n. 17-2172 del 13 giugno 2011, l'ambito d'indagine corrisponde alle aree per le quali le condizioni normative consentono o prevedono l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, o la loro potenziale trasformazione a tali fini, o prevedono l'uso ai fini di protezione civile.

L'ambito d'analisi deve quindi comprendere, in generale, le aree edificate o edificande, ed essere esteso ad un intorno significativo, mentre saranno escluse dagli studi le aree in cui le condizioni territoriali o normative non



consentono o non prevedono trasformazioni insediative o infrastrutturali o di protezione civile.

Nella Carta delle indagini dovranno essere indicati:

- la localizzazione delle indagini pregresse raccolte, suddivise in base alla tipologia;
- la localizzazione delle indagini effettuate nell'ambito dello studio, suddivise in base alla tipologia;
- le aree dove si ritiene importante o indispensabile che siano effettuate ulteriori indagini.

La Carta geologico tecnica è redatta facendo riferimento alle informazioni contenute nelle carte tematiche di analisi previste dall'Allegato A alla C.P.G.R n. 7/LAP.

Per la redazione della Carta geologico tecnica, il riferimento tecnico e metodologico è rappresentato, oltre che dagli **ICMS**, dalla nota pubblicata sul supplemento alla rivista Ingegneria Sismica n. 2-2011, (G. Martini, S. Castenetto, G. Naso – *La Carta geologico tecnica per gli studi di MS*).

La Carta geologico tecnica per gli studi di MS riporta tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionale alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (carta di MS di livello 1).

La carta riunisce tutte le informazioni a disposizione riferibili ad indagini pregresse e rilievi di campagna e, nell'eventualità fossero necessarie, ad indagini di nuova esecuzione.

Le unità geologico-litotecniche sono distinte tra copertura e substrato e diversamente descritte, giungendo ad una standardizzazione delle informazioni relative agli aspetti geologici e litotecnici.

Per le coperture, lo spessore minimo da considerare resta >3 m. Nel caso della presenza di aree con copertura inferiore a 3 m in contatto con sub-

strato rigido, queste dovranno essere segnalate nella relazione che accompagna la carta, tuttavia questa condizione non è presente negli ampi settori della piana alluvionale cuneese.

Nei riguardi dei terreni di copertura la loro suddivisione deve poter identificare situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili d'amplificazione locale o d'instabilità. Le classi individuabili sono:

1. *riporto antropico*, con l'indicazione della matrice e dello spessore indicativo;
2. *ghiaia*, con l'indicazione dello stato di cementazione/addensamento e degli spessori minimi e massimi supposti;
3. *ghiaia/sabbiosa-sabbia/ghiaiosa*, con l'indicazione dello stato di cementazione/addensamento e degli spessori minimi e massimi supposti;
4. *sabbia*, con l'indicazione dello stato di cementazione/addensamento e degli spessori minimi e massimi supposti;
5. *sabbia/limosa-limo/sabbioso*, con l'indicazione dello stato di cementazione/addensamento/consistenza e degli spessori minimi e massimi supposti;
6. *limo*, con l'indicazione della consistenza e degli spessori minimi e massimi supposti;
7. *limo/argilloso-argilla/limosa*, con l'indicazione della consistenza e degli spessori minimi e massimi supposti;
8. *argilla*, con l'indicazione della consistenza e degli spessori minimi e massimi supposti;
9. *deposito alluvionale* a granulometria mista o indistinta con l'indicazione dello stato di cementazione/addensamento/consistenza e degli spessori minimi e massimi supposti;
10. *detrito di versante* a granulometria mista o indistinta con l'indicazione dello stato di cementazione/addensamento/consistenza e degli spessori minimi e massimi supposti;
11. *coltre di substrato* alterato o intensamente fratturato con l'indicazione del grado di fratturazione e degli spessori minimi e massimi supposti;
12. *altri tipi di terreni* non compresi in questo elenco, con l'indicazione del tipo e degli spessori minimi e massimi supposti. Oppure: *substrato* caratterizzato da  $V_s < 800\text{m/s}$ .

Nella “*Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)*” le microzone sono classificate in tre categorie:

- A. zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali dovuti ad amplificazione litostratigrafica (substrato geologico in affioramento);
- B. zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico locale;
- C. zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio legate a:
  - instabilità di versante;
  - liquefazioni;
  - faglie attive e capaci;
  - cedimenti differenziali.

### **Microzone A**

Si riferiscono al substrato geologico in affioramento o con copertura limitata a 3 m di spessore. Si richiedono nella descrizione della zona alcune informazioni sul substrato:

- tipologia (lapideo, granulare cementato, coesivo sovraconsolidato, alternanza di litotipi);
- stratificazione (sì/no);
- grado di fratturazione;
- profondità nelle zone dove non affiora (con isobate);
- posizione dei sondaggi che lo intercettano.

→ Nel territorio comunale non sono presenti Microzone tipo A.

### **Microzone B**

Sono le zone dove sono presenti terreni di copertura, coltri d'alterazione del substrato, substrato molto fratturato, o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s < 800$  m/s). Gli spessori di questi terreni devono essere superiori ai 3 m.

- Nel territorio comunale l'indagine a livello 1 e quella di maggior dettaglio di livello 2 dovranno verificare la presenza o meno di queste zone.

### **Microzone C**

Le microzone C identificano quattro categorie d'effetti deformativi:

1. instabilità di versante: frane di diversa tipologia e attività (riferimento alla DGR n. 45-6656/2002); detrito di falda attivo;
  2. liquefazione: area con terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi e con superficie della falda freatica e delle eventuali falde in pressione < 15 m;
  3. faglia attiva e capace: faglia che si è rotta almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (limite inferiore certo delle datazioni radiometriche); una faglia attiva è detta capace se raggiunge la superficie producendo una frattura del terreno; l'andamento di questa rottura in superficie è la traccia superficiale della faglia; la definizione dell'attività di una faglia attiva e capace deve scaturire da una serie di studi di dettaglio eseguiti da esperti del settore; pertanto, salvo successive integrazioni a carico degli enti deputati al riconoscimento delle faglie attive e capaci, si dovranno riportare solo le faglie identificate e validate contenute nel catalogo ITHACA a cura dell'Ispra.
  4. cedimenti differenziali: si dovrà segnalarne la localizzazione, tenendo conto che essi si possono verificare limitatamente alle zone adiacenti i contatti fra formazioni con caratteristiche litologiche e meccaniche molto diverse.
- Nel territorio comunale solamente il punto 2 dovrà essere oggetto di attenzione e verifica. Sono da escludersi le condizioni previste ai punti 1), 3) e 4).

Per la definizione della risposta sismica del terreno presente nell'area di Monasterolo di Savigliano, in data 10/10/2012 sono stati eseguiti due sismici di tipo MASW per la misura diretta del  $V_{s30}$ . La scelta dei due punti d'indagine è stata ritenuta rappresentativa dell'area urbanizzata e di futura urbanizzazione del centro abitato di Monasterolo di Savigliano. La loro ubicazione è riportata nell'Allegata Tav. 1:

#### “CARTA DELLE INDAGINI - MS”

I valori individuati sono:

- MASW1, nel concentrico presso il campo sportivo:  $V_{s30} = 423$  m/s (Fig. 5)
- MASW2, area di espansione occidentale presso S.P. 120:  $V_{s30} = 404$  m/s (Fig. 6)

In base a quanto indicato nell'OPCM 20.03.03 n.3274 e D.M. 14.01.08 (confr. Tabella sottostante), ai valori del  $V_{s30}$  ed ai valori penetrometrici dinamici  $N_{SPT}$  (confr. Tav. 1), la categoria di sottosuolo individuata ai fini della risposta sismica è di tipo **B**.

Una seconda serie di indagini sismiche con misura delle onde compressive ( $V_p$ ) e di taglio ( $V_s$ ) sono state eseguite per l'ampliamento dello stabilimento Monge, nel settore orientale del centro abitato (confr. Tav. 1). In questa area l'indagine è stata condotta con sismica a rifrazione<sup>[27]</sup>, consentendo di suddividere il sottosuolo in tre unità geosismiche differenti che costituiscono il modello geofisico proposto partendo dal piano campagna e scendendo fino alla massima profondità stimata (Fig. 7):

- tra il p.c. e -10 m: questa unità è attribuibile alla presenza di materiali sciolti di copertura caratterizzati da medio basse velocità sismiche, inferiori ai 1.200 m/s, che poi incrementano per migliore addensamento.
- tra -10 m e -19 m: questa seconda unità geosismica è caratterizzata da velocità sismiche che raggiungono i 2.400 m/s, attribuibile a depositi più consolidati.
- oltre -19 m dal p.c.: la terza unità geosismica è caratterizzata da velocità sismiche che superano i 2.400 m/s, attribuibile a depositi molto consolidati e addensati.

L'analisi delle onde compressive e di taglio rifratte ha consentito di determinare il profilo verticale della  $V_p$  e  $V_s$  e, di conseguenza, del parametro  $V_{s30}$  il sito in esame rientra nella categoria **C**.

Suolo	Descrizione geotecnica	$V_{s30}$ (m/s)
<b>A</b>	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800$ m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5m	$> 800$
<b>B</b>	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$ , o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).	$360 \div 800$
<b>C</b>	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s ( $15 < N_{SPT} < 50$ , $70 < c_u < 250$ kPa).	$180 \div 360$
<b>D</b>	Depositi di granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ( $N_{SPT} < 15$ , $c_u < 70$ kPa).	$< 180$
<b>E</b>	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di $V_{s30}$ simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.	
<b>S1</b>	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $IP > 40$ ) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ( $10 < c_u < 20$ kPa).	$< 100$
<b>S2</b>	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.	

Le condizioni topografiche sono riconducibili alla categoria T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".

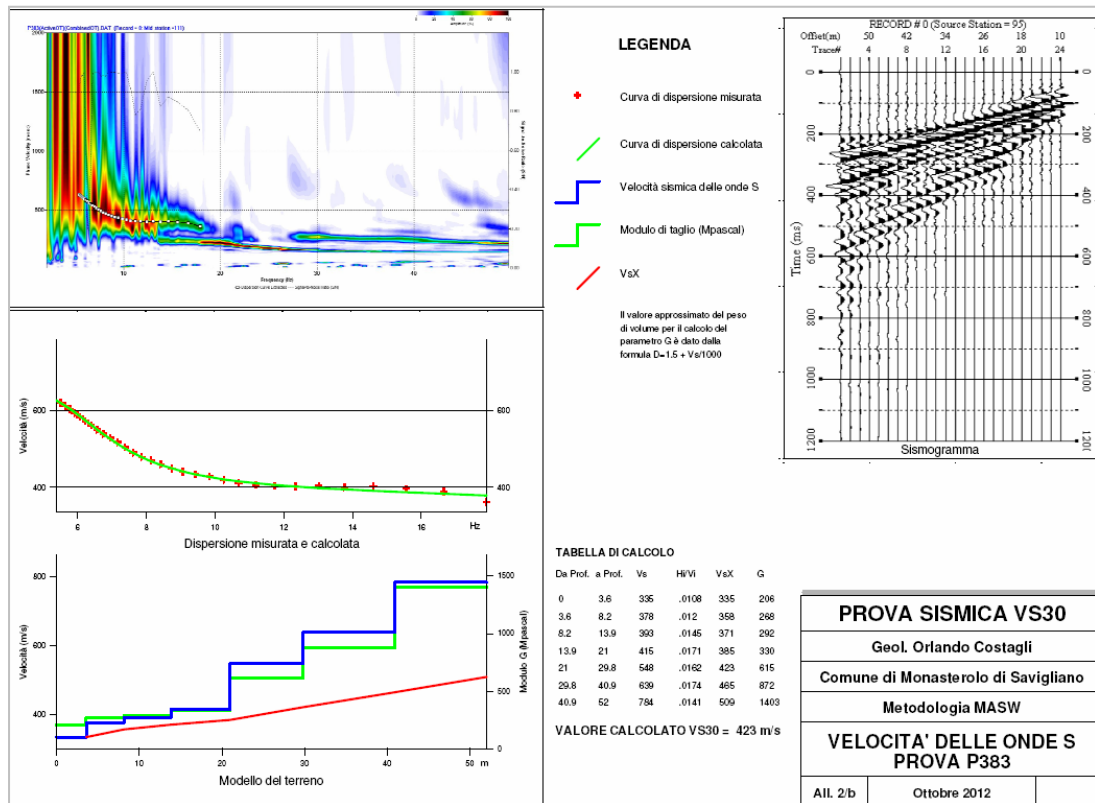


Fig. 5 - Stendimento MASW1, nel concentrico.

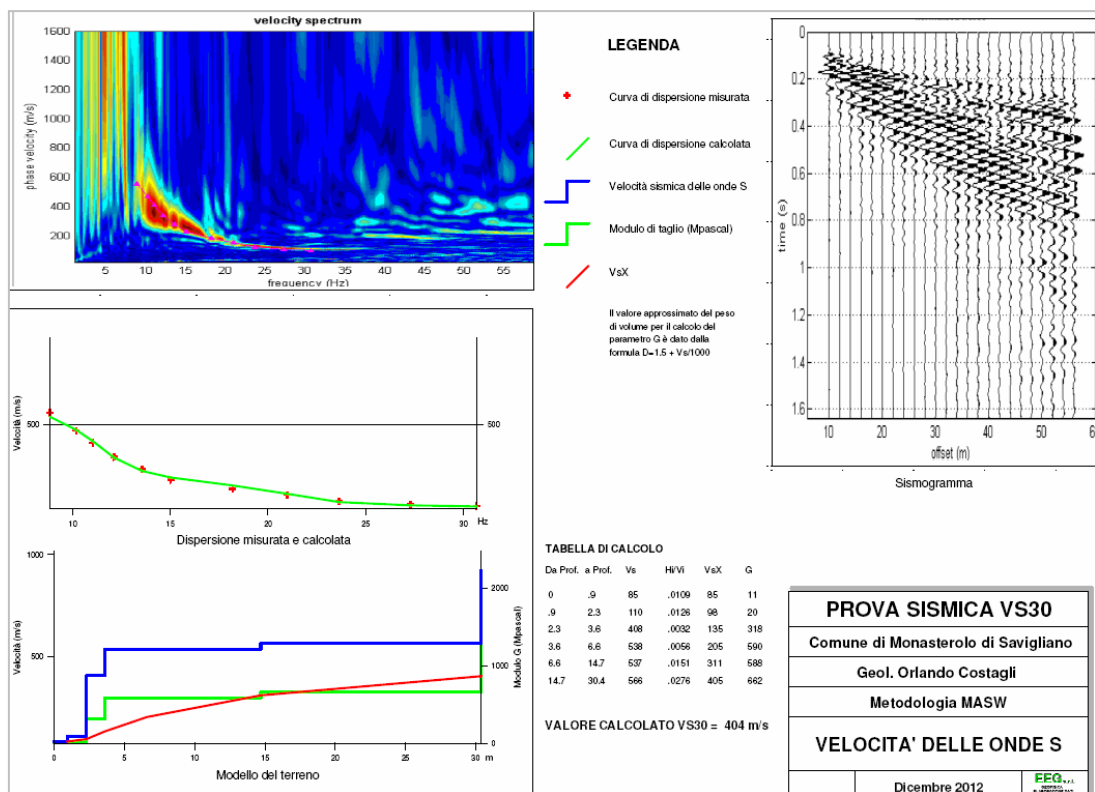


Fig. 6 - Stendimento MASW2, lato occidentale del concentrico.



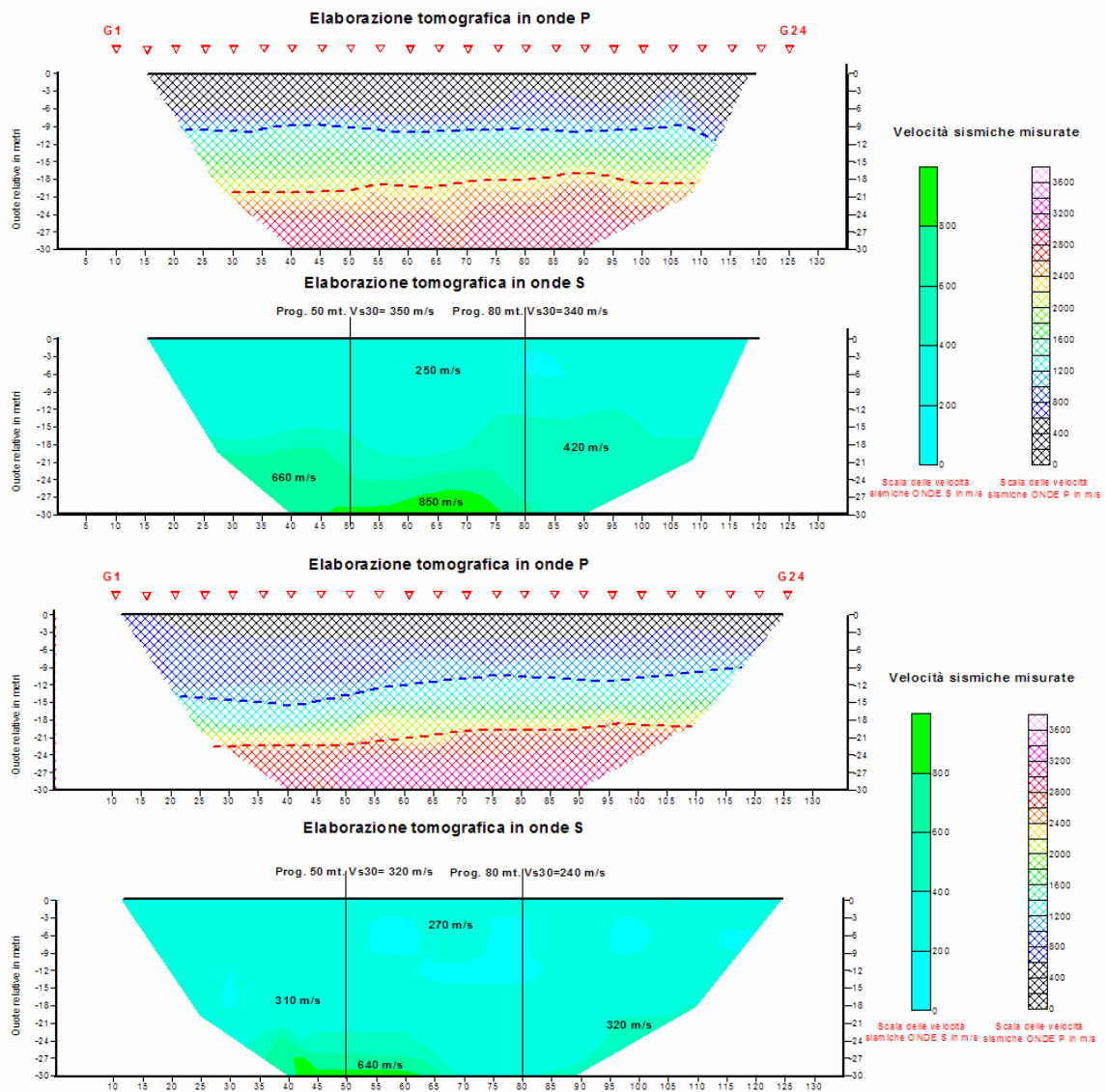


Fig. 7 - Stendimenti sismici presso la nuova area d'espansione stabilimento Monge.

## 6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

Dal punto di vista geologico il territorio comunale di Monasterolo si caratterizza da un vasto settore di pianura compreso tra i comuni di Ruffia, Cavallermaggiore, Savigliano, Scarnafigi ed il Torrente Varaita ad ovest.

Le quote altimetriche vanno gradualmente decrescendo da Sud verso Nord, passando da un massimo di 309 mslm. presso il confine con Savigliano, a sud, a circa 278 mslm. presso il confine con Ruffia a Nord, con una

pendenza media e costante del territorio di circa 0,62%. La morfologia tendenzialmente subpianeggiante non presenta evidenti discontinuità morfologiche: le sole eccezioni sono i bassi e quasi oblitterati terrazzi del paleovalle del T. Varaita, presenti nel settore occidentale e paralleli all'attuale suo corso.

Il quadro geologico-stratigrafico dell'intera provincia di Cuneo è stato recentemente presentato nei lavori di M.V. Civita et Al.<sup>[11, 12]</sup> Nel settore provinciale sono state riconosciute tre principali successioni geologico-stratigrafiche affioranti principalmente in corrispondenza delle tre unità morfologiche presenti nel territorio della Provincia di Cuneo:

- ❑ il settore collinare del Roero al quale si associa la successione Oligo-Miocenica;
- ❑ il settore collinare delle Langhe al quale si associa la successione Plio-Pleistocenica;
- ❑ il settore di pianura, al quale si associa la successione Quaternaria.

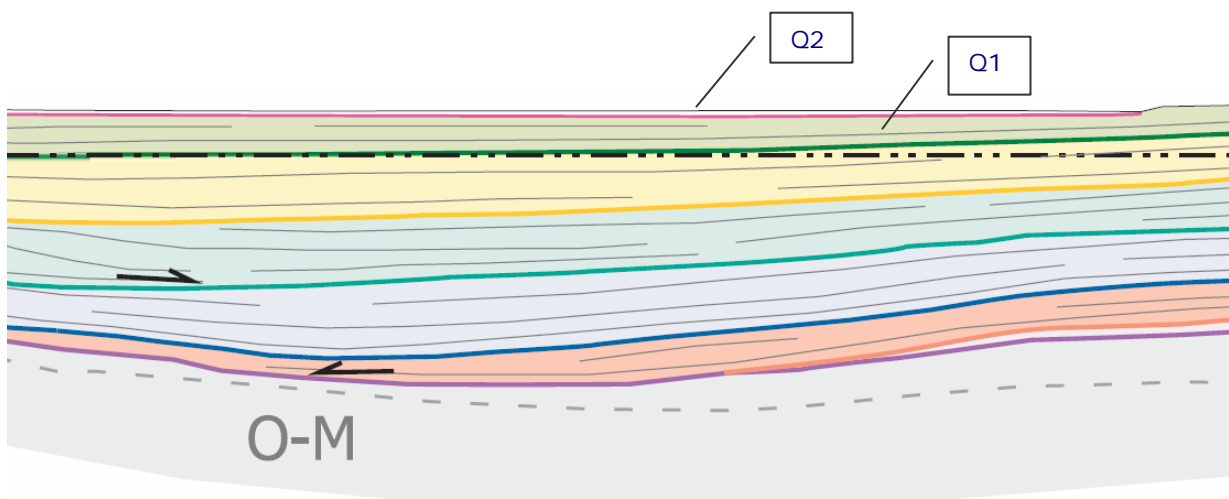
Nel territorio del Comune di Monasterolo, che si colloca nel bacino idrogeologico di Savigliano (Figg. 8, 9, 10), è affiorante unicamente la successione Quaternaria della Pianura Principale, originatasi attraverso la deposizione di sedimenti, in genere grossolani, con matrice sabbioso-limosa, appartenenti ad una serie di blande e vaste conoidi coalescenti (conoidi delle valli Grana, Maira, Varaita e Po), formate dai principali corsi d'acqua che, dal basamento alpino, defluivano in questo ampio settore.

Lo spessore di questi depositi è molto variabile, in genere dell'ordine dei 60÷100 m allo sbocco delle vallate principali, riducendosi progressivamente a potenze assai ridotte, inferiori anche alle decine di metri, nelle aree più distali prossime ai rilievi collinari.

I corsi d'acqua presenti sono incassati di pochi metri rispetto al livello fondamentale della pianura.

L'assetto stratigrafico dell'area in esame è stato recentemente revisionato sulla base dei dati di sottosuolo di proprietà ENI, Divisione Agip (rilievo sismico 2D e stratigrafie dei pozzi Asti 1 e 2, Moretta 1, Saluzzo 1 e 2, Sommariva del Bosco 1) integrati dai rilevamenti geologici di superficie del Politecnico di Torino e dallo studio micropaleontologico dell'Università di Torino. I primi risultati di tale ricerca sono stati presentati alla 81ª Riunione esti-

va della Soc. Geologica Italiana svoltasi a Torino il 10-12 settembre 2002 <sup>[15]</sup> ed esposti nel lavoro “*Geologia e idrografia profonda della Pianura Padana Occidentale*” a cura del CNR, Università di Scienza della Terra di Torino, Regione Piemonte, 2009 <sup>[29]</sup>. Da tale studio emerge innanzitutto una notevole complessità dell’assetto stratigrafico e strutturale della sequenza plio-pleistocenica, molto diversa rispetto alla situazione riportata in bibliografia che riconosceva una successione costituita, dal basso verso l’alto, dai Conglomerati miocenici di Cassano Spinola, dalle Argille di Lugagnano, dalle Sabbie d’Asti e dai depositi Villafranchiani. La sequenza stratigrafica è ora suddivisa in “*sintemi*”. Un “*sintema*” rappresenta un corpo sedimentario complesso delimitato da superfici di discontinuità stratigrafica, costituito da gruppi di strati con geometria e litologia variabili, ma legati geneticamente, ossia depositi in contesti deposizionali diversi e contigui ed in continuità di sedimentazione (Fig. 8).



SINTEMI PRINCIPALI	BACINI SAVIGLIANO ALESSANDRIA
PLEISTOCENE MEDIO-OLOCENE	Q2
PLEISTOCENE INFERIORE	Q1
PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE (?)	P3
PLIOCENE INFERIORE-MEDIO	P2
PLIOCENE INFERIORE	P1
MESSINIANO SUPERIORE	M2
	M1

Fig. 8 – Sequenza dei depositi sedimentari presenti nel Bacino di Savigliano, area di Monasterolo <sup>[29]</sup>.

L'intera successione plio-pleistocenica, ad eccezione del margine orientale dell'area (Settore del Roero), è coperta da una coltre, in genere poco potente, compresa tra 100 e 10 m di sedimenti grossolani, di differenti età, comprese tra il Pleistocene medio e l'Olocene (Q2), corrispondenti alle alluvioni quaternarie. Il contatto superiore con tali depositi è caratterizzato da una serie di superfici erosive che si sviluppano in posizione stratigrafica diversa ed individuano unità tra loro simili per ambiente di sedimentazione, ma distinguibili in base all'età, alla granulometria ed al grado di alterazione. La morfologia tendenzialmente subpianeggiante non presenta evidenti discontinuità morfologiche: le sole eccezioni sono le deboli incisioni del reticolo idrografico più recente, in gran parte modificato ed ampliato per usi irrigui.

Si tratta di una morfologia risultante dall'attività del “*thrust di Saluzzo*”, noto in letteratura come *Fronte di Saluzzo*, cioè di una faglia inversa che sovrappone terreni più antichi su terreni più recenti che, provocando una variazione continua del livello di base provvisorio del Varaita, ha portato a numerosi e ripetuti fenomeni di “sovralluvionamento” succedutisi in modo particolarmente significativo dopo l'ultima glaciazione quaternaria (Wurm).

Per il suddetto motivo il settore della pianura cuneese è occupato in gran parte dal “*Bacino di Savigliano*” (Figg. 9, 10), il cui asse maggiore di allungamento ha direzione N-S, risulta delimitato:

- ad ovest e a sud dalle unità metamorfiche delle Alpi Occidentali, che si approfondiscono morfologicamente verso est e nord;
- confinato verso NO dalla culminazione del fronte di Saluzzo
- ad est dalle successioni delle Langhe, caratterizzate da una stratificazione regionale immergente verso ovest;

A tale proposito si vedano anche i contributi di A. Biancotti<sup>[3]</sup> e F. Carraro et Al.<sup>[6]</sup>.

Presso la città di Saluzzo la zona di depocentro (massimo spessore) di questo bacino sembra corrispondere ad una struttura sinclinalica, con asse parallelo con il “*thrust di Saluzzo*”, passante per i centri abitati di Vottignasco-Savigliano-Cavallermaggiore, orientato grossomodo NE-SW, con spessori massimi dell'intera successione plio-pleistocenica intorno ai 800 m. La po-



tenza di questi sedimenti si riduce sensibilmente verso S-SE, raggiungendo spessori molto blandi nell'area di Centallo (Figg. 9, 10).

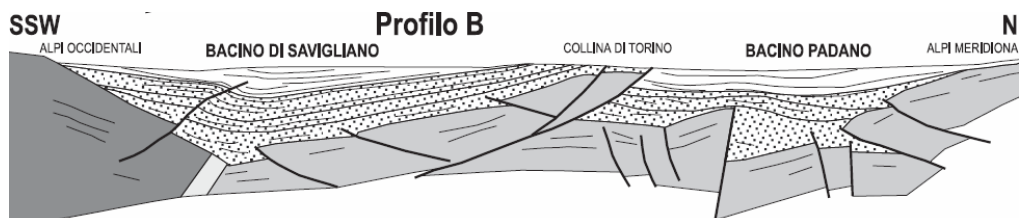
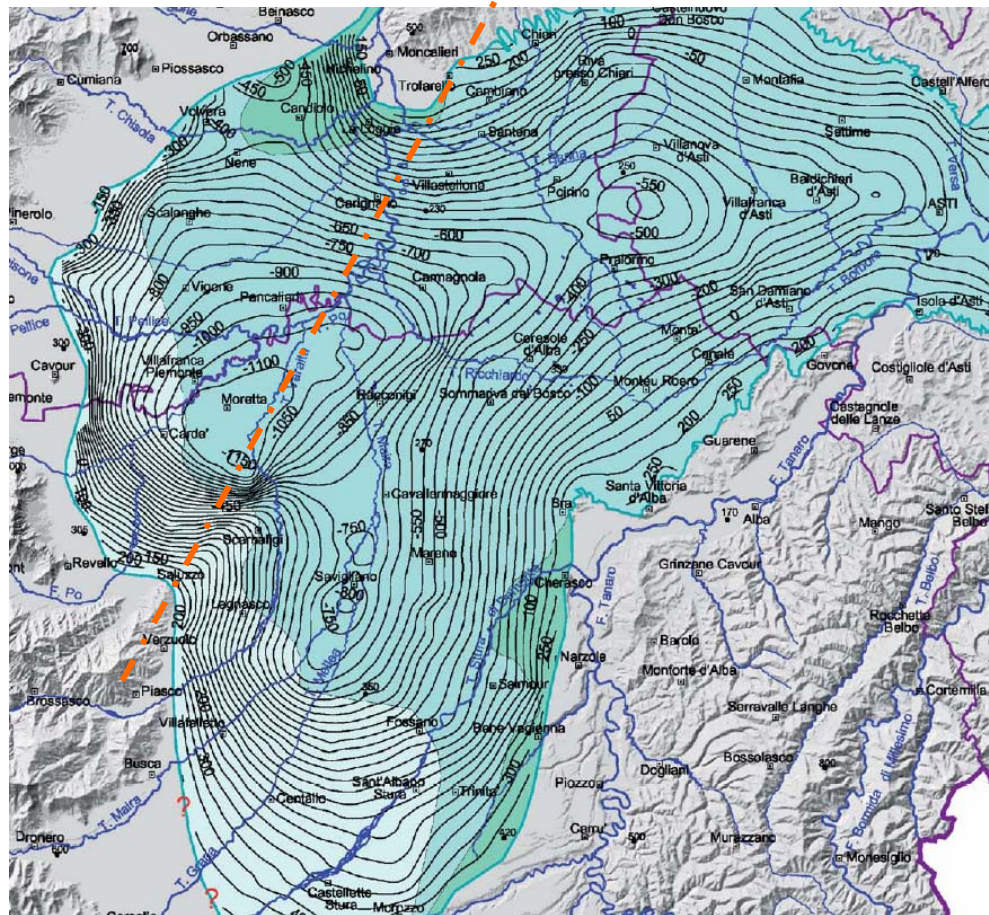


Fig. 9 – Carta della profondità della superficie e basale del Pliocene inf. (sistema P2) e sezione geologica attraverso il bacino di Savigliano.



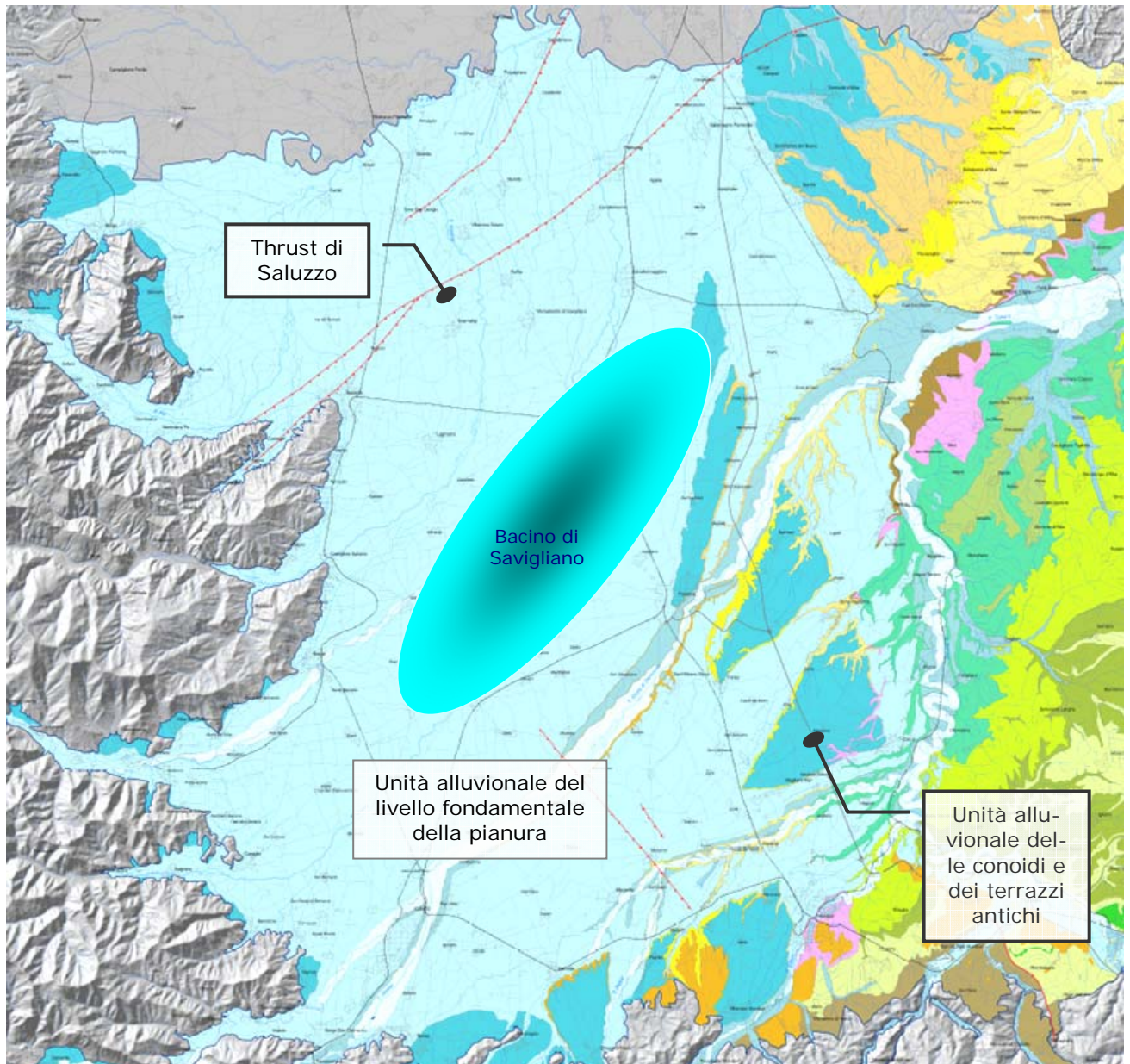
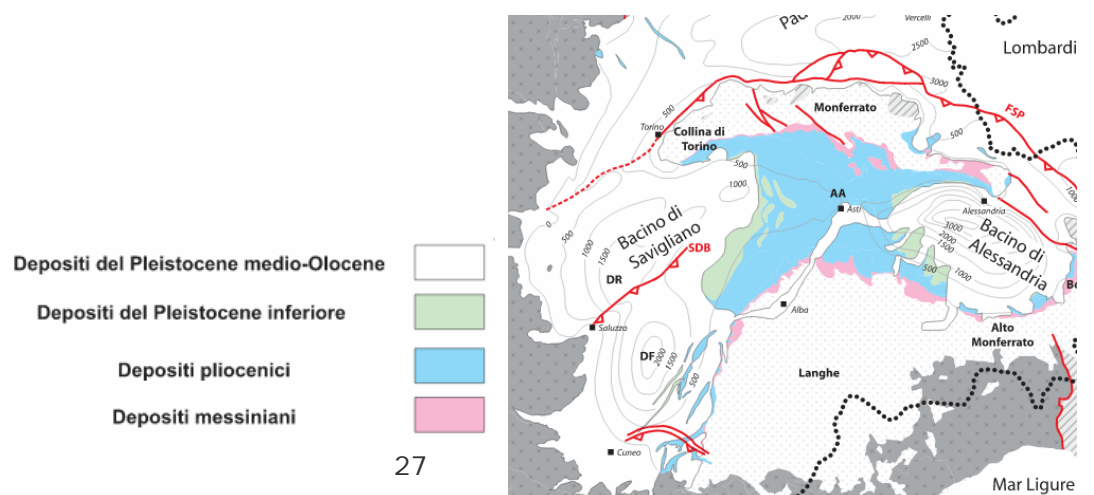


Fig. 10 - Carta delle successioni geologiche stratigrafiche [12] [29].



Nei riguardi degli aspetti geomorfologici locali si osserva che:

- ❑ Il territorio comunale ha morfologia tabulare, leggermente inclinata verso N-NE, priva di forme fluviali relitte e/o riattivabili.
- ❑ Fa eccezione a tale quadro il settore prossimo al Varaita, dove sono presenti modeste scarpate di terrazzo relitte risultanti dalla modificazione dell'alveo da pluricursale a monocursale<sup>[4]</sup>.
- ❑ La tendenza evolutiva del Varaita, desumibile dalla letteratura scientifica, è quella di una migrazione verso Est (Fig. 11), ossia verso Savigliano.
- ❑ Dal confronto tra la cartografia I.G.M. (1933), C.T.R. (1991) ed ortofoto attuale, risulta che negli ultimi 100 anni il Varaita si sia evoluto da un alveo prevalentemente pluricursale con isole ad un alveo prevalentemente monocursale, con conseguente restringimento ed abbassamento del fondo alveo (Fig. 11).

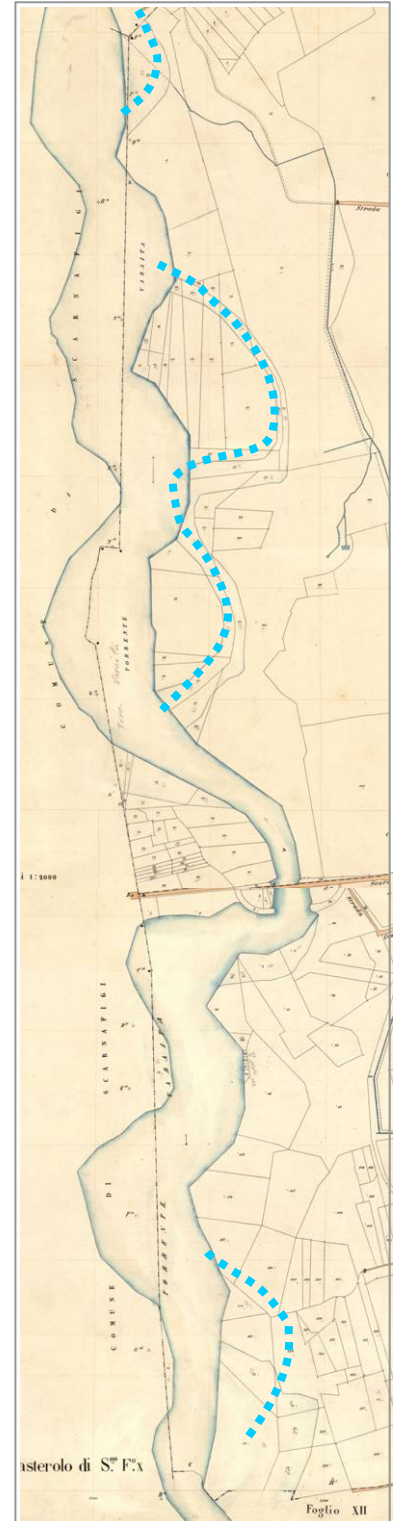


Fig. 11

L'asta pluricursale del T. Varaita nel catastrale del 1893.

Si nota la migrazione verso Est con numerosi paleoalvei, in cessione, in fase di abbandono.



## 7. IDROGEOLOGIA

Il territorio comunale, caratterizzato come detto da morfologia tabulare priva d'elementi geomorfologici significativi, è solcata da fossi adacquatori e canali irrigui: tra questi ultimi si segnalano la Bealera del Mulino e la Bealera Tagliata, entrambe provenienti dal comune di Savigliano, alimentate prevalentemente da pozzi e risorgive e caratterizzate da portate massime limitate da paratie ed opere di derivazione. Lungo il lato orografico destro del T. Varaita, nei comuni di Monasterolo e Savigliano, non sono presenti opere di presa a causa delle limitatissime portate del torrente nel periodo estivo e significativo approfondimento dell'alveo rispetto alla pianura circostante.

La Bealera del Molino attraversa, a cielo aperto, il concentrico di Monasterolo, suddividendosi, sul lato occidentale, in modesti rami secondari oggi non più attivi.

Il Torrente Varaita ed una porzione del Rio Paschero, risultano soggetti a tutela ambientale, per una fascia di 150 metri dalle proprie sponde.

Nel territorio comunale sono presenti alcune risorgive, generalmente di limitata portata, tali da non generare un proprio reticolo idrografico. Tra queste si ricordano quelle storiche, originatesi da bonifiche agrarie condotte principalmente nel XVIII° e XIX° secolo:

- A sud di C.na Besanzona alta (Fig. 11a)
- A sud della S.P. Monasterolo-Scarnafigi (Fig. 11b)
- Presso C.na Capitolo

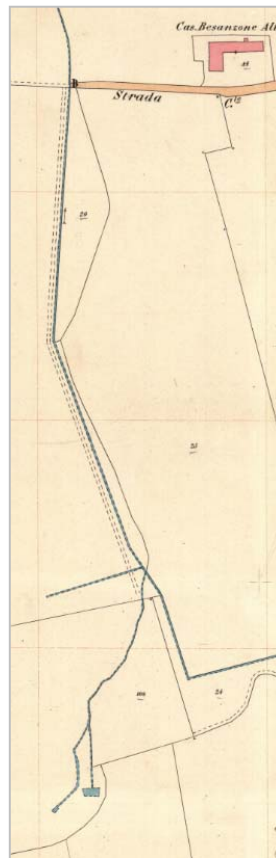


Fig. 11a  
Fontanile di C. Besanzona (catastale 1893).



Fig. 11b  
Fontanile in destra Varaita (catastale 1893).

All'interno dei depositi ghiaioso-sabbiosi ricoprenti il territorio comunale è presente una falda di tipo freatico che si attesta a profondità comprese tra 1 e 2 metri dal p.c.

Per quanto riguarda i dati bibliografici si è fatto ricorso allo “Studio e valutazione della vulnerabilità intrinseca delle acque sotterranee” e “Le acque sotterranee della pianura e della collina cuneese”, studio sviluppato, per conto della Provincia di Cuneo, dal Gruppo di Lavoro in Idrogeologia Applicata del Dipartimento di Ingegneria del Territorio del Politecnico di Torino <sup>[11, 12]</sup>. In particolare da tale studio emerge il seguente quadro generale:

- ❑ La direzione generale del deflusso della falda è verso N-NE.
- ❑ In tutto il territorio comunale la soggiacenza della falda libera risulta compresa in un intervallo di valori compresi tra -3,0 e -1,0 metri dal p.c.

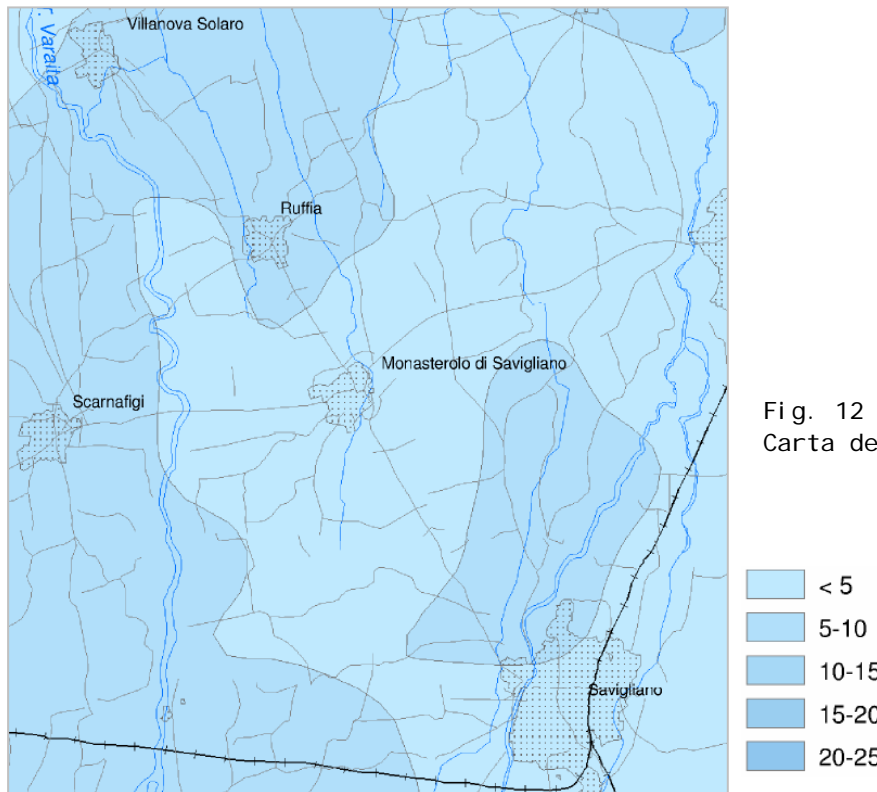


Fig. 12  
Carta della soggiacenza [12].

La seguente Fig. 13 illustra la descrizione litologica del deposito alluvionale attraversato dalla perforazione del pozzo per l'acquedotto comunale di Monasterolo.

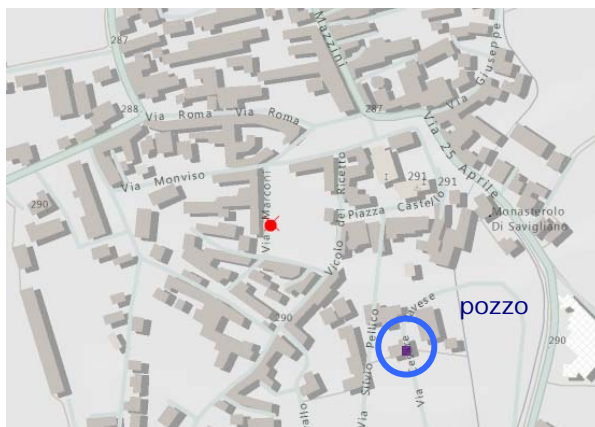


Fig. 13  
Pozzo acquedotto comunale (da rete PRI SMAS Regione Piemonte).

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
107310	1.50	terreno vegetale
107310	7.00	ghiaia argillosa
107310	7.00	ghiaione
107310	17.00	ghiaia argillosa
107310	18.00	argilla
107310	23.00	ghiaia molto argillosa
107310	26.00	ghiaia media
107310	27.00	argilla
107310	42.00	ghiaia media
107310	51.00	ghiaia con tracce di argilla
107310	54.15	argilla

## 8. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

Nel territorio di Monasterolo i terreni di fondazione presentano, generalmente, buone caratteristiche geotecniche per la presenza di un ampio fuso granulometrico compreso tra i limi e le ghiaie grossolane. Oltre ai numerosi dati geognostici disponibili presso l'Ufficio tecnico comunale allegati alle pratiche edilizie, nelle fasi di stesura del presente Piano sono state eseguite alcune trincee geognostiche e prelevati n.3 campioni di terreno per venire sottoposti ad analisi granulometria.

Dai dati in nostro possesso, in generale, è possibile definire, per i primi 20 metri di profondità, la seguente successione:

0,00-1,00: terreno vegetale-agrario limo-argilloso e sabbioso, privo di elementi lapidei grossolani, a colorazione scura.

oltre -1,00: sequenza di sabbie con ghiaie con presenza di ciottoli con  $\varnothing_{\max}$  10 cm ed occasionali passaggi sabbioso-limosi in aumento da -17 m. Colorazione variabile dal grigio al giallognolo in funzione del grado di ossidazione degli elementi lapidei.

Presso il centro abitato di Monasterolo la sequenza di sabbie e ghiaie risulta pressoché satura già a partire da 100/150 cm dal p.c.

Le numerose prove penetrometriche effettuate ( $N_{SPT}$  e  $N_{20}$ ) evidenziano il buon grado d'addensamento intergranulare del deposito alluvionale, con valori  $N_{SPT} = 9$  nei passaggi più marcatamente sabbiosi e  $N_{SPT} > 20$  in quelli, prevalenti, sabbioso-ghiaiosi.

Le prove penetrometriche non normalizzate individuano valori pari a  $N_{20}=5$  nei primi 5 metri dal p.c., corrispondenti ai passaggi sabbiosi, e valori pari a  $N_{20}=15$  tra 5 e 8 metri per i passaggi ghiaiosi. Questi valori, se normalizzati, sono confrontabili con i valori ottenuti dagli  $N_{SPT}$  (il rapporto tra  $N_{SPT}$  e  $N_{20}$  varia tra 1,5 per i terreni sabbioso ghiaiosi ed aumenta con l'aumentare della frazione fine, raggiungendo valori superiori a 4 nei terreni argillosi non saturi).

L'allegata Tav. 3:

□ CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA  
SISMICA - MOPS, scala 1:5.000.

illustra, per l'area del centro abitato di Monasterolo, le principali caratteristiche geotecniche del deposito alluvionale indagato nelle numerose indagini geognostiche, comprendenti prove SPT in foro, prove penetrometriche, sondaggio geognostico e trincee esplorative.

All'insieme dei terreni di fondazione, generalmente competenti a partire da 100/150 cm dal p.c., si può, preliminarmente, associare la seguente caratterizzazione geomeccanica <sup>[6]</sup>:

Classificazione UNI/CNR 100006 AASHO:	A1a
Classificazione USCS:	GW
SPT a -1,50 m; -3,00 m; -10 m:	1; 5; rifiuto
Passante al vaglio #200:	11 %
Modulo edometrico (E):	40 MPa
Resistività ( $\rho$ ):	300 ÷ 1.200 ohm*m
Attrito interno ( $\phi'$ ):	30÷35°
Peso di volume ( $\gamma'$ ):	18 kN/mc

## 9. VALUTAZIONE OCCORRENZA FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire

sulle condizioni di stabilità di fronti di scavo o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza d'interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

Il rischio di liquefazione deve essere accertato in base alla possibilità di concomitanza di fattori scatenanti (caratteristiche dei terremoti attesi) e predisponenti (suscettibilità dei terreni). L'indice del potenziale di liquefazione  $I_L$  dei terreni è valutabile nelle seguenti tre scale di rischio:

$0 < I_L \leq 5$	rischio di liquefazione basso
$5 < I_L \leq 15$	rischio di liquefazione elevato
$I_L > 15$	rischio di liquefazione estremamente elevato

La suscettibilità del terreno deve essere valutata sulla base di prove in sito (SPT e/o CPT e/o prove geofisiche), esplorando un numero di verticali adeguato all'importanza dell'opera e all'estensione dell'area d'indagine e sufficiente ad accertare la variabilità spaziale delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del deposito. Dovrà anche essere determinata con appropriate rilevazioni l'entità delle fluttuazioni dei livelli di falda e nelle analisi dovrà considerarsi la condizione meno cautelativa.

Nelle verticali esplorate la stima del potenziale di liquefazione dovrà essere effettuata con i *metodi semplificati* di seguito specificati.

I risultati dello studio devono essere presentati riportando l'andamento con la profondità del fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione in ciascuna delle verticali esplorate. Per ogni verticale dovrà anche essere valutato l'indice del potenziale di liquefazione  $I_L$  di seguito definito.

#### CASI IN CUI SI PUÒ ESCLUDERE CHE SI VERIFICHINO FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni (N.T.C. 2008, cap. 7.11.3.4.2 *Esclusione della verifica a liquefazione*):

1. Eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* (assenza di manufatti) minore di 0.1 g;
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.15 g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
  - frazione di fine (definita come la frazione passante al setaccio 200 ASTM), FC, superiore al 20%, con indice di plasticità  $PI > 10$ ;
  - $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
  - $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N$$

in cui il coefficiente  $C_N$  è ricavabile dall'espressione:

$$C_N = (p_a / \sigma'_v)$$

essendo  $p_a$  la pressione atmosferica e  $\sigma'_v$  la pressione efficace verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 14 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 14 (b) per coefficienti di uniformità  $U_c > 3.5$ .
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.

Dai dati preliminari in possesso ed esposti in questa Relazione l'indice del potenziale di liquefazione  $I_L$  dei terreni è stato valutato basso, in quanto:

- a) L'evento massimo atteso è da considerarsi inferiore a 5 (dati successioni storiche, confr. § 4).



b) La distribuzione granulometrica è molto ampia: Ghiaie 65%, Sabbie 30%, Limo e Argilla 5%.

c) Il coefficiente di uniformità è molto alto:  $U_c = 28 \div 42$

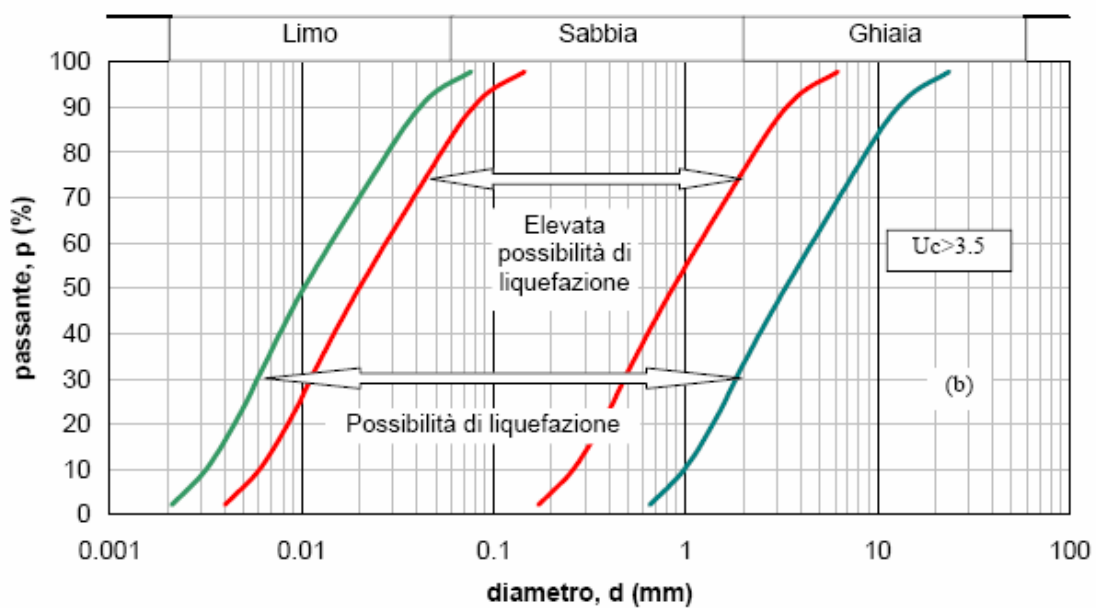
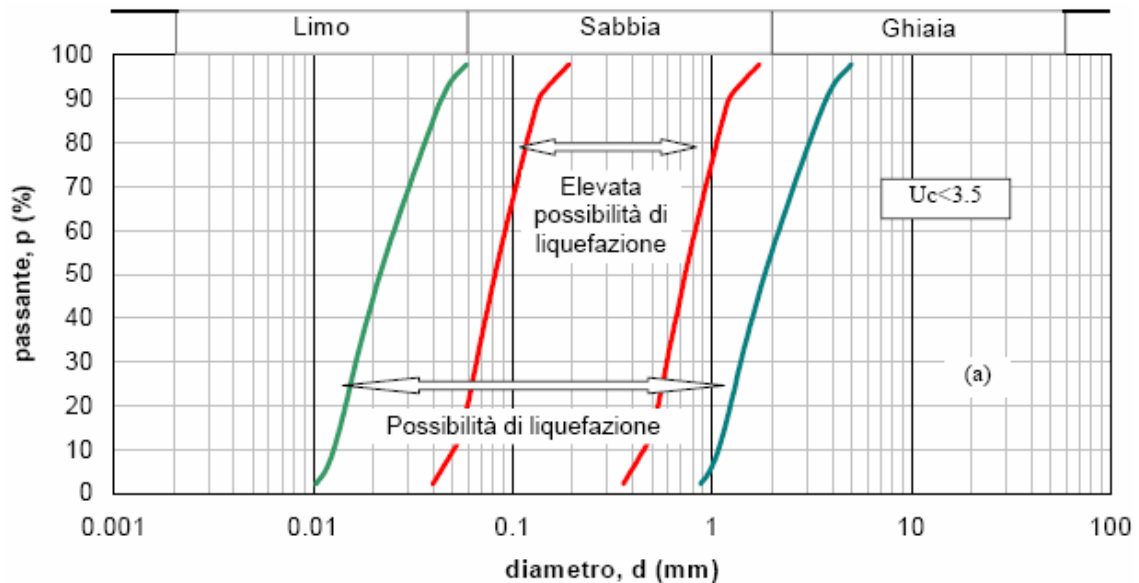


Figura 14 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno. Terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005).

## 10. RETICOLO IDROGRAFICO

Per motivi di chiarezza e completezza sono stati effettuati i seguenti aggiornamenti:

- a) è stata sostituita alla base C.T.R. la base catastale aggiornata e georiferita, con evidenti correzioni del confine catastale;
- b) è stato riperimetrato l'alveo attivo del T. Varaita, prendendo come riferimento le ortofoto AGEA 2009 e 2012 (Tav. 2);
- c) nel centro abitato sono state indicate le fasce di rispetto dai corsi d'acqua (Tav. 3, Fig. 15).

Acque pubbliche e demaniali:

- Torrente Varaita (n.347);
- Rivo Paschero (n.349), dallo sbocco nel Varaita a Km 1,500 a monte di Monasterolo (il rivo Paschero assume il nome di Bealera del Mulino presso il confine tra Ruffia e Monasterolo).

I criteri ai quali si è fatto riferimento per le fasce di rispetto dei corsi d'acqua sono:

- ◇ Per il canale del Molino / Rio Maschero è stata prevista una fascia di rispetto di metri 100,00 (art. 29 comma 1b, L.R. n.3 del 25/03/13). Nella perimetrazione del centro abitato la fascia è ridotta a metri 10,00 (R.D. n.523/1904 art. 96 lett. F) e metri 25,00 (art. 29 comma 2 punto 4), motivata dall'analisi idraulica facente parte della vigente Variante 2003 (Relazione geologico tecnica, pagg. 9 e 10 e dall'assenza di episodi storici di tracimazione del canale).
- ◇ Per i rimanenti canali e fossi irrigui del territorio comunale, costituenti mera rete funzionale all'irrigazione (art. 29 comma 1c, L.R. n.3 del

25/03/2013), è stata proposta una fascia di rispetto di metri 5,00. Si segnala che si rappresenta come fascia di rispetto il distacco dal confine di proprietà.

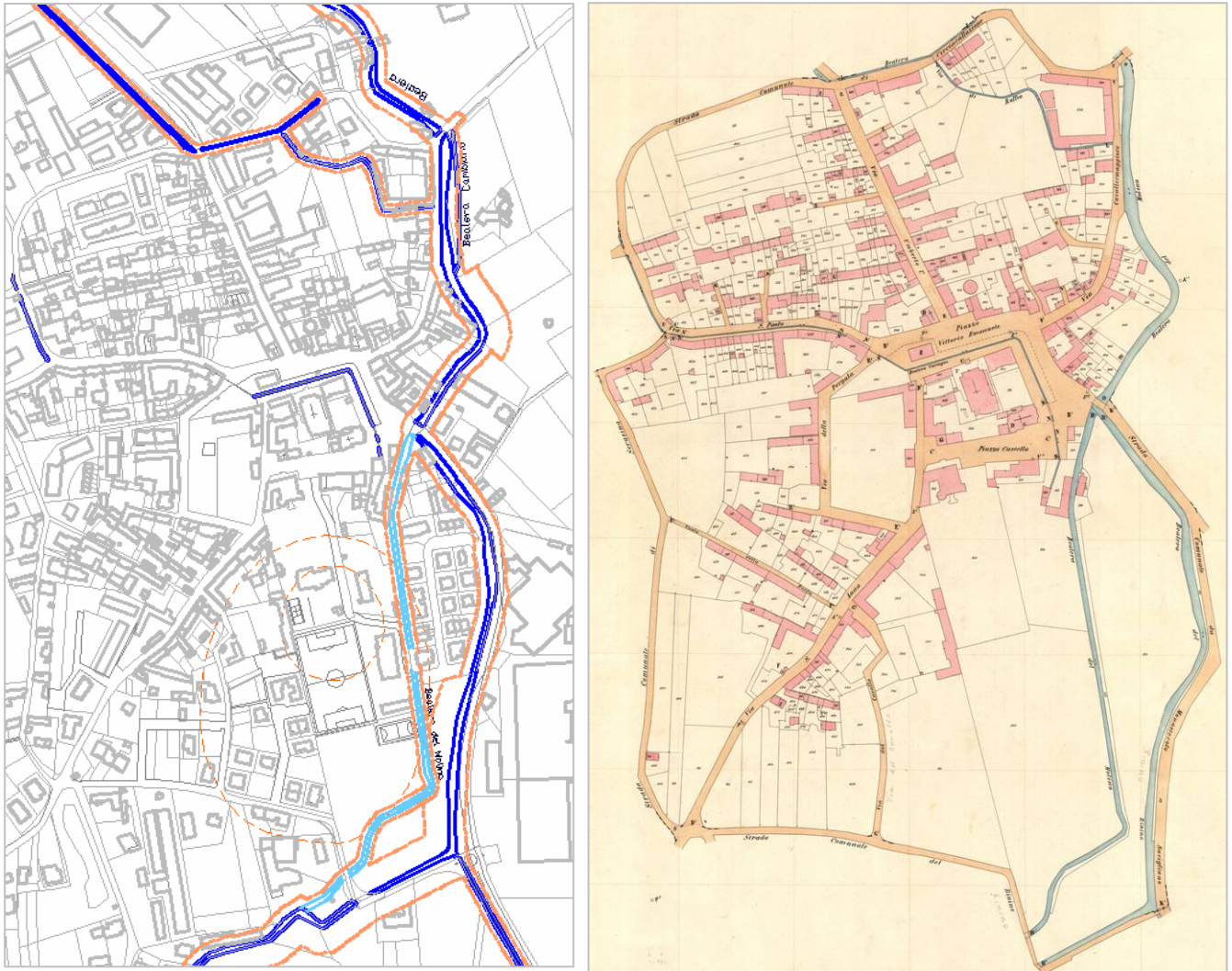


Figura 14 – Confronto tra la base catastale di primo impianto (1893) e l'attuale. Il ramo secondario occidentale del canale del Molino è stato dimesso da vari decenni. Per garantire la funzione di fosso drenante superficiale è stata applicata una fascia di metri 5.

## PARTE SECONDA

# **NORMATIVA GEOLOGICA**

INTERVENTI NELLA CLASSE II

INTERVENTI NELLE CLASSI III

## INTERVENTI EDILIZI RICADENTI NELLA CLASSE II

### SETTORI A MODERATA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

---

Comprende i settori del territorio Comunale esterni sia dalla delimitazione della Fascia C del T. Varaita (P.S.F.F.), che dalle fasce di rispetto dei corsi d'acqua naturali ed artificiali. Questi settori sono caratterizzati da condizioni di moderata pericolosità geomorfologica, determinate dalla presenza di terreni le cui caratteristiche geotecniche possono risultare localmente scadenti e da una generale ridotta soggiacenza della falda freatica (in media 1-2 m dal p.c.). Entro la Classe II non è consigliabile la realizzazione di vani interrati. Per tutte le nuove costruzioni dovranno essere verificate, con specifiche indagini, le interferenze con la falda idrica di fondazioni e locali interrati, adottando particolari accorgimenti tecnici.

Ogni nuovo intervento dovrà essere preceduto da uno studio che illustri le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche, ed individui, ove necessario, le soluzioni di mitigazione a livello di progetto esecutivo.

Sulla base di specifici studi si dovrà valutare l'eventuale innalzamento del piano topografico del primo piano calpestabile degli edifici in progetto. Divieto di realizzazione di piani interrati abitabili, con esclusione di locali tecnici non diversamente ubicabili.

Ai fini dell'azione sismica è richiesto l'approfondimento sismico delle aree di nuova edificazione (Livelli 2 e 3 degli studi di MS, in accordo agli *"Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica"*, Conferenza delle Regioni e delle Province autonome, Dipartimento Protezione Civile, 2008).

Per le aree ascritte alla Classe II si rende quindi necessario, per ogni nuovo intervento, un approfondimento d'indagine di carattere geologico-tecnico, sviluppato secondo le direttive del D.M. 14/01/2008 ed ispirato all'individuazione, alla progettazione ed alla realizzazione degli interventi tecnici necessari ad annullare la situazione di moderata pericolosità geomorfologica.

Ai fini della prevenzione del rischio sismico, l'attività urbanistico-edilizia dovrà rispettare le specifiche procedure definite dalla DGR n.4-3084 del 12.12.2011 e smi. e D.D. 9.03.2012 n.540, Allegato A.

## INTERVENTI EDILIZI RICADENTI NELLE CLASSI III

### SETTORI AD ELEVATA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

---

Le Classi III comprendono aree con caratteri geomorfologici o idraulici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti e sono suddivise nelle seguenti sottoclassi.

#### **Classe IIIa:**

Comprende le aree alluvionabili, prevalentemente inedificate, delimitate dalle Fasce **A** del T. Varaita (PAI), interessate da acque d'esondazione ad alta energia. Inoltre comprende l'area potenzialmente allagabile presente a valle del capoluogo, lungo il rivo Maschero/bealera del Molino, individuata nella tavola geomorfologica con la sigla Ee (art. 9 punto 1 del P.A.I.).

Sulle aree comprese in questa classe si applicano, in corrispondenza del T. Varaita, gli art. 29, 30 e 41 delle norme del PAI Per l'area Ee a valle del concentrico, lungo il Rivo Maschero/Bealera del Molino, l'art. 9 comma 5° delle norme del PAI.

Le opere pubbliche o d'interesse pubblico sono soggette all'art. 38 del PAI nei territori compresi nella Fascia A e B, ed all'art. 9 punto 5 del PAI nella delimitazione della tipologia Ee.

La pericolosità di tali aree impone l'adozione dei necessari strumenti o sistemi operativi di allerta che consentano l'efficace allontanamento delle persone ed il controllo della viabilità in caso di piena critica (Piano di Protezione Civile).

#### **Classe IIIa1:**

Comprende le aree alluvionabili, prevalentemente inedificate, esterne alla Fascia A e comprese nella Fascia B e Fascia C del T. Varaita (PAI), interessate da acque di esondazione a media e bassa energia.

Nelle aree ricadenti nella Fascia B del PAI si applicano gli artt. 30, 39 e 41 del PAI. Nelle aree ricadenti in Fascia C si applicano le norme richiamate per la fascia B.

#### **Classe IIIa2:**

Comprende la superficie della Fascia B racchiusa dall'involuppo delle tracce morfologiche dell'alveo estinto. In tali aree si richiamano le norme di cui alla precedente Classe IIIa1, escludendosi le lettere a) e b) del comma 4 dell'art. 39 del PAI.

## LA RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA

---

La Relazione geologico-tecnica deve essere redatta da un tecnico abilitato all'esercizio della professione di Geologo, a norma della Legge n.112/1963 e Legge n.616/1996 e deve analizzare ed illustrare quanto segue:

- Planimetria di dettaglio dell'area d'intervento estesa ad un intorno significativo ed in scala adeguata.
- Inquadramento geologico e geomorfologico, attraverso elaborati cartografici e descrittivi.
- Eventuali indagini geognostiche che consentano di definire, attraverso la determinazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni, la scelta di adeguate tipologie di fondazione. Devono pertanto essere effettuate le indagini sufficienti a descrivere le caratteristiche del volume di terreno interessato direttamente e indirettamente dalle opere in progetto.
- A causa della presenza relativamente superficiale del livello di falda sul territorio comunale, la Relazione geologico-tecnica dovrà definire, con sufficiente grado di precisione, la soggiacenza della falda, le eventuali massime escursioni, le interferenze con scavi ed opere di fondazione, al fine di valutare la necessità di adeguamento delle quote d'imposta degli edifici e la compatibilità della realizzazione di locali interrati.
- Ai fini dell'azione sismica la relazione geologico-tecnica dovrà definire il corretto profilo stratigrafico del suolo di fondazione (Ordinanza PCM 20/03/2003 n.3274 e succ. int.).
- Per interventi che prevedono ampie superfici ad elevata impermeabilizzazione, per le quali possono risultare significative piogge brevi e intense, di durata variabile da pochi minuti a qualche ora, i progetti dovranno comprendere l'individuazione dei volumi idrici attesi, le modalità di allontanamento nelle reti idrauliche di drenaggio urbano fino al ricettore finale, verificando l'adeguatezza delle sezioni idrauliche attraversate.
- Relativamente alle aree di nuova trasformazione urbanistica previste in P.R.G. dovrà essere fatto richiamo alle prescrizioni geologico tecniche riportate nella specifica Relazione geologico-tecnica facente parte della variante 2012.

Ai fini dell'azione sismica è richiesto l'approfondimento sismico dell'area di nuova edificazione, con valutazioni della suscettibilità alla liquefazione del terreno d'imposta. Per questo approfondimento sono indispensabili dati su:

- scuotimento in superficie (in genere, in termini di accelerazione massima del suolo, PGA);
- magnitudo degli eventi attesi;
- litostratigrafia;
- granulometria;
- profondità della falda;
- resistenza dei terreni sotto carico ciclico.



## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] BANCA DATI GEOLOGICA DELLA REGIONE PIEMONTE (CSI Piemonte – Consorzio per il Sistema Informativo) *Carte tematiche alla scala 1: 100.000, aggiornate fino al 1981-1992* (Regione Piemonte GEOS / Foglio I.G.M. 80, CUNEO).
- [2] BIANCOTTI A. (1979a) – *Il Quaternario dell'area compresa fra Stura di Demonte e Tanaro (Piemonte sud-occidentale)*. Rend. Sc. Fis. Mat. Nat. Acc. Naz. Lincei. Serie VIII, LXVI, Fasc. 1-9.
- [3] BIANCOTTI A. (1979b) – *Rapporti fra morfologia e tettonica nella pianura cuneese*. Boll. Comit. Glac. It., Ser. 3, (1).
- [4] BIANCOTTI A., CORTEMIGLIA G.C. Morphogenetic evolution of the river system of southern Piedmont (Italy). Geogr. Fis. Din. Quat., 5, 10-13, 1f.
- [5] BOTTINO G., CAVALLI C., EUSEBIO A. & VIGNA B. (1994) – *Stratigrafia ed evoluzione plio-quaternaria del settore sud-orientale della pianura cuneese*. Atti Tic. Sc. Terra, Serie spec. 1, pag. 153-166.
- [6] BOTTINO G., CAVALLI C., VIGNA B., EUSEBIO A., GRASSO P. – Geological and geotechnical models in the south-eastern plain of Cuneo, Italy. 7° Congress of the intern. Ass. Of Eng. Geology. Lisboa, 1994.
- [7] CARRARO F., BORTOLAMI G.C., CAMPANINO F., CLARI P.A., FORNO M.G., FERRERO E., GHIBAUDO G., MASO V. & RICCI B. (1978) – *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 56 (Torino), 68 (Carmagnola) e 80 (Cuneo)*. Contrib. Concl. per la realizz. della Carta Neotettonica d'Italia. C.N.R., Prog. Fin. Geodinamica.
- [8] CASNEDI R. (1971) – *Stratigrafia e sedimentologia dei terreni miocenici nella zona sud-occidentale del Bacino Terziario Piemontese (Foglio 80-Cuneo)*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 22, pag. 3-45.
- [9] CAVALLI C. & VIGNA B. (1996) – *Il Villafranchiano nel sottosuolo della pianura cuneese. ("Geological cross-sections of the Cuneo plain")*. Atti del Convegno: "Il significato del Villafranchiano nella stratigrafia del Plio-Pleistocene".
- [10] CIVITA M., FIORUCCI A., OLIVERO G. & VIGNA B. (2000) – *Le risorse idriche sotterranee del territorio cuneese (Piemonte meridionale). Parte 2: il settore di pianura*. Pubblicazione n° 2169 del G.N.D.C.I.-C.N.R., U.O. 4.1, Dipartimento di Georisorse e Territorio.
- [11] CIVITA M. – Studio e valutazione della vulnerabilità intrinseca delle acque sotterranee. Relazione finale. Politecnico di Torino e Provincia di Cuneo, Ass. Tutela Ambiente, Torino 2005.
- [12] CIVITA M. et Al. – *Le acque sotterranee della pianura e della collina cuneese*. Amm. Provinciale di Cuneo, Politecnico di Torino. 2011.
- [13] ENEL (1973) – *Elementi di neotettonica del territorio italiano*. Relazione ed Allegati: A. Indizi morfologici; B. Lineazioni da satellite; C. Faglie e lineazioni classificate. AQUATER (Gruppo ENI).
- [14] GABERT P. (1962) – *Les plaines occidentales du Po et leurs piedmonts (Piémont, Lombardie occidentale e centrale). Etude morphologique*.
- [15] GELATI R. & GNACCOLINI M. (1988) - *Sequenze deposizionali in un bacino episuturale nella zona di raccordo tra Alpi ed Appennino settentrionale*. Atti Tic. Sc. Terra, v. 31, pag. 340-350, Pavia.
- [16] GHIELMI M., ROGLEDI S., VIGNA B., VIOLANTI D. – *Evoluzione tettono-sedimentaria della successione Plio-Pleistocenica nel settore del Piemonte centro meridionale*. 2002.
- [17] MAFFEO B. & ANSALDI G. (1981) – *Le acque sotterranee della pianura cuneese*. Inventario delle risorse idriche della Provincia di Cuneo, Parte VI, Quaderno n° 33, 118 pag.
- [18] MARTINIS B. (1954) – *Ricerche stratigrafiche e micropaleontologiche sul Pliocene piemontese*. Riv. It. Paleont. e Stratig., 60, pag. 9-27.

- [19] REGIONE PIEMONTE – Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione (Edizione Giugno 2002) – *Legenda Regionale per la redazione della Carta Geomorfologica e del Dissesto dei P.R.G.C. redatta in conformità alla Circ. P.G.R. N° 7/LAP e succ. N.T.E./99.*
- [20] REGIONE PIEMONTE – Direz. OO.PP., Difesa del Suolo, Economia Montana e Foreste. Settore Pianificazione Difesa del Suolo. Manuale per il censimento delle opere in alveo, 2008.
- [21] REGIONE PIEMONTE – Direz. Regionale Servizi Tecnici di prevenzione. Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte. Nota Tecnica Esplicativa alla Circolare P.G.R. 8 maggio 1996 n.7/LAP. Dicembre 1999.
- [22] SACCO F. (1889-90) – *Il Bacino Terziario e Quaternario del Piemonte.* Atti Soc. It. Sc. Nat., 32, pag. 440-567.
- [23] SACCO F. (1917) – *L'evoluzione del Fiume Tanaro durante l'era quaternaria.* Atti Soc. It. Sc. Nat., 56, pag. 156-178.
- [24] SACCO F., FRANCHI F. & STELLA A. (1931) – *Carta Geologica d'Italia: Foglio 80-Cuneo, scala 1:100.000*, I Ed.
- [25] SICOD (Sistema Informativo Catasto Opere di Difesa – Regione Piemonte, Direzione Difesa Suolo / CSI Piemonte). SICOD LT – *Data Base di Accesso.* D.G.R. 1 Ottobre 2001 n.47-4052.
- [26] Soc. per gli studi storici, archeologici ed artistici della Provincia di Cuneo. *CANALI IN PROVINCIA DI CUNEO.* Atti del convegno. Bra 20-21 maggio 1989, a cura di Carità G.
- [27] INDAGINE GEOFISICA FINALIZZATA ALLA RICOSTRUZIONE DEL SOTTOSUOLO ED ALLO STUDIO DELLA MICROZONAZIONE SISMICA PER LA RISPOSTA LOCALE – *METODOLOGIA SISMICA A RIFRAZIONE.* Aprile 2010. CIS GEOFISICA s.r.l., Busto Arsizio (Va)
- [28] G. Martini, S. Castenetto, G. Naso – *La Carta geologico tecnica per gli studi di MS.* Ingegneria Sismica n. 2-2011.
- [29] GEOLOGIA E IDROSTRATIGRAFIA PROFONDA DELLA PIANURA PADANA OCCIDENTALE. A. Irace, P. Clemente, M. Natalicchio, L. Ossella, S. Trenkwalder, D. A. De Luca, P. Mosca, F. Piana, R. Polino & D. Violanti. C.N.R., Dipartimento Scienze della Terra, Università di Torino, Regione Piemonte, 2009.