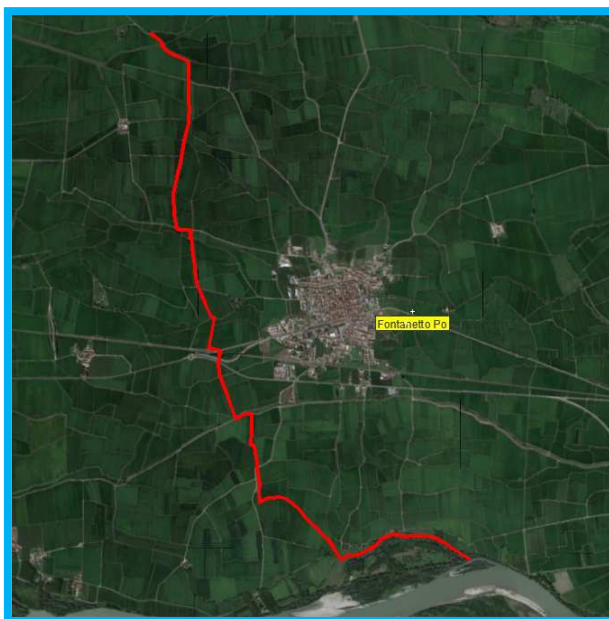




COMUNE DI FONTANETTO PO PROVINCIA DI VERCELLI

REALIZZAZIONE CANALE SCOLMATORE
AD OVEST DI FONTANETTO PO

STUDIO DI FATTIBILITA' *Relazione geologico-geotecnica*



Hy.M.Studio

Associazione Professionale
Via Pomba, 23
10123 Torino - Italy
Tel. +39 11 56 13 103
Fax +39 11 55 92 891
e-mail: hym@hymstudio.it
sito web: www.hymstudio.it

Certificazione qualità ISO 9001



CODICE DOCUMENTO

ELABORATO

S 4 7 1 - 0 1 - 0 0 3 0 0 . D O C 3

00	FEB. 14	I.SPARTAIUOLO	A.DENINA	M.CODO	
REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE	MODIFICHE

RIPRODUZIONE O CONSEGNA A TERZI SOLO DIETRO SPECIFICA AUTORIZZAZIONE

INDICE

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA IN ESAME	1
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	2
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE	3
5. INQUADRAMENTO STRUTTURALE E NEOTETTONICA	7
6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E ANTROPIZZAZIONE	8
7. CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DEL MATERIALE PRESENTE IN SITO	10
8. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	10
8.1 Assetto idrogeologico generale	10
8.2 Assetto idrogeologico locale	12
8.3 Parametrizzazione dell'acquifero superficiale (depositi fluviali)	19
9. CRITICITÀ NATURALE A SEGUITO DI EVENTI ALLUVIONALI	21
10. INQUADRAMENTO IN RELAZIONE AL PRGC	24
11. INQUADRAMENTO SISMICO	25

1. PREMESSA

L'indagine riportata nel presente elaborato è finalizzata all'analisi delle condizioni e dei fattori di instabilità geologica-geomorfologica del territorio interessato dalle opere, di riferimento per l'individuazione delle soluzioni progettuali e delle tipologie di intervento maggiormente compatibili con le caratteristiche del territorio stesso.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA IN ESAME

L'opera attraversa longitudinalmente il Comune di Fontanetto Po a circa 700 m ad Ovest dell'abitato per poi deviare, a circa 80 m a sud della Cascina Gianduia, in direzione trasversale parallelamente all'andamento del Fiume Po con cui si congiunge, in prossimità del limite comunale di Gabiano a sud e di Palazzolo Vercellese a Est ad una quota di circa 139 m s.l.m.

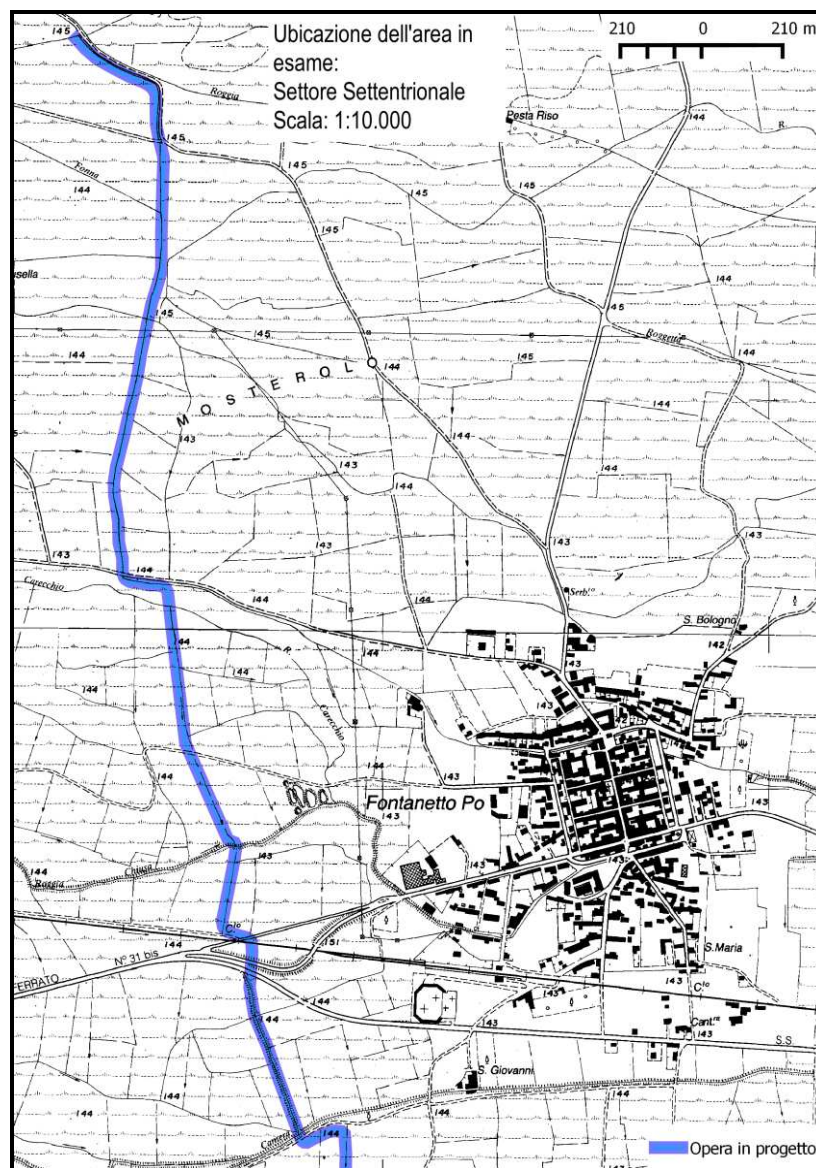


Figura 1: Ubicazione nel settore settentrionale dell'opera in progetto

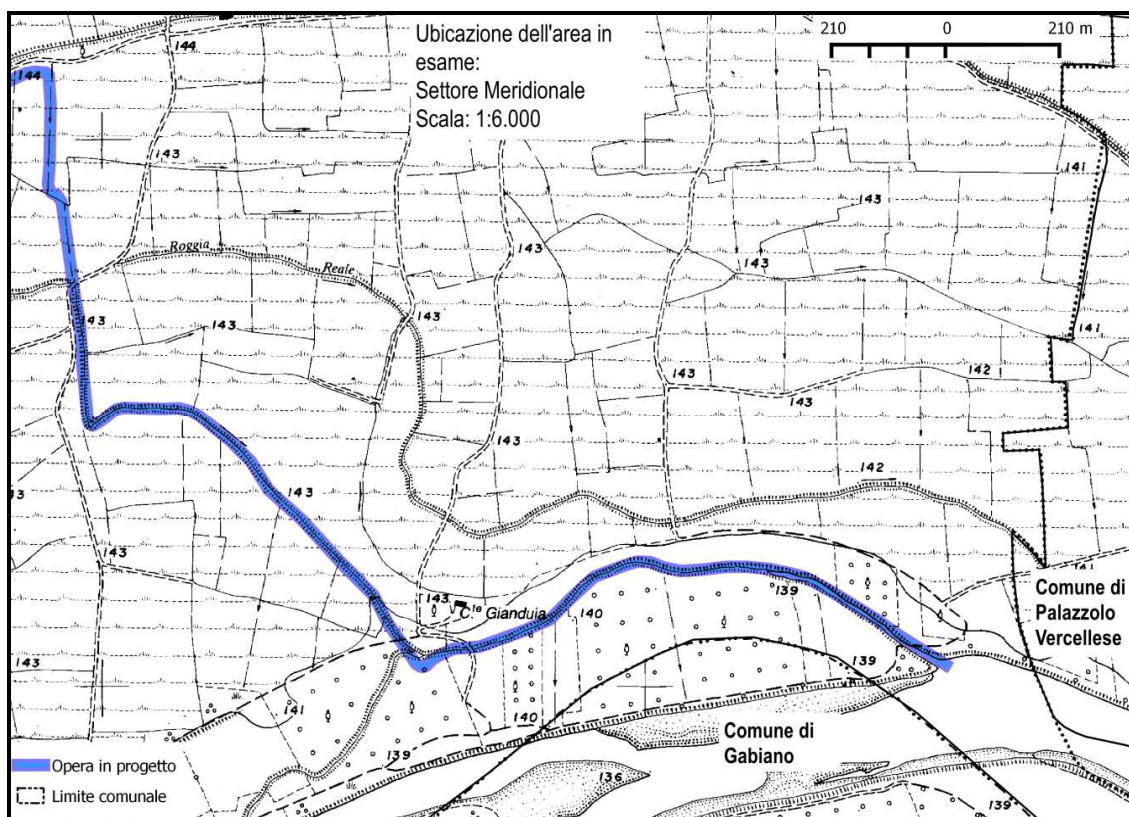


Figura 2: Ubicazione nel settore meridionale dell'opera in progetto

L'area oggetto d'intervento ricade in Comune di Fontanetto Po (VC).

Il sito in esame si colloca all'interno delle Sezioni topografiche n. 136150 e 157030 della Carta Tecnica Regionale (CTR) edita dalla Regione Piemonte.

Le coordinate geografiche baricentriche del sito in esame secondo sistema di riferimento in U.T.M. WGS84 (Zona 32N) sono le seguenti:

N5003227

E437160

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Dal punto di vista di un inquadramento geologico generale, il territorio in esame si colloca entro il dominio tettonico-sedimentario del Monferrato a sua volta facente parte del Bacino Terziario Piemontese (BTP); trattasi di depositi di età cenozoica da attribuirsi ad un bacino di avanfossa che, nella fase di collisione, si sono giustapposte a successioni di pertinenza crostale (unità liguri).

La presenza di unità marine sono inoltre da imputarsi ad una successiva fase evolutiva che vede una regressione marina e una conseguente fase di collisione Pliocenica e formazione di un assetto a Thrust a

vergenza Padana. Ne consegue una strutturazione complessa da un punto di vista tettonico obliterato, nell'area in oggetto dai depositi fluvioglaciali e fluviali.

Schematicamente la storia evolutiva del bacino di avanfossa assimilabile al dominio del Monferrato può essere così schematizzato:

- Pliocene medio superiore: fase di regressione marina con conseguente ritiro del bacino esistente e formazione di depositi di ambiente marino.
- Passaggio ad un ambiente costiere lagunare-deltizio fino a lagunare denominato in letteratura con il termine di Villafranchiano. Tali depositi poggiano sui precedenti tramite una superficie di tipo erosionale
- Pleistocene medio: obliterazione delle formazioni depositatesi ad opera delle numerosi fasi di espansione e ritiro glaciale. Nello specifico l'azione di deposizione e di erosione della pianura Vercellese si deve al ghiacciaio della Valle d'Aosta e dei vari scaricatori glaciali che da esso scaturirono.
- Pleistocene inferiore: ambiente sedimentario tipico di una pianura alluvionale ad opera di corsi d'acqua ad elevata energia
- Oligocene: formazione di depositi fluviali ad opera di un reticolato idrografico poggiante sulle formazioni precedenti mediante superfici di tipo erosionale.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

Nello specifico, l'area in oggetto di esame, è ubicata entro il settore sud-occidentale della Pianura Vercellese e rappresenta l'espressione geomorfologica di una ampia pianura fortemente modellata dall'attività fluviale, ad andamento sub-pianeggiante debolmente immergente verso sud e caratterizzata dalla presenza di una serie di basi terrazzate in progressivo raccordo con l'alveo del Fiume Po.

Tali basi rappresentano delle superfici delimitate da scarpate erosionali ad andamento sinuoso, espressione dell'alternanza di eventi erosivo-deposizionali ad opera del Po, a cui quindi si deve il maggior controllo sulla morfologia dell'area. Ne rimane a testimonianza la presenza di innumerevoli alvei abbandonati sotto forma di blande depressioni, ubicate a Nord del Po e aventi andamento E-W.

Gli innumerevoli fenomeni di erosione fluviale e di scalzamento operati alla base dei rilievi collinari hanno inoltre determinato un progressivo arretramento verso Sud del limite tra area di pianura e zona collinare; tale limite è raccordato da una serie di ampi conoidi i quali risultano spesso terrazzati, ma assume valori ridotti nel comune di Palazzolo Vercellese per il quale si osserva un passaggio netto tra le due unità.

La successione quaternaria osservabile nell'area in analisi è riferibile al Sintema di Palazzolo ascrivibile al Bacino del Fiume Po. Dal basso verso l'alto stratigrafico si incontrano i seguenti Subsintemi:

- Subsintema di Trino (CSN1): Ghiaie e Ghiaie sabbiose mediamente classate e struttura debolmente stratificata con rari livelli sabbiosi intercalati a laminazione piano parallela o incrociata. Debole grado di alterazione (7,5 – 10 YR) di colorazione bruno-giallastra. Al di sopra coltre di silt e silt-sabbiosi da amputarsi a esondazioni fluviali. Parte alta del Pleistocene sup.

- Subsistema di Crescentino (CSN2): Ghiaie e Ghiaie sabbiose mediamente classate e struttura debolmente stratificata con rari livelli sabbiosi intercalati a laminazione piano parallela o incrociata. Debole grado di alterazione (7,5 – 10 YR) di colorazione bruno-giallastra. Al di sopra coltre di silt e silt-sabbiosi da amputarsi a esondazioni fluviali. Pleistocene sup. – Olocene
- Subsistema di Ghiaia Grande (CSN3): attuale fascia di divagazione e rimodellamento ad opera del Fiume Po costituita da ghiaie e ghiaie-sabbiose non alterate e poco classate. Olocene - Attuale

I numerosi dati stratigrafici hanno evidenziato come il Sistema di Palazzolo poggi direttamente sulle successioni Oligo-Mioceniche del Monferrato e corrispondente alle Marne di Antognola e, in minor misura alla formazione di Casale Monferrato. Tali successioni rappresentano una porzione dell'ampia platea sepolta al di sotto dei depositi fluviali ad una profondità variabile dai 5 a i 15 metri il cui contatto risulta di tipo erosionale.

I rapporti tra le sequenze descritte sono esplicitate nelle immagini sottostanti:

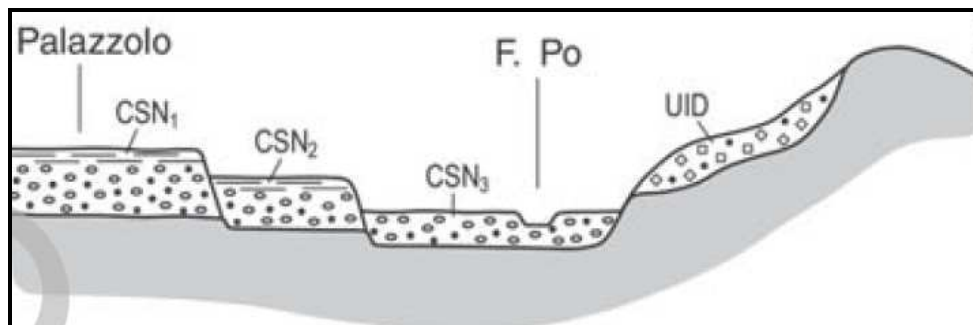


Figura 3: Estratto dalle Note illustrative alla Carta Geologica Foglio 157 "Trino". I depositi ghiaiosi, nei loro vari rapporti terrazzati, sovrastanti il substrato della platea sommersa di Trino

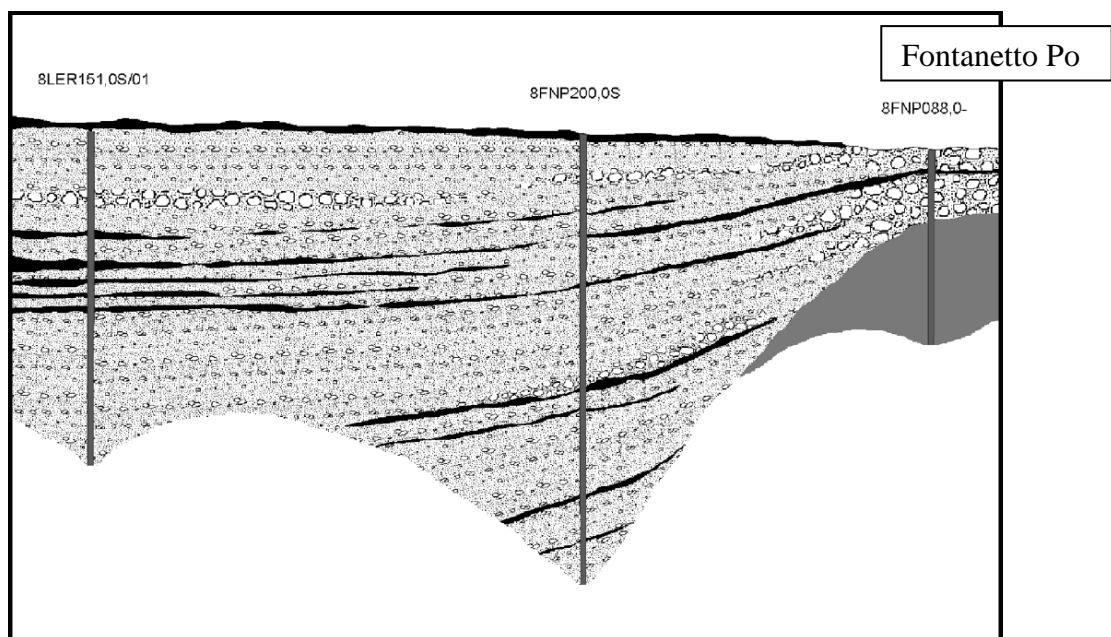


Figura 4: sezione litostratigrafica in corrispondenza al comune di Fontanetto Po. La successione è caratterizzata da Ghiaie con locali intercalazioni di livelli sabbiosi o limoso-sabbioso sovrastante la Platea

sommersa di Trino (Lavoro a Cura della Provincia di Vercelli in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli studi di Torino "*Le acque sotterranee della Pianura Vercellese*").

Il territorio di Fontanetto è dunque caratterizzato in superficie dalla presenza di sedimenti continentali appartenenti al periodo Quaternario. I sedimenti, di natura prevalentemente ghiaioso – sabbiosa, hanno origine alluvionale e sono stati originati dalle successive divagazioni degli alvei fluviali, mentre gli accumuli a granulometria più fine testimoniano l'esistenza di locali ambienti di deposizione di tipo fluvio – lacustre.

Il materasso alluvionale Quaternario su cui insiste l'area d'intervento poggia al di sopra di formazioni più antiche, la cui genesi è riconducibile all'ambiente marino. In corrispondenza dell'area d'intervento, sulla base di dati desunti da diversi studi effettuati nella zona, si rileva la presenza di uno spessore esiguo di depositi alluvionali, compresa tra m 2 (in corrispondenza dell'alveo del fiume Po) e m 10, i quali poggiano, tramite contatto di tipo erosionale, su rocce sedimentarie terziarie (prevalentemente arenarie e marne) originatesi in ambiente marino e di transizione. Queste ultime litologie appartengono alle unità raggruppate in un complesso noto in letteratura come "*platea sepolta*" ed affiorano localmente lungo l'alveo del fiume Po.

L'assetto stratigrafico locale presenta una successione sedimentaria a grandi linee semplice: alla base dei depositi fluviali, rappresentanti il Quaternario, si denota la mancanza del Complesso Villafranchiano, di età pliocenica, presente invece nei settori ubicati più a N della pianura. In corrispondenza dell'area in esame, prossima al limite meridionale della pianura alluvionale, i suddetti depositi villafranchiani lasciano spazio al substrato terziario caratteristico del Bacino Terziario Ligure Piemontese: l'attività geodinamica medio – recente che ha interessato il settore collinare, infatti, ha determinato un forte sollevamento dei terreni terziari, tale per cui attualmente il materasso alluvionale del fiume Po risulta poggiare direttamente su questi termini anziché su quelli di età pliocenica.

I depositi quaternari possono essere suddivisi in base a criteri pedologici e geomorfologici, a seconda della presenza di suoli più o meno evoluti e di tracce di modellamento che testimoniano l'alternarsi di fasi successive di erosione e sedimentazione da parte dei corsi d'acqua principali.

Il territorio della zona in esame è caratterizzato, infatti, da una morfologia modellata ad opera dell'evoluzione, durante il Quaternario, della rete idrografica, propria dell'area di passaggio tra la pianura vercellese ed i rilievi del Monferrato, unitamente ai fenomeni geodinamici e climatici verificatisi in questo intervallo di tempo nel settore occidentale alpino.

In base a quanto riportato sul Foglio n. 57 "Vercelli" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, i terreni presenti nell'area d'indagine sono di origine fluvio – glaciale e fluviale e ricadono interamente all'interno delle *Alluvioni Attuali (Olocene): alluvioni prevalentemente ghiaiose e ghiaioso-sabbiose degli alvei attuali dei fiumi principali*.

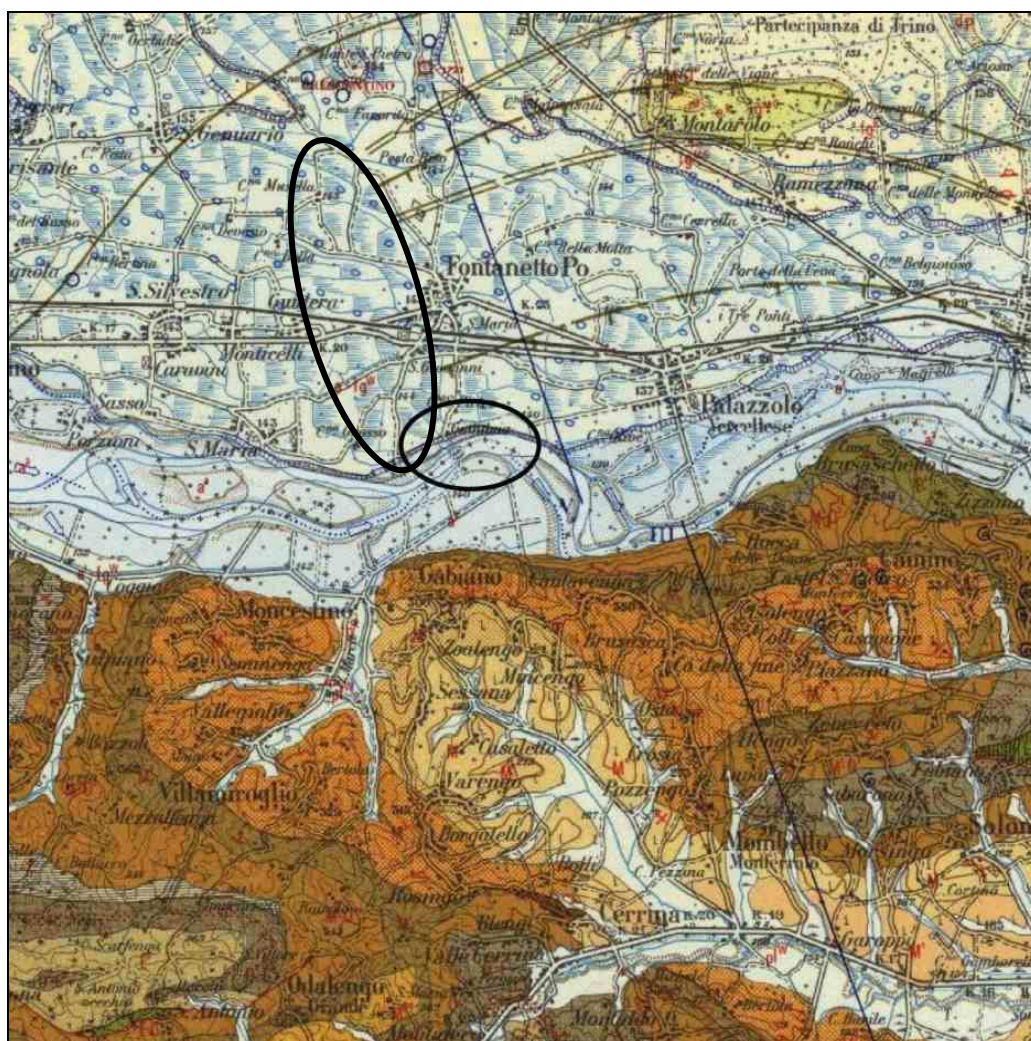


Figura 5: Stralcio Foglio n. 57 "Vercelli" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

In base a quanto riportato sul Foglio n. 157 "Trino" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, i terreni presenti nell'area d'indagine, sono di origine fluvio – glaciale e fluviale e ricadono interamente all'interno della Successione Quaternaria – Sintema di Palazzolo – Subsintema di Ghiaia Grande: costituita da depositi ghiaiosi a ghiaioso – sabbiosi, a supporto di clasti, non alterati, con locali intercalazioni di livelli sabbioso a laminazione piano – parallela e incrociata, coperti in modo generalizzato da una coltre di spessore decimetrico o metrico di sabbie e sabbie siltose (depositi fluviali) (CSN3b) (Olocene – Attuale).

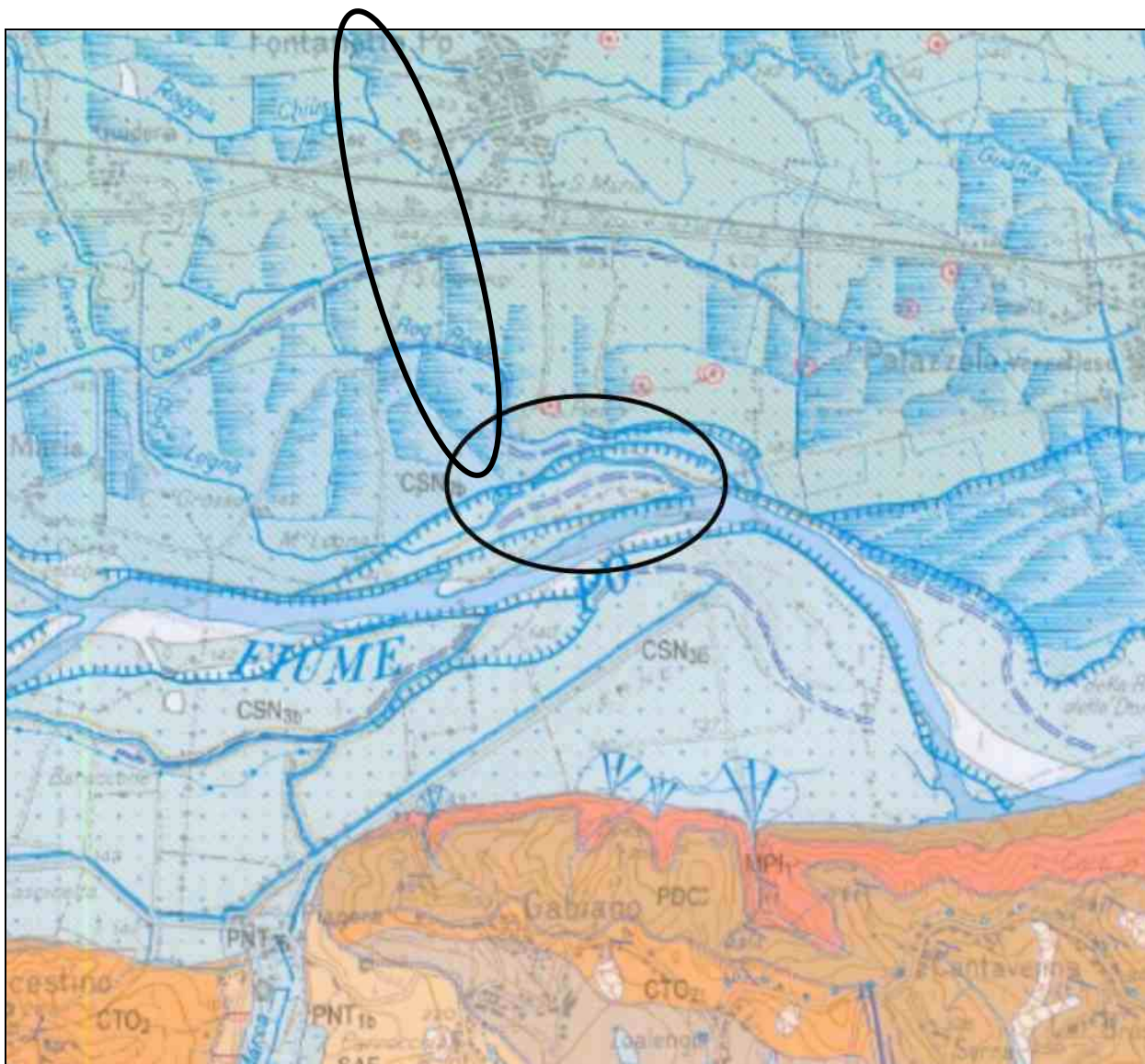


Figura 6: Stralcio Foglio n. 157 "Vercelli" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

Nella "Carta geolitologica" allegata al vigente P.R.G.C. i terreni in esame ricadono all'interno delle *Alluvioni medio recenti ghiaiose e ghiaioso - sabbiose con lenti argillose (Olocene medio - Attuale)*.

5. INQUADRAMENTO STRUTTURALE E NEOTETTONICA

Dal punto di vista della geologia strutturale del Bacino Piemontese Settentrionale, si denota come il substrato collinare, partendo dai rilievi collinari e procedendo verso Nord e NE, sia stato dislocato e rapidamente abbassato, fino a formare un bacino subsidente, da una serie di faglie ad andamento circa parallelo al bordo collinare.

Le principali faglie sono: la faglia inversa detta "Faglia di Balzola" o "Faglia del Monferrato" che si estenderebbe da Tortona a Torino (Pieri & Groppi, 1981) e la faglia diretta "Faglia di Lucedio" che si sviluppa poco più a Nord (Fisso *et al.*, 1987). Un altro elemento strutturale è l'asse d'anticlinale sepolto avente

direzione NNW-SSE, ubicato tra Morano sul Po e Balzola. Tale struttura a piega - faglia, vergente a Nord, coinvolge le formazioni oligo - mioceniche e passa lungo il margine meridionale del Rilievo Isolato di Trino (Gruppo di studio del quat. padano., 1976).

Per ciò che concerne la neotettonica (effetti “recenti” indotti dalle spinte geodinamiche) si osserva come le aree rilevate, costituite dal substrato marino pre-pliocenico, sono state interessate, durante il Quaternario, da un generale sollevamento. Quest’ultimo è stato intervallato da episodi di stabilità, cui corrisponde la mancata sedimentazione dei depositi pliocenici e l’esiguità di quelli pleistocenici. Per le aree marginali, ove sono invece diffusi i depositi pliocenici, è indicata una subsidenza iniziale seguita, dal Pleistocene medio-superiore, da sollevamento talora interrotto da stasi (Carraro *et al.*, 1978).

Da un punto di vista litologico, si rappresenta che i due ambienti sopra indicati non presentano particolari differenze, essendo le formazioni che li compongono costituite essenzialmente da depositi ghiaiosi e ghiaioso – sabbiosi con locali lenti argilloso – siltose: l’unica differenza si rileva nel grado di alterazione dei terreni, il quale risulta essere leggermente superiore in corrispondenza delle alluvioni medio – recenti.

6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E ANTROPIZZAZIONE

Nel suo insieme il territorio del Monferrato su cui insiste l’area in analisi può essere schematicamente suddiviso in 4 ambienti geomorfologici:

- Ambiente collinare (presente a S dell’area d’intervento): i rilievi, facenti parte del sistema collinare del basso Monferrato, sono caratterizzati da una morfologia relativamente “dolce” con versanti poco acclivi, impostati in rocce facilmente degradabili, e versanti maggiormente acclivi, impostati in litotipi meno erodibili. Solo localmente, come in prossimità del fiume Po, si trovano scarpate morfologiche subverticali, denominate Rocche, di natura calanchiva (vedasi Rocca delle Donne). I rilievi, come si deduce dall’analisi ortoscopica delle foto aeree, sono caratterizzati da una serie di forme e/o depositi geomorfologici (selle, lembi di terrazzo, rotture di pendio, etc.), testimoni relitti di antichi fondovalle succedutisi nel tempo. Tali elementi testimoniano pertanto del modellamento fluviale operato nel tempo sui rilievi, contemporaneamente al progressivo sollevamento ed avanzamento verso N degli stessi, da corsi d’acqua ad elevata energia paragonabili all’attuale Fiume Po.
- Ambiente pedecollinare: stretta fascia territoriale compresa tra la sponda destra del fiume Po ed il territorio collinare; è caratterizzata dalla presenza di blande superfici sub pianeggianti vergenti verso il fiume e che si raccordano con il bordo collinare. La morfologia è dovuta all’interazione tra l’azione erosiva esercitata dal fiume Po, che spesso si adagia al bordo collinare, e quella sedimentaria dei corsi d’acqua affluenti i quali, drenando il settore collinare, formano allo sbocco in pianura conoidi fluviali di ridotte dimensioni di raccordo tra i due ambienti. La larghezza di questo ambiente varia da poche decine di metri fino a qualche Km; il settore in cui risulta più ampio è tra Casale Monferrato e Valenza.
- Ambiente fluviale s.s.: caratterizzato, nel settore d’indagine, dalla presenza del Fiume Po che occupa, una fascia di territorio d’estensione compresa tra poche decine di metri e pochi chilometri, delimitato in più punti da opere artificiali quali argini e scogliere. Nei decenni passati il fiume ha dovuto infatti cedere spazi, a causa del forte processo di antropizzazione, in favore delle aree coltivate, di quelle urbanizzate e di quelle industriali.
- Ambiente di pianura alluvionale: a N dell’area d’intervento presenta una tipologia paesaggistica relativamente monotona, caratterizzata da una forte presenza dell’agricoltura intensiva (coltivazioni

risicole e cerealicole) che oblitera l'assetto morfologico del territorio. In particolare, le risaie trasformano, durante il periodo dell'allagamento (primavera-estate), il paesaggio in un'unica distesa d'acqua, parcellizzata solamente dalla presenza dei concentrici urbani, delle vie di comunicazione e dai filari di pioppi coltivati.

In corrispondenza dell'area in esame e nel settore di pianura a N di questa si osserva la presenza di una serie di terrazzamenti, con andamento circa parallelo all'attuale direzione del fiume Po, riconducibili sia all'evoluzione geodinamica regionale che alle diverse fasi di erosione/deposizione operate dal corso d'acqua nel periodo compreso tra il Pleistocene superiore e l'Olocene.

Esse risultano sospese rispetto all'alveo attuale del fiume Po di circa m 4,0 – 5,0 e sono caratterizzate dalla presenza, in superficie, di un suolo poco sviluppato, presente in alcuni settori maggiormente rilevati, in quanto questa zona risulta essere tuttora oggetto di apporti alluvionali in occasione di piene anche con modesti tempi di ritorno.

In particolare, l'area oggetto del presente studio si situa immediatamente al di sotto di un orlo di terrazzo, con direzione pressoché parallela a quella della sponda sinistra del fiume, che separa l'attuale barra meandrica del corso d'acqua dalla soprastante pianura alluvionale medio – recente. Il suddetto terrazzo è caratterizzato dalla presenza di alcune puntuali risorgive dovute alla messa a giorno della falda idrica a causa del salto morfologico esistente e della locale differenza di permeabilità tra i materiali caratterizzanti i due ambienti.

Anche la coltivazione del riso ha influito sulla conformazione “terrazzata”, dovuta alla presenza della successione delle camere di risaia attraverso le quali la portata immessa si trasferisce da un estremo all'altro degli appezzamenti per giungere nei colatori, i quali provvedono a ridistribuire la portata entro ulteriori camere ovvero a restituirla ai cavi principali affinché possa essere consegnata più a valle. Tale sistema svolge con importanza anche la funzione di bacino naturale di micro laminazione delle portate meteoriche causando, grazie alla presenza delle camere di risaia e della vastissima rete di canali, lo sfasamento dei colmi di piena che si propagano lungo i canali principali evitando che ciascuna area scolante contribuisca nell'immediato alla formazione dei deflussi. Il sistema di camere, colatori e adduttori è in grado di provvedere naturalmente all'invaso delle portate rallentando la formazione dei deflussi a beneficio dei recettori finali.

L'assetto morfologico del territorio a N dell'area d'intervento è anche esso connesso alla presenza consolidata di un'attività agricola storicamente ben radicata nel territorio da diversi secoli. Su questa maglia strutturale formata da appezzamenti coltivati di discrete dimensioni, infrastrutture agrarie (canali, strade), nuclei rurali di formazione storica, cascine isolate, si è formata e sovrapposta una fitta rete di infrastrutture e insediamenti legati al mondo urbano e industriale sviluppato negli ultimi cinquant'anni. Il risultato è quindi un territorio fortemente antropizzato dove l'ambiente naturale integro non occupa uno spazio rilevante.

L'intera area d'intervento, ad eccezione delle porzioni più elevate, ricade all'interno di un ramo abbandonato del fiume Po ancora connesso all'ambiente fluviale, riattivabile durante gli eventi di piena. In seguito ai periodi di riattivazione, si denota la formazione di nuovi solchi di erosione durante il periodo di piena che termina con una deposizione della frazione più fine generalmente sabbiosa in fase di ritiro. L'attuale punto in cui si denota la rottura dell'argine, costituito semplicemente da un accumulo di ghiaia e sassi, è ubicato in corrispondenza dello spigolo SW dell'area d'intervento, dove risulta ben evidente il canale di erosione. Tale punto di rottura principale dovrà essere interessato da un intervento di consolidamento finalizzato a contenere quanto meno le piene di carattere ordinario.

7. CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DEL MATERIALE PRESENTE IN SITO

L'analisi stratigrafica di dettaglio del materiale rilevato in sito è complicata dal fatto che i terreni attraversati sono costituiti soprattutto da ghiaie e sabbie, ossia da sedimenti accumulatisi in un ambiente deposizionale di tipo essenzialmente fluviale: ne derivano quindi ripetute variazioni litologiche (sabbie, ghiaie e ciottoli), con strati a diversa granulometria, per effetto della presenza di corpi di accumulo a geometria lentiforme, di spessore generalmente da decimetrico a metrico.

Una stratigrafia troppo dettagliata risulterebbe quindi difficilmente confrontabile con un'altra ottenuta anche solo a poche decine di metri di distanza; si può dire comunque che le caratteristiche litostratigrafiche del materiale sono significativamente uniformi all'interno di tutta l'area d'intervento.

Una rilevante parte dei depositi fluviali presenti nell'area in esame, sono legati alla divagazione del fiume Po, caratterizzati da una composizione litologica che rispecchia la geologia delle formazioni affioranti nel bacino montano (gneiss, graniti, pietre verdi, sieniti e dioriti): i corsi d'acqua, infatti, trasportano essenzialmente il sedimento derivante dall'erosione delle rocce dell'alto bacino idrografico.

Durante il trasporto del sedimento, i processi di alterazione chimica e soprattutto di degradazione fisica, associati all'azione meccanica della corrente fluviale, determinano una progressiva selezione del materiale trasportato dal fiume, essenzialmente in base alla litologia: le rocce più facilmente disaggregabili, in special modo quelle scistose, vengono pertanto progressivamente eliminate, come pure la componente calcarea; nel sedimento alluvionale tendono a prevalere, in tal modo, i litotipi più compatti e resistenti.

Il trasporto del sedimento ad opera della corrente fluviale determina anche un certo arrotondamento dei clasti, che da irregolari e spigolosi divengono man mano più sferici e tondeggianti.

Il deposito alluvionale presenta buone caratteristiche giacimentologiche; in particolare, si ha una frazione sabbiosa solitamente dominante, con un'abbondante componente secondaria ghiaiosa. I ciottoli di dimensioni maggiori non sono stati riscontrati nei campioni utilizzati per le analisi.

8. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

8.1 Assetto idrogeologico generale

La pianura vercellese centro - meridionale è costituita da 4 complessi idrogeologici principali tra di loro separati, le cui caratteristiche salienti di seguito riportate sono state tratte dalla pubblicazione *“Le acque sotterranee della pianura vercellese - la falda superficiale”* (Anno: giugno 2006 - Provincia di Vercelli - Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino). Dal basso verso l'alto abbiamo:

- Complesso dei depositi marini pre-pliocenici della Collina del Monferrato
- Complesso dei depositi marini pliocenici
- Complesso dei depositi villafranchiani
- Complesso dei depositi fluviali e fluvio-glaciali quaternari

Complesso dei depositi marini pre-pliocenici della Collina del Monferrato

Nel settore S della pianura vercellese, in prossimità del corso del fiume Po, affiorano le sequenze del Bacino Terziario Ligure Piemontese, costituite da una potente serie di formazioni di età oligo - miocenica poggianti su un substrato di tipo appenninico (flysch calcareo fortemente deformato), una parte delle quali affiora anche in corrispondenza del rilievo isolato di Trino Vercellese (R.I.T.). Il limite tra i depositi della pianura e le sequenze marine è caratterizzato da un sistema di pieghe-faglie sepolte disposte all'incirca E - W e con convessità rivolta a nord che rappresentano la sovrapposizione del sistema composito Monferrato - Collina di Torino sul basamento adriatico e sui relativi sedimenti della Pianura Padana, lungo un sistema di superfici di sovrascorrimento attivo fino al Pliocene (Piana e Polino, 1994).

Complesso dei depositi marini pliocenici

Tale sequenza è costituita da un complesso inferiore (Piacenziano) caratterizzato da argille e silt grigio-azzurri e sabbie giallastre ricche di macrofauna marina, talvolta intercalate a livelli di ghiaie e ciottoli di colore giallastro e da un (Astiano) caratterizzato da sabbie gialle, con locali banchi arenacei e calcareo arenacei, con faune di mare basso. Il complesso dei depositi Pliocenici ospita falde non particolarmente produttive nei livelli sabbiosi e, talora, in quelli sabbioso-ghiaiosi, per i quali viene stimata una permeabilità media variabile tra 10^{-4} e 10^{-5} m/s.

Complesso dei depositi villafranchiani

Con il termine "Villafranchiano" si indica un complesso di sedimenti di transizione da ambiente marino a continentale di età dal Pliocene al Pleistocene. In dettaglio, tale complesso è costituito da alternanze di livelli ghiaioso-sabbiosi e livelli più fini da argilloso-limosi a sabbioso-argillosi, con presenza di numerosi livelli torbosi ricollegabili ad ambienti fluvio-lacustri ed, in alcuni casi, marino marginali. Tali depositi non affiorano nell'area di studio, ma si ritrovano al di sopra del Pliocene marino e al di sotto dei sedimenti quaternari più antichi, solitamente separati da una superficie erosionale. Il Villafranchiano viene suddiviso in due termini, rappresentanti due distinte facies:

- Villafranchiano inferiore o "caldo", di età pliocenica, caratterizzato da sedimenti sabbiosi e sabbioso argillosi, con ciottoli sparsi ed intercalazioni ghiaiose, almeno in parte di ambiente litoraneo e di transizione;
- Villafranchiano superiore o "freddo", depositato in età premindeliana e caratterizzato da depositi lacustri, siltosi, alternati a sedimenti prettamente fluviali, sabbiosi e ghiaiosi.

Il complesso delle alternanze villafranchiane ospita un acquifero multifalda confinato o semi-confinato, costituito da una serie di falde in pressione che si attestano nei livelli grossolani più permeabili. Il grado di confinamento delle falde è strettamente legato alla permeabilità degli orizzonti litologici che costituiscono l'acquifero, al loro spessore ed alla loro estensione areale. I valori di permeabilità variano da 10^{-7} - 10^{-9} m/s per i livelli fini meno permeabili a valori di 10^{-3} - 10^{-5} m/s per i livelli più permeabili.

Complesso dei depositi fluviali e fluvio-glaciali quaternari

I depositi fluviali e fluvio-glaciali di età quaternaria sono disposti su ampi terrazzi derivanti dall'unione di estese paleoconoidi digradanti lievemente verso est-sud-est. Litologicamente sono composti prevalentemente da depositi ghiaioso-sabbiosi riferibili al Wurm Auct., soprastanti su un'unità sabbioso-ghiaiosa, con locali lenti argillose, riferibile al Mindel-Riss. La granulometria di tali depositi decresce spostandosi dal settore occidentale verso quello orientale.

Il complesso dei depositi fluviali e fluvio-glaciali quaternari assume la forma di una grossa lente, più spessa nella parte centrale della pianura, e assottigliata verso i margini della pianura a nord e a sud.

Tra i vari complessi che costituiscono tale complesso principale occorre evidenziare i Depositi alluvionali Antichi, Medio-Recenti ed Attuali (ove ricade l'area d'intervento) che compaiono lungo tutti i corsi d'acqua principali. Le Alluvioni Antiche formano piccoli lembi terrazzati di poco sospese sugli alvei attuali sfumando nelle alluvioni Medio-Recenti, le quali, tuttora esondabili, formano la fascia di transizione tra l'alveo del corso d'acqua propriamente detto (Alluvioni Attuali) e le Alluvioni Antiche.

La litologia delle alluvioni antiche, medio-recenti ed attuali è prevalentemente ghiaiosa più o meno grossolana, con lenti sabbiose ed argilloso-sabbiose. Tali depositi, non alterati o con un debole strato di alterazione grigio-bruno, ospitano una falda a superficie libera collegata con la rete idrografica. La permeabilità risulta quasi ovunque elevata con valori di $m\ 10^{-3} - 10^{-5} m/s$

8.2 Assetto idrogeologico locale

Dal punto di vista idrogeologico, l'intero territorio comunale è attraversato da una fitta rete di rocce e canali irrigui aventi un generale andamento E-W. Tale conformazione è da imputarsi principalmente all'assetto geomorfologico dell'area operato dall'azione del Fiume Po. Ne consegue una rete idrografica superficiale secondaria con andamento sub-parallelo a quello del Fiume Po che si insinua spesso entro antichi alvei abbandonati. Questo accade principalmente nel settore a Nord del Fiume PO come per il caso della Roggia Reale e Logna.

Per quanto concerne nello specifico la rete idrografica secondaria, proseguendo da Nord verso Sud si incontrano le seguenti Rogge:

- Roggia Stura
- Roggia Cerca
- Roggia Fonna
- Roggia Gambalona
- Roggia Carecchio
- Roggia Chiusa
- Roggia Camera
- Roggia Reale
- Roggia Logna

L'idrogeologia dell'area risulta relativamente omogenea per quanto riguarda l'immediato sottosuolo, occupato dai complessi fluviali, mentre si diversifica sostanzialmente a profondità maggiori.

Nella maggior parte della pianura vercellese la falda presente in queste alluvioni (falda superficiale o freatica) è seguita in profondità da altre falde, più o meno indipendenti tra loro, in pressione (vedasi Complesso Villafranchiano). Nell'area d'intervento e più in generale lungo una fascia di territorio parallela al margine settentrionale della Collina del Monferrato, estesa da poche centinaia di metri a qualche chilometro, è presente, invece, la sola falda superficiale freatica, in quanto il materasso alluvionale poggia direttamente, come detto, sul substrato marnoso a bassa permeabilità della Collina del Monferrato.

Per meglio comprendere i rapporti esistenti con la falda libera si sono analizzati i dati relativi alle linee isopiezometriche e la carta delle soggiacenze edite dalla Regione Piemonte nello studio sulla "Idrogeologia

della pianura piemontese”, (Regione Piemonte 2005 disponibile presso la Direzione Ambiente); l’elaborazione dei dati mostra nella figura sottostante come il territorio in esame sia caratterizzato da una soggiacenza compresa tra 0-5m ad eccezione di una stretta fascia territoriale ad andamento E-W ubicata a Nord della Cascina Gianduia ed avente una soggiacenza compresa tra 5 e 10 m dal p.c.

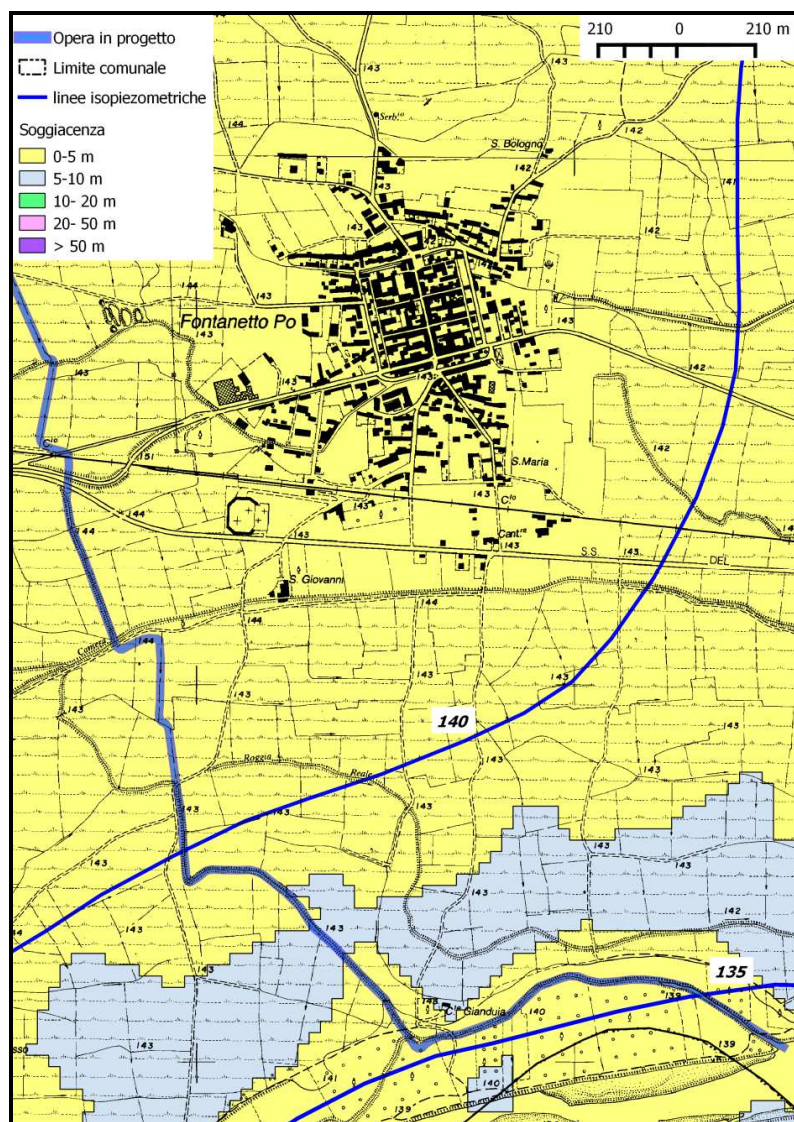
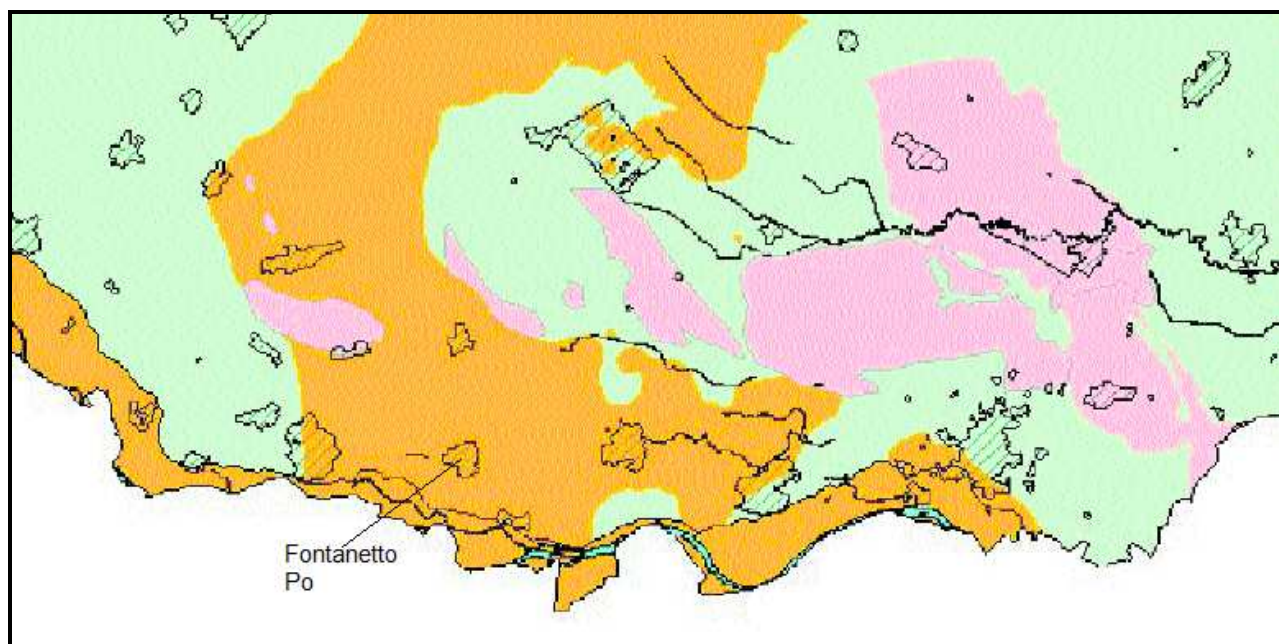


Figura 7: elaborazione riportante i valori di Soggiacenza e le linee isopiezometriche dell'area di studio

Tali dati ben si raccordano alle informazioni note in bibliografia per cui la superficie basale del primo acquifero viene collocata, in corrispondenza dell’area in esame, nell’intervallo di profondità tra m 0 - 10 da p.c. con valori progressivamente superiori verso la fascia di raccordo tra l’alta pianura vercellese e l’anfiteatro morenico esterno della Dora Baltea. I valori minimi si riscontrano in assoluto nel vicino territorio comunale di Trino, per effetto della risalita di terreni Terziari lungo superfici di discontinuità tettonico-strutturale. Nella porzione sud-orientale della macroarea casalese la base dell’acquifero superficiale risulta nuovamente superiore a m 50 - 75.

Diversi studi condotti negli anni passati non hanno evidenziato alcun acquifero significativo al di sotto della coltre alluvionale, ad esclusione di alcuni rari livelli sabbiosi profondi intercettati da pozzi terebrati in Comuni limitrofi a Fontanetto (come nel caso di Palazzolo).

Per la sua posizione superficiale la falda freatica non risulta protetta rispetto ad agenti inquinanti derivanti da scarichi civili, industriali e fonti agricole motivo per cui tale area della pianura Vercellese è indicata a vulnerabilità elevata (studio condotto dalla Provincia di Vercelli a cura del Dipartimento di Scienze della Terra).



CLASSI DI VULNERABILITA' (GOD 1987)

 Elevato
 Alto
 Moderato

Grado di Vulnerabilità	Definizione
Elevata	Vulnerabilità alla maggioranza degli inquinanti con rapido impatto in molti dei possibili scenari di inquinamento
Alta	Vulnerabilità a molti inquinanti (eccetto quelli fortemente adsorbiti o velocemente trasformati) con rapido impatto in tutti gli scenari di inquinamento
Moderata	Vulnerabilità a qualche inquinante ma solo quando rilasciati in maniera continua
Bassa	Vulnerabilità nel caso di inquinanti conservativi rilasciati e in maniera continua
Trascurabile	Sono presenti strati confinanti con flusso verticale non significativo

Figura 8: Stralcio della Carta della Vulnerabilità e corrispondente legenda (tratto da *Le acque sotterranee della Pianura Vercellese*)

La relazione descrittiva a corredo del lavoro indica:

- **Vulnerabilità Elevata:** Le zone che rientrano nella classe a vulnerabilità elevata sono per lo più distribuite nel settore centro-occidentale e centro-meridionale della pianura vercellese. L'acquifero superficiale è costituito prevalentemente da ghiaie, ghiaie e sabbie eterometriche, con elevato grado di permeabilità; la frazione fine è scarsa, in particolare la coltre pedogenizzata presenta spessori ridotti o è totalmente assente, non esercitando quindi la funzione di protezione dell'acquifero superficiale ospitato nei depositi ghiaioso-sabbioso sottostanti, così come avviene in altre zone della pianura vercellese ed in particolare nelle zone terrazzate. Un altro fattore che concorre ad aumentare il grado della vulnerabilità è la soggiacenza. La superficie piezometrica risulta essere mediamente

poco profonda (solitamente da 1 a 3 m dal p.c., talvolta tra 3 e 5 m), arrivando in alcune zone a coincidere con la superficie topografica durante il periodo di sommersione delle risaie e rimanendo prossima al piano campagna anche nei periodi invernali con oscillazioni tra massimo e minimo piezometrico riferibili a pochi metri.

Tale acquifero risulta essere alimentato sia dalle acque di precipitazione meteorica che da quelle di scorrimento superficiale e, per questo motivo, risulta esposto a periodiche oscillazioni del livello piezometrico, anche se di modesta entità (dai valori di soggiacenza della falda rilevati all'interno dei n. 5 tubi piezometrici appositamente ubicati nell'area d'intervento) si è evidenziata un'oscillazione massima stagionale del livello della falda prossima a cm 100 circa, in accordo con quanto registrato nel piezometro di Fontanetto Po.

Nella tabella seguente sono riportati i valori osservati e le caratteristiche dei tubi piezometrici:

Tubo Piezom.	Quota p.c.	Quota assoluta livello superficiale falda idrica (m. s.l.m.) e soggiacenza (m)											
	m s.l.m.	Ago 2006	Sett 2006	Ott 2006	Nov 2006	Dic 2006	Gen 2007	Feb 2007	Mar 2007	Apr 2007	Mag 2007	Giu 2007	Lug 2007
Pz1	140,00	136,7 3,3	136,8 3,2		136,9 3,1			137,3 2,7	136,8 3,2		137,8 2,2	137,4 2,6	136,8 3,2
Pz2	138,40	136,7 1,7	137,1 1,3		137,0 1,4			137,1 1,3	136,7 1,7		137,4 1,0	137,2 1,2	136,6 1,6
Pz3	138,40	136,6 1,7	136,8 1,6		136,8 1,6			136,8 1,6	136,4 2,0		137,1 1,3	137,2 1,2	136,4 1,9
Pz4	137,70	136,7 1,0	136,8 0,9		136,8 0,9			136,6 1,1	136,5 1,2		137,1 0,6	136,6 1,1	136,4 1,3
Pz5	138,00	136,0 2,0	136,1 1,9		136,4 1,6			136,0 2,0	136,1 1,9		136,8 1,2	136,4 1,6	136,2 1,8

I suddetti piezometri, nel periodo seguente a quello di monitoraggio, sono stati resi inutilizzati dall'azione del Po nei momenti di piena e dall'azione vandalica per quanto riguarda il piezometro Pz1 e Pz2 ubicati in posizione più rilevata.

Come anticipato nel giugno 2009, sono stati realizzati, a partire dal piano campagna, n. 3 sondaggi geognostici a rotazione ed a carotaggio continuo della lunghezza di m 9 ciascuno, denominati (S1, S2 e S3) opportunamente ubicati, che hanno consentito, oltre una diretta, sebbene puntuale, caratterizzazione, analisi e valutazione dei litotipi presenti nel sottosuolo del sito in esame, l'installazione di n. 3 nuovi tubi piezometrici aventi diametro pari a 3" al fine di riprendere un monitoraggio della falda idrica ed individuare con precisione la quota del substrato impermeabile della Collina del Monferrato, non raggiunto nei precedenti piezometri.

Nella tabella seguente sono riportati i valori osservati e le caratteristiche dei nuovi tubi piezometrici:

Tubo Piezom.	Quota p.c.	Quota assoluta livello superficiale falda idrica (m. s.l.m.) e soggiacenza (m)											
	m s.l.m.	Giug 2009	Lug 2009										
S1	140,00	138,2 2,0	138,1 1,9										
S2	140,70	136,7 4,0	136,7 4,0										
S3	139,30	136,7 2,6	136,5 2,8										

In corrispondenza del settore oggetto del presente studio, in base a quanto emerso dalle indagini eseguite, la vicinanza di un substrato terziario di natura prettamente marnosa pressoché impermeabile, fa sì che si sviluppi esclusivamente una falda freatica superficiale di tipo libero attribuibile al complesso superficiale collegata, per filtrazione attraverso il terreno, con l'alveo del fiume Po, con il quale tende a livellarsi.

In particolare il substrato marnoso è stato qui individuato a partire da una quota compresa tra 134,0 e 135,0 circa da p.c. (m 5 – 6 di profondità rispetto alla quota di inizio sondaggi) e appare svilupparsi in maniera continua in tutto il settore in cui si svilupperanno gli scavi; l'acquifero si sviluppa quindi a profondità comprese tra m 0,5 e m 5,0 dal piano campagna ed ha uno spessore della zona satura variabile tra m 1,0 m e m 3,5. Esso è limitato inferiormente da una formazione di natura marnoso argillosa attribuibile ai depositi eocenici della collina del Monferrato (BTP: Formazione di Antognola).

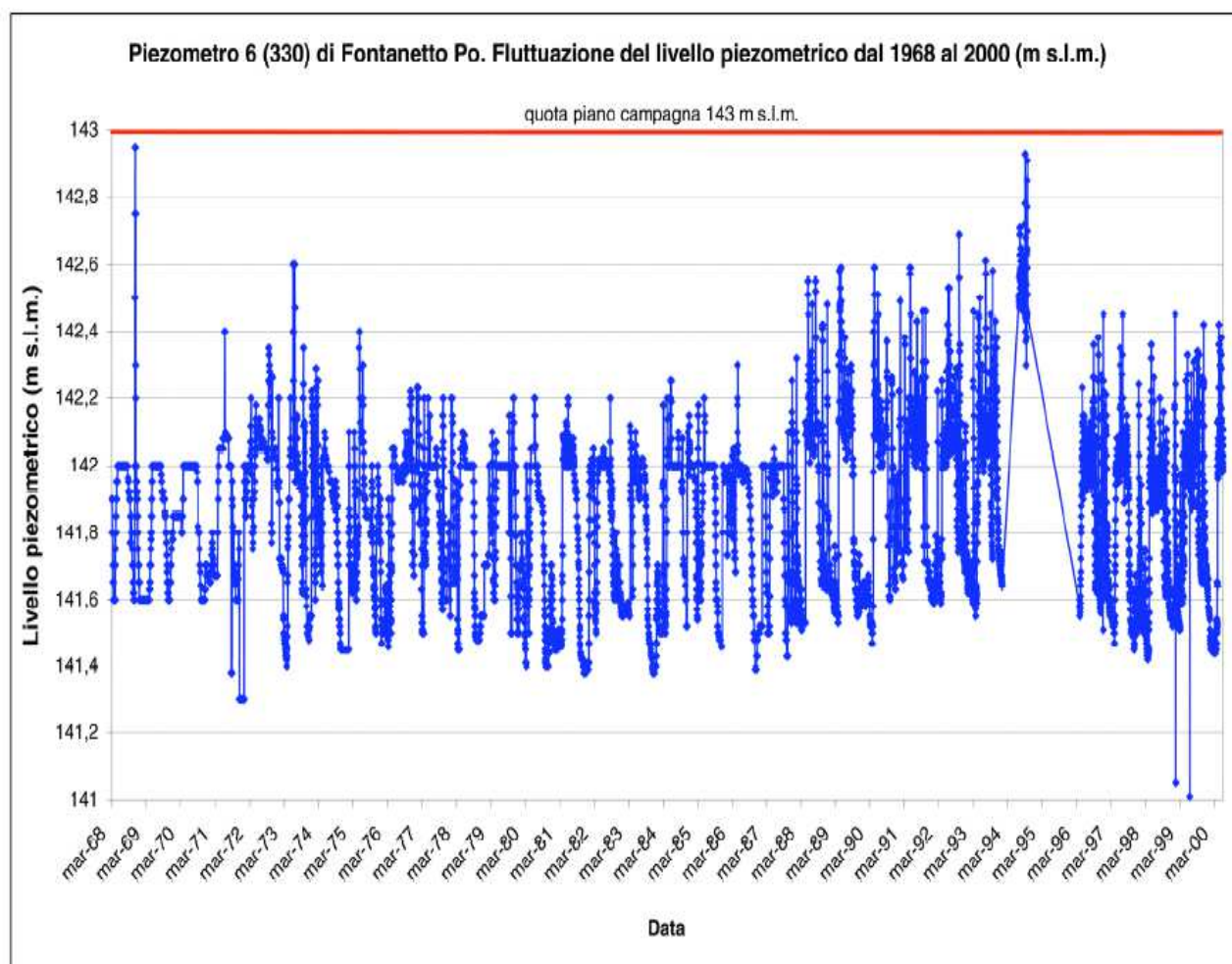
Per quanto concerne la falda idrica superficiale a superficie libera, dall'osservazione della "Carta dell'acquifero superficiale della provincia di Vercelli" allegata al Piano di Tutela delle Acque redatto dalla Regione Piemonte nonché dallo studio "Le acque sotterranee della pianura vercellese - la falda superficiale" (Anno: giugno 2006 – Provincia di Vercelli – Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino), si evince un andamento generale delle isopieze parallelo al contorno del bordo alpino ed al corso del Po, con quote via via decrescenti andando verso il tratto più a valle del fiume Po, il quale ne rappresenta il livello di base.

La falda impostata nei depositi alluvionali, come tutte le falde di tipo libero, viene alimentata direttamente dai corpi idrici superficiali e dalle acque meteoriche. In generale possiamo riconoscere, salvo locali variazioni, una direzione di deflusso da NWW a SSE. Per quanto riguarda i rapporti con il fiume Po, si osserva la funzione drenante dell'alveo del corso d'acqua nei confronti della falda stessa. Il Po assume invece un effetto alimentante unicamente durante eventi di piena particolarmente prolungati.

La superficie libera della falda subisce alcune variazioni di livello durante l'anno a causa dei differenti apporti meteorici e a causa delle attività agricole. Il periodo di massima soggiacenza risulta essere la fine dell'inverno, mentre al termine della primavera ed all'inizio dell'estate la sommersione delle risaie si somma ad un massimo stagionale di piovosità e determina la massima risalita della piezometrica. Durante i rilievi eseguiti nel luglio

2007 non è stata riscontrata tale tendenza, osservata invece nelle misure eseguite nel Giugno - Luglio 2009, in seguito ad un inizio anno caratterizzato da intense e prolungate precipitazioni meteoriche.

Analizzando l'andamento della soggiacenza riportato nel grafico seguente, relativo al piezometro di Fontanetto Po, si denota una variazione annua media inferiore al metro, ad esclusione di alcuni casi particolari, confermando grossomodo i valori rilevati all'interno dei tubi piezometrici installati.



In periodi di bassa soggiacenza l'area d'intervento è interessata da una falda acquifera ad una quota compresa tra m 138 circa s.l.m. (porzione NW dell'area) per raggiungere una quota di circa 136,5 (settore SE dell'area).

In periodi di elevata soggiacenza l'area d'intervento è interessata da una falda acquifera ad una quota compresa tra m 137,0 circa s.l.m. (porzione NW dell'area) per raggiungere una quota di circa 135,5 (settore SE dell'area).

E' quindi possibile ipotizzare un livello di falda medio annuo ad una quota m 137,2 s.l.m. nel settore NW dell'area d'intervento ed a una quota di m 136,2 s.l.m. nel settore SW dell'area d'intervento.

Il livello medio annuo nel settore centrale del bacino, considerando una compensazione tra il settore di monte (abbassamento) e valle (innalzamento) è pari a m 136,7 s.l.m.

Non saranno comunque, da escludersi, in concomitanza di eventi piovosi intensi e/o prolungati, significativi innalzamenti del livello piezometrico e quindi prevedibili oscillazioni in rapporto agli apporti meteorici stagionali diretti ed indiretti (vedasi apporti della roggia Logna evidenziati nello "Studio idraulico" annesso al presente progetto) nonché durante i periodi di sommersione delle risaie e di piena del fiume Po. Per contro in periodi di siccità o di magra del fiume Po potranno verificarsi abbassamenti del livello della falda. Tali variazioni potranno risultare di difficile valutazione in quanto dipendono da numerosi fattori che possono agire in concomitanza o separatamente quali: entità precipitazioni, portata della roggia Logna, portata del fiume Po, sommersione delle risaie, etc.

Nel settore collinare dell'area si rileva, al di là delle distinzioni in complessi, un acquifero libero impostato nella porzione più superficiale delle sequenze affioranti. Tale acquifero risulta costituito da numerosi sistemi indipendenti fra loro, anche molto diversi per livelli idrici, sospesi, e alimentanti spesso sorgenti dalle portate limitate e tuttavia, in alcuni limitati casi, perenni. Una circolazione disomogenea delle acque sotterranee si rinviene un po' ovunque, resa possibile da uno strato di fratturazione non omogeneo ma continuo prodottosi nei suddetti litotipi (caratterizzati da porosità primaria piuttosto ridotta) per decompressione in seguito agli eventi tettonici che hanno coinvolto il Monferrato.

Quando, come nel caso in esame, uno scavo viene approfondito fino a un livello inferiore a quello della falda freatica, all'interno dello scavo si crea un bacino ad acque basse il cui pelo libero si raccorda con la quota di falda dei terreni circostanti.

Nell'ipotesi, puramente teorica, che la falda sia perfettamente immobile ed orizzontale, dopo un primo periodo transitorio nel corso del quale l'acqua riempie la cavità, la superficie del bacino raggiunge il primitivo livello freatico e la situazione si ristabilizza.

Nella quasi totalità dei casi, tuttavia, la situazione è più complessa, in quanto i bacini vengono in contatto con falde dotate di un moto proprio e, conseguentemente, di un gradiente idraulico naturale.

Ciò significa che, prima che lo scavo interessi la falda, la quota piezometrica indisturbata è leggermente diversa sui due lati, di monte e di valle, del bacino. Dopo lo scavo, la superficie del bacino si dispone praticamente in orizzontale, dal momento che le perdite di carico idraulico dovute al moto dell'acqua nel lago sono trascurabili rispetto a quelle dovute al moto di filtrazione nei terreni circostanti: ciò comporta un abbassamento della falda sul lato di monte ed un innalzamento sul lato di valle.

L'abbassamento della falda sul lato di monte richiama acqua verso il perimetro del bacino, mentre sul lato di valle si ha una ricarica della falda.

Relativamente al contesto idrogeologico dell'area in esame dai risultati dello studio idrogeologico effettuato, si possono ricavare le seguenti indicazioni:

la conducibilità idraulica riscontrata dai calcoli effettuati, tipica di una formazione sabbioso - ghiaiosa, in accordo con quanto evidenziato dalle stratigrafie, è praticamente di tipo orizzontale (K_0) in quanto, la componente verticale risulta trascurabile dal momento che l'acquifero presenta uno spessore medio di pochi metri (mediamente uguale

o inferiore a 3,0 m) poggiante su un substrato impermeabile: ne consegue che il flusso dell'acqua nella falda è di tipo prevalentemente orizzontale.

Il bacino in progetto risulterà alimentato dalla falda sul lato Nord (direzione Fontanetto), mentre sul lato Sud (direzione Po) avrà una funzione di ricarica nei confronti del fiume Po. Ne deriva una situazione di drenaggio della falda da parte del corso d'acqua, fenomeno cui la presenza del bacino determina una locale accentuazione, in quanto contribuisce a "dilatare" verso Nord, l'effetto di richiamo sulla falda: il bacino, anche per la sua forma allungata parallelamente al corso d'acqua, concorre a traslare verso monte il fronte di richiamo sulla falda.

Non è da prevedersi comunque un sostanziale innalzamento del livello della falda a valle del lago stesso: dal momento che ne conseguirà un ridotto abbassamento del pelo libero dell'acqua quantificabile in alcuni decimetri (circa 50 cm). Nel caso in esame, pertanto, l'acqua di falda continuerà comunque ad essere drenata dal fiume Po, che viene a costituire in pratica il "livello di base della falda acquifera nella zona in esame.

8.3 Parametrizzazione dell'acquifero superficiale (depositi fluviali)

Il valore di permeabilità (k) caratteristica dei depositi fluviali sciolti presenti nell'area d'intervento è stato ottenuto mediante la realizzazione di n. 3 prove di permeabilità dirette in sito, eseguite a carico variabile seguendo le modalità previste dalla normativa A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) del 1977.

Le prove sono state svolte immettendo un altezza d'acqua di cm 30 circa all'interno di n. 3 pozzetti aventi e misurando i tempi necessari (intervalli) a raggiungere un'altezza finale idrica pari a cm 20 (assorbimento parziale), cm 10 (assorbimento parziale) e cm 0 (assorbimento completo dell'acqua immessa).

Le coppie di valori ottenuti per ciascun intervallo di abbassamento sono state elaborate mediante l'utilizzo della seguente formula che ha permesso di ricavare un valore di K (coefficiente di permeabilità) medio caratteristico del materiale naturale presente in sito.

$$K = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} + \frac{2hm/b}{27} \cdot \frac{(hm/b)+3}{(hm/b)-3}$$

dove:

h1 (altezza iniziale del livello dell'acqua)	(cm)
h2 (altezza finale del livello dell'acqua)	(cm)
t2 - t1 (tempo per il raggiungimento di h2)	(min)
hm (altezza media tra h1 e h2)	(cm)
b (lato della base del pozzetto)	(cm)
K (coefficiente di permeabilità)	(cm/s)

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalle prove di permeabilità eseguite in sito, che hanno portato a valori di K medi compresi tra $4,9 \cdot 10^{-4}$ – e $7,3 \cdot 10^{-4}$ m/s, che ben rispecchiano i valori di permeabilità indicati in bibliografia per un materiale ghiaioso – sabbioso con ciottoli e scarsa frazione fine.

PROVA P1

		Interv.1	Interv.2	Interv.3	Media
h_1 (altezza iniziale del livello dell'acqua)	(cm)	30	20	10	
h_2 (altezza finale del livello dell'acqua)	(cm)	20	10	0	
$t_2 - t_1$ (tempo per il raggiungimento di h_2)	(sec)	15	17	23	
h_m (altezza media tra h_1 e h_2)	(cm)	25	15	5	
b (lato della base del pozzetto)	(cm)	30	30	30	
K (coefficiente di permeabilità)	(cm/s)	0.070	0.071	0.077	0.073
K (coefficiente di permeabilità)	(m/s)	0.00070	0.00071	0.00077	0.00073

PROVA P2

		Interv.1	Interv.2	Interv.3	Media
h_1 (altezza iniziale del livello dell'acqua)	(cm)	30	20	10	
h_2 (altezza finale del livello dell'acqua)	(cm)	20	10	0	
$t_2 - t_1$ (tempo per il raggiungimento di h_2)	(sec)	18	23	28	
h_m (altezza media tra h_1 e h_2)	(cm)	25	15	5	
b (lato della base del pozzetto)	(cm)	30	30	30	
K (coefficiente di permeabilità)	(cm/s)	0.058	0.053	0.063	0.058
K (coefficiente di permeabilità)	(m/s)	0.00058	0.00053	0.00063	0.00058

PROVA P3

		Interv.1	Interv.2	Interv.3	Media
h_1 (altezza iniziale del livello dell'acqua)	(cm)	30	20	10	
h_2 (altezza finale del livello dell'acqua)	(cm)	20	10	0	
$t_2 - t_1$ (tempo per il raggiungimento di h_2)	(sec)	22	29	31	
h_m (altezza media tra h_1 e h_2)	(cm)	25	15	5	
b (lato della base del pozzetto)	(cm)	30	30	30	
K (coefficiente di permeabilità)	(cm/s)	0.048	0.042	0.057	0.049
K (coefficiente di permeabilità)	(m/s)	0.00048	0.00042	0.00057	0.00049

Passando ad esaminare i principali parametri idrodinamici dell'acquifero, si può dire che la trasmissività T è definita, fisicamente, dal volume d'acqua che può fluire attraverso una sezione di acquifero di larghezza unitaria ed altezza b , pari allo spessore dell'acquifero, nell'unità di tempo, quando si è in presenza di una gradiente piezometrico unitario.

Essa è definita dall'espressione $T = K * b$, in cui K è la conducibilità idraulica dell'acquifero. Essendo lo spessore medio dell'acquifero pari a m 3,0 circa, la trasmissività assume, considerando una K media di $6,0 \cdot 10^{-4}$ m/s, il valore di $1,8 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

I terreni presenti in sito risultano, nel complesso, avere quindi caratteri di permeabilità dipendenti dalla composizione granulometrica e dal differente grado di compattazione; in particolare i livelli più prettamente ghiaioso - sabbiosi mostrano una permeabilità primaria (per porosità) alta mentre le rare intercalazioni costituite da una predominanza delle frazioni più fini (livelli limosi e solo localmente argillosi) sono caratterizzate da un basso grado di permeabilità, conseguente ad un minor indice di vuoti tra le particelle.

Il substrato marnoso presente in sito (Flysch di Casale Monferrato di età Eocenica) risulta invece caratterizzato da una permeabilità primaria molto bassa (praticamente impermeabili) e da una secondaria, in presenza di livelli parzialmente alterati, degradati, fessurati e fratturati, localmente medio - bassa. I valori di

permeabilità risultano in ogni caso estremamente variabili in conseguenza alle diverse caratteristiche litologiche dei litotipi costituenti la formazione terziaria.

9. CRITICITÀ NATURALE A SEGUITO DI EVENTI ALLUVIONALI

Le informazioni ricavabili dalla banca dati Geologica a cura dell'Arpa Piemonte evidenzia 8 casi di danni a seguito di eventi alluvionali per attività fluviale e torrentizia e in relazione a due processi:

- Processo Nov. 1968: allagamenti su tutto il territorio comunale compresa parte dell'abitato ad opera della Roggia Camera. Diversi danni ad edifici e colture. Intervento conseguente all'evento: Ampliamento della Roggia. Fonte: Collegio dei costruttori di Vercelli (23/08/1969)
- Processo 15/10/2000: Danni per alluvionamento con deposito di materiale limoso a strade Vicinali, comunali e attraversamenti. Inoltre registrati danni per allagamento della C.na Grosso e della C.na Gianduia. Il corso d'acqua di riferimento è il Fiume Po a cui si devono allagamenti con altezza dell'acqua variabile da 3 m a 1,50 m. Di minore misura invece risultano i danni causati dalla Roggia Stura che ha interessato esclusivamente terreni boschivi e ad uso agricolo con altezza dell'acqua compresa tra 0,60 e 0,80 m.

All'interno della banca dati del Geoportale dell'Arpa Piemonte, sono inoltre presenti informazioni relative a effetti di alluvionamento a seguito dell'evento 5-6 Novembre 1994. Come si può osservare nell'immagine sottostante, l'intero settore meridionale del territorio comunale ha accolto le acque di esondazione del Fiume Po coinvolgendo una fascia territoriale di circa 900 metri a Nord del Fiume Po e di circa 1.000 m a Sud. L'evento ha coinvolto principalmente campi e terreni agricoli ma la fascia di esondazione ha interessato anche la C.na Grosso e la C.na Gianduia.

Gli effetti riscontrati riguardano la realizzazione di innumerevoli solchi di erosione ad opera delle acque di deflusso. Tali effetti sono comunque riscontrabili nel settore a Nord del Fiume PO entro la fascia delimitata da una forma relitta incisa. Il suddetto limite corrisponde inoltre al limite tra la fascia A e la Fascia B del PAI come si può osservare nell'immagine.

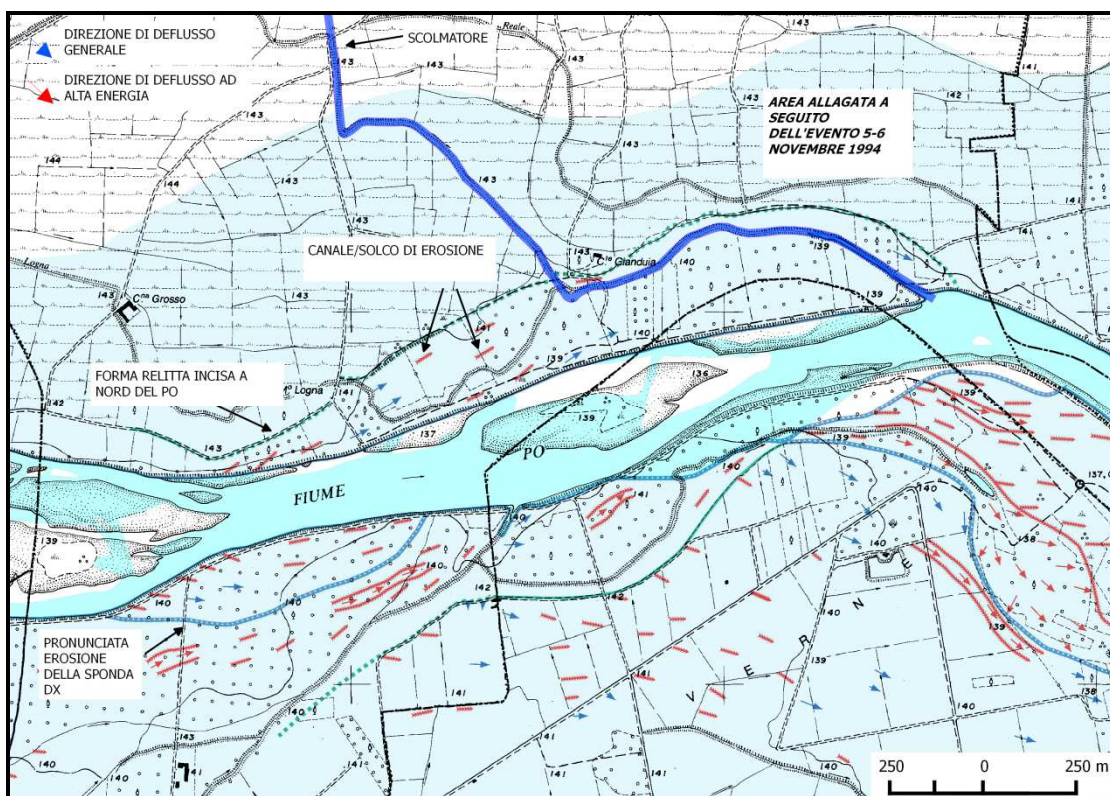


Figura 9: Elaborazione riportante le aree inondate dall'evento 5-6 nov. 1994 nel comune di Fontanetto PO

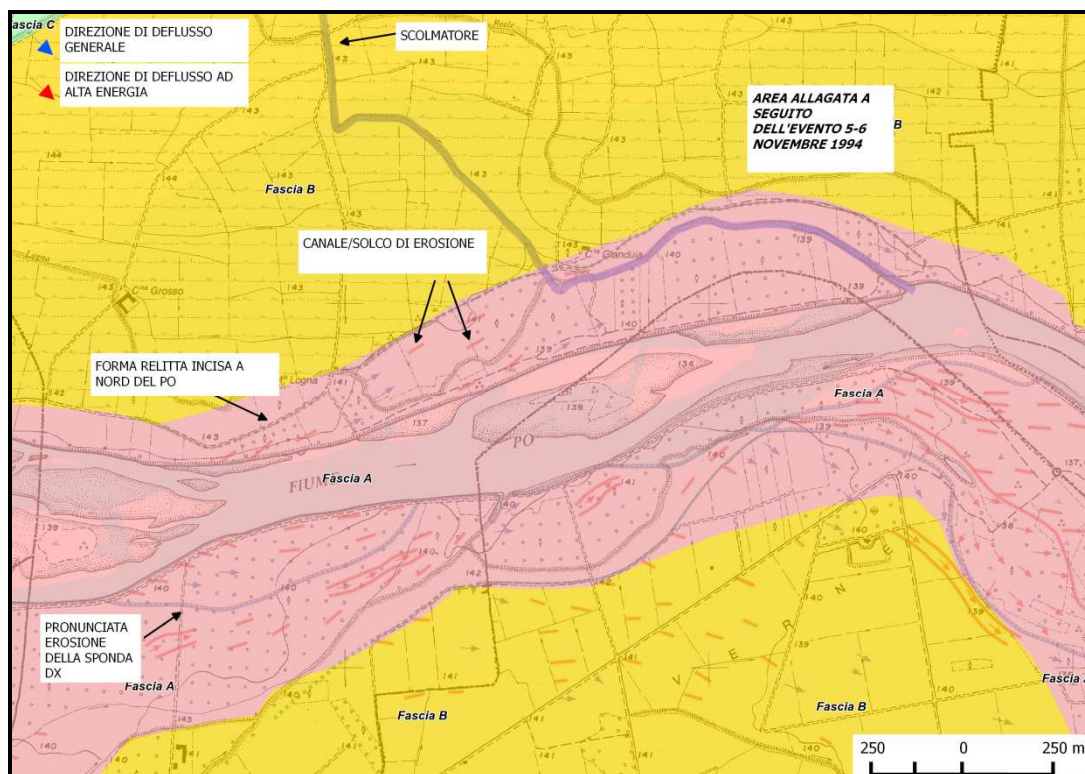


Figura 10: interpolazione tra le aree allagate e le Fasce fluviali del PAI

Sempre a riguardo delle fasce di pericolosità adottate dal PAI si osserva come l'abitato del Comune di Fontanetto Po rientra all'interno della fascia C del PAI. Tale fascia si estende fino alla Roggia Camera a sud della quale si incontra il limite con la sottostante fascia B. Quest'ultima infine prosegue fino all'incirca con il tratto fluviale relitto sopra menzionato.

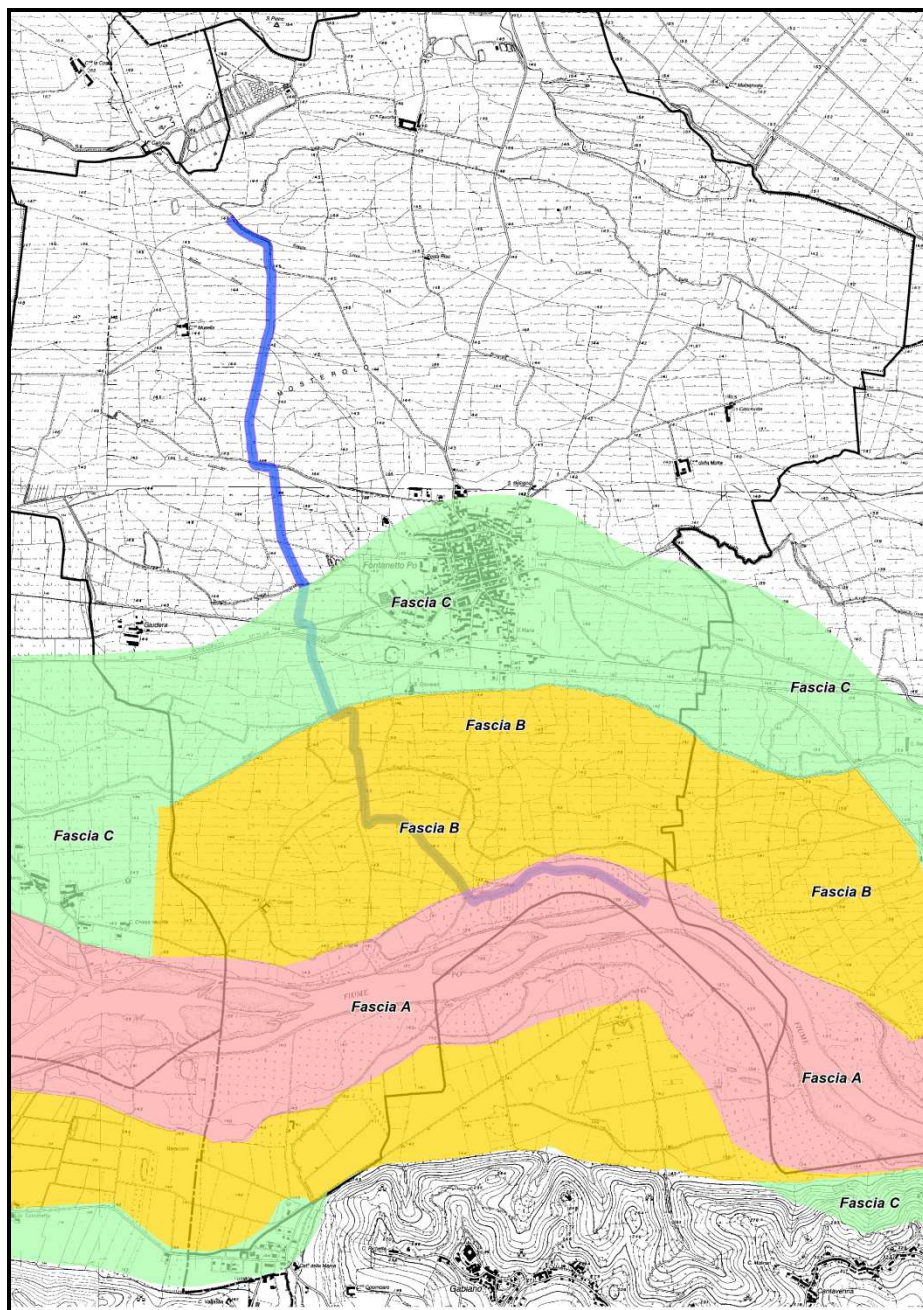


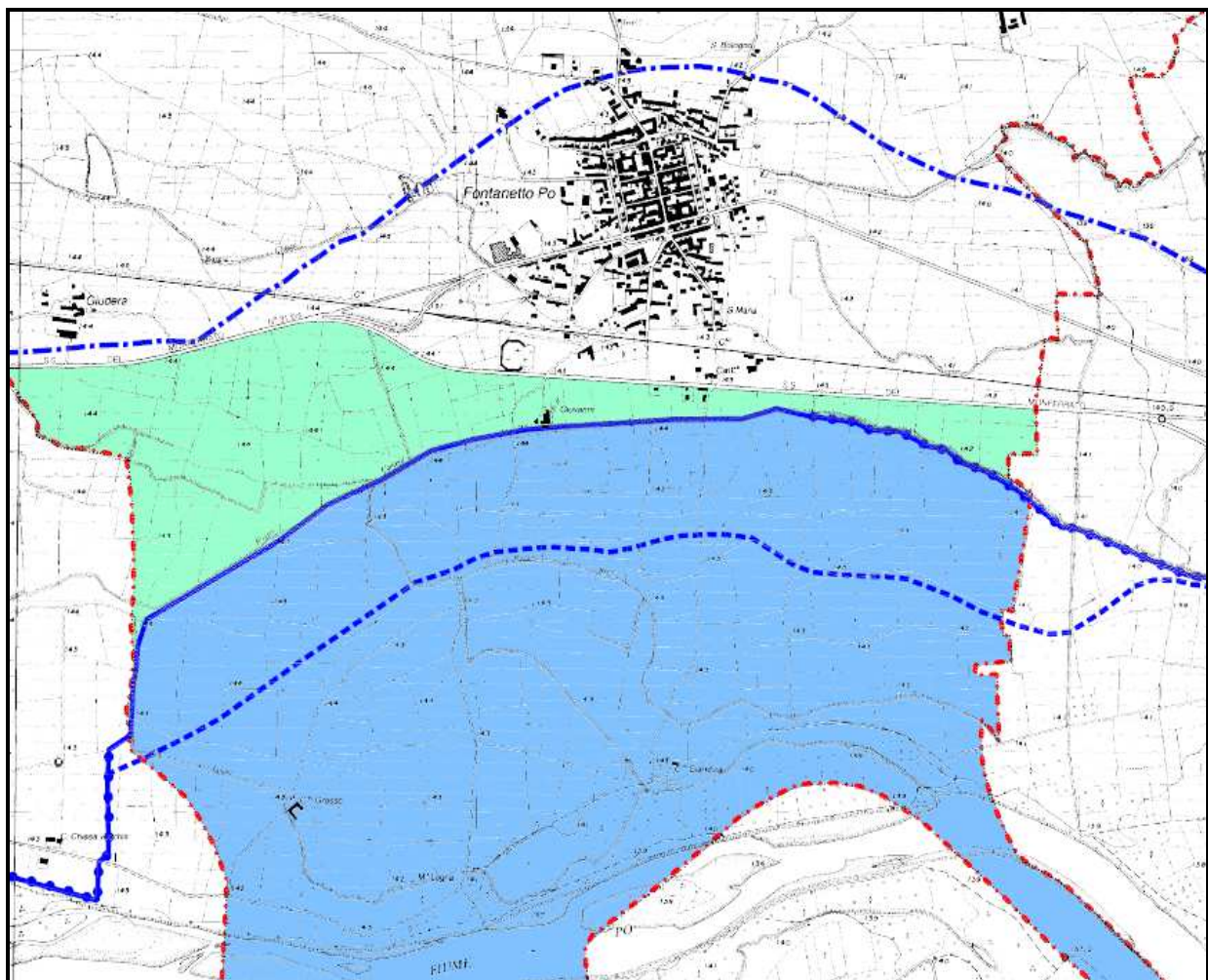
Figura 11: rappresentazione grafica delle Fasce del PAI sul territorio comunale




Le fasce fluviali di riferimento sono definite dal Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) L. 18 maggio 1989 n. 183. Il Progetto così definisce le fasce di deflusso:

- Fascia A: Porzione dell'alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena. La piena di riferimento è fissata nell'evento avente Tempo di Ritorno (TR) di 200 anni e convenzionalmente corrisponde alla porzione di territorio entro cui defluisce almeno l'80% di tale portata
- Fascia B: Porzione di territorio interessata di inondazione al verificarsi della Piena di riferimento (TR=200 anni). Il limite con la Fascia C è indicato in corrispondenza al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla Piena di Riferimento ovvero fino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni
- Fascia C: porzione di territorio che può essere interessata da inondazioni al verificarsi di eventi più gravosi di quelli di riferimento. Si assume come portata di riferimento la massima piena storicamente registrata se corrisponde ad un TR superiore a 200 anni oppure, in assenza di essa, la piena con TR di 500 anni.

10. INQUADRAMENTO IN RELAZIONE AL PRGC

Si riporta nel seguito stralcio della carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, con relativa legenda:



	<u>CLASSE I</u> -Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/88.
	<u>CLASSE II</u> -Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11/03/88 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante.
	<u>CLASSE III</u> -Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, derivanti questi ultimi anche dalla urbanizzazione dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo, viceversa, la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente.
	- Classe IIIa - Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inadatte a nuovi insediamenti (aree alluvionabili da acque di esondazione ad elevata energia).

11. INQUADRAMENTO SISMICO

La normativa attualmente in vigore per la modellazione sismica sito-specifica è rappresentata dal D.M. 14/1/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) con relativa Circolare Esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. n. 617 del 2/2/2009, intitolata "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008", pubblicata sulla G.U. n. 47 del 26/2/2009.

Per quanto riguarda la determinazione della pericolosità sismica di base del sito è necessario fare riferimento all'Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274, avente per oggetto "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" con relativi allegati, aggiornata e modificata dalla successiva O.P.C.M. 2 ottobre 2003, n. 3316 "Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003".

Con l'Ordinanza P.C.M. 28 aprile 2006, n. 3519 sono stati approvati definitivamente i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, nonché la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale.

A livello regionale la Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 ha recepito la classificazione sismica fornita dall'O.P.C.M. n. 3519/2006 ed ha provveduto all'aggiornamento ed adeguamento dell'elenco delle zone sismiche nella Regione Piemonte. Tale classificazione sismica è entrata in vigore a seguito della pubblicazione della DGR del 12 dicembre 2011 n. 4-3084 sul BURP n. 50 del 15 dicembre 2011.

L'O.P.C.M. n. 3274/2003 e l'O.P.C.M. n. 3519/2006 suddividono il territorio nazionale in zone sismiche omogenee, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro accelerazione orizzontale sismica massima (a_g) su suolo di categoria A, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. I valori di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale, fatte salve più accurate determinazioni che possono portare a differenze comunque non superiori al 20% dell'accelerazione per le Zone 1 e 2 e non superiori a 0,05 g nelle altre zone, sono riportati nella seguente tabella:

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

Secondo quanto riportato nella Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058, il sito in esame, interamente compreso nel territorio del Comune di Fontanetto Po, ricade in Zona 4, cioè nella categoria caratterizzata da un rischio sismico di grado medio-basso cui corrisponde un valore di accelerazione orizzontale massima $a_g = 0,05 g$.

Per il calcolo del periodo di riferimento (VR) dell'azione sismica di progetto si deve fare riferimento al paragrafo 2.4.3 delle NTC 2008 dove viene indicato che il periodo di riferimento (VR) si ottiene dal prodotto della vita nominale dell'opera in progetto (VN) per il coefficiente d'uso della stessa (CU).

La vita nominale di un'opera (VN) è il periodo durante il quale l'opera, sottoposta alla sola manutenzione ordinaria, deve assolvere al compito per la quale è stata progettata. I valori caratteristici della vita nominale (VN) vengono definiti nella Tabella 2.4.I delle NTC 2008 nel seguito riportata.

TIPI DI COSTRUZIONE		VITA NOMINALE (in anni)
1	Opere provvisorie – provvisionali – strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

La classe d'uso di un'opera (CU) è funzione dell'affollamento di persone presente all'interno della stessa durante il possibile manifestarsi di un sisma; le NTC 2008 indicano le seguenti quattro classi d'uso dell'opera cui fare riferimento:

Classe I: costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;

Classe II: costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe III o in Classe IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti;

Classe III: costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

I valori caratteristici della classe d'uso dell'opera (CU) vengono definiti nella Tabella 2.4.11 delle NTC 2008 riportata nel seguito.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Nel caso in esame viene utilizzato un valore di vita nominale pari a 50 anni ($V_N = 50$ anni) e la classe d'uso dell'opera in progetto può essere ricondotta alla Classe II, cui corrisponde un coefficiente d'uso pari ad 1,0 ($C_U = 1,0$). Il periodo di riferimento (V_R) per l'opera in progetto risulta quindi:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,0 = 50 \text{ anni.}$$

In funzione del periodo di riferimento V_R dell'opera è possibile ricavare per ognuno degli Stati Limite di riferimento con relative probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento (PVR), il tempo di ritorno del sisma (T_R). A tal fine si utilizza la seguente relazione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR) = -C_U \times V_N / \ln(1 - PVR).$$

Ai fini del calcolo delle azioni sismiche di progetto è necessario definire in modo univoco la categoria sismica del sottosuolo del sito di costruzione.

A tal fine Le NTC 2008 definiscono al paragrafo 3.2.2 cinque categorie sismiche principali di sottosuolo cui fare riferimento. Le caratteristiche delle categorie vengono descritte nella Tabella 3.2.11 di cui si riporta in calce un estratto.

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

	(ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).

In aggiunta a queste categorie, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare (Tabella 3.2.III):

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

Il terreno indagato è classificabile secondo lo schema presente nel D.M. 14.01.2008 come suolo appartenente alla **classe E**.

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_S e C_C valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V del D.M., nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo T_c^* è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del *reticolo di riferimento* e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla *pericolosità sismica*, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

ag il valore previsto dalla *pericolosità sismica*;
 F_0 e T_c^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla *pericolosità sismica* (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Sempre in merito alle indicazioni fornite nel suddetto punto 3.2.2 del D.M. 14.01.2008, si rappresenta che la risposta sismica locale di un sito, oltre che dalle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, dipende anche dalla conformazione morfologica dei luoghi. Pertanto, qualora le caratteristiche topografiche dei luoghi non risultino particolarmente complesse (caso nel quale è necessario prevedere una modellizzazione particolare del sito, necessaria per identificare correttamente le caratteristiche di risposta sismica locale), vengono individuate 4 diverse categorie topografiche, rappresentative di altrettante configurazioni superficiali semplici, riportate nella successiva tabella (Tabella 3.2.IV).

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

Come riportato nel Decreto, le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di m 30.

L'area d'intervento, secondo quanto verificato dai rilevamenti eseguiti in sito, nonché dall'analisi degli elaborati progettuali, ricade su di una zona di pianura caratterizzata da una bassa o nulla acclività: pertanto, tale area risulta essere compresa nella categoria topografica T1 = "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

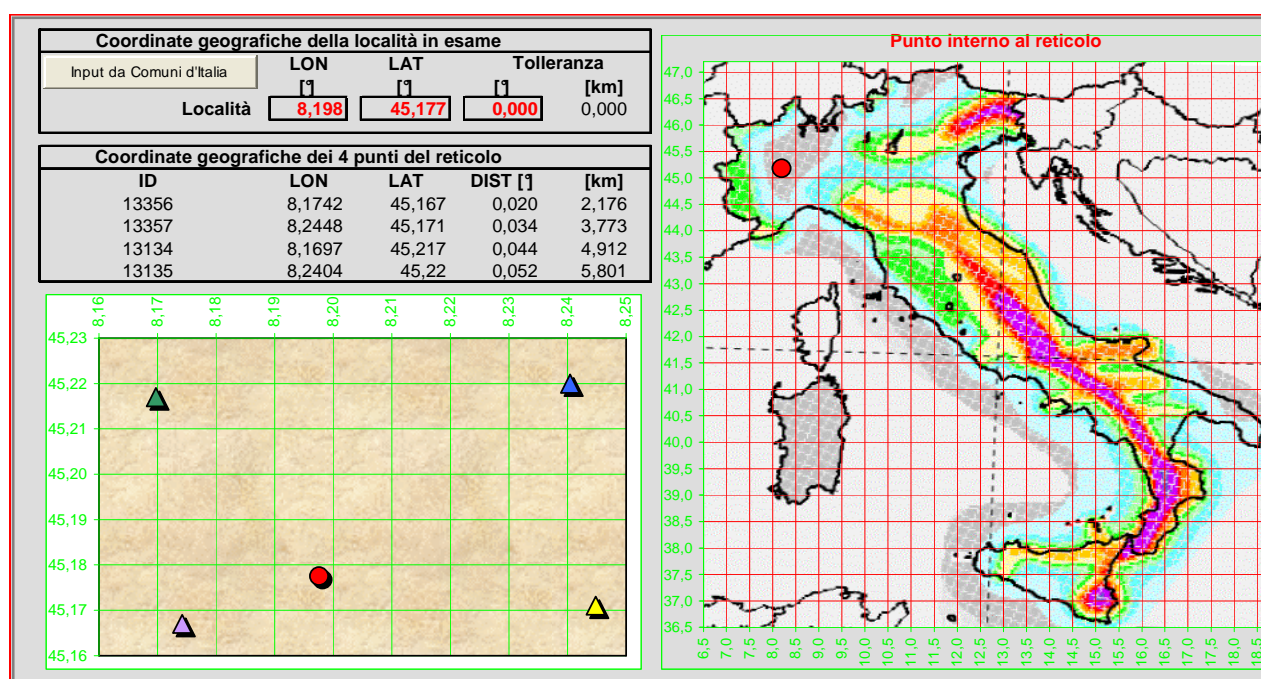
Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

Ai fini della stima dell'azione sismica di progetto relativa al sito ubicato nel territorio comunale in oggetto, con le precedenti normative in campo antisismico, applicando il criterio "zona dipendente" avremmo potuto stimare l'accelerazione di base (senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni) in maniera automatica, poiché essa sarebbe stata direttamente correlata alla Zona sismica di appartenenza del comune (nel caso in esame, Zona sismica 4).

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica.

Pertanto (secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008) la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Nella figura seguente è stata rappresentata l'ubicazione del sito di progetto (punto rosso) in riferimento all'ubicazione dei 4 nodi della griglia che comprendono il sito.



Ai sensi delle NTC 2008 le opere da realizzare devono possedere i seguenti requisiti fondamentali di sicurezza:

- sicurezza nei confronti di Stati Limite Ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone, o comportare la perdita di beni, o provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di Stati Limite di Esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno Stato Limite Ultimo (SLU) ha sempre carattere irreversibile e causa il collasso della struttura. Il superamento di uno Stato Limite di Esercizio (SLE) può avere carattere reversibile o irreversibile.

Gli Stati Limite Ultimi in condizioni dinamiche (sismiche) sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Gli Stati Limite di Esercizio in condizioni dinamiche (sismiche) sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento (PVR) cui fare riferimento per determinare le azioni sismiche di progetto agenti in ognuno dei diversi Stati Limite precedentemente considerati sono riportate nella Tabella 3.2.I. delle NTC 2008 riprodotta nel seguito.

STATI LIMITE		Pvr: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento Vr
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Di seguito sono riportati i valori dei parametri spettrali (per diversi tempi di ritorno) del punto del reticolo in cui ricade l'area d'intervento (tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008). In particolare a_g è espresso in $g/10$ (dove g è l'accelerazione di gravità), F_0 è adimensionale, mentre T^*c è espresso in secondi.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 45,177492
longitudine: 8,197604
Classe: 2
Vita nominale: 50

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: E
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,016 g
Fo: 2,593
Tc*: 0,161 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,019 g
Fo: 2,561
Tc*: 0,170 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,038 g
Fo: 2,657
Tc*: 0,275 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,045 g
Fo: 2,661
Tc*: 0,304 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,600
Cc: 2,390
St: 1,000
Kh: 0,005
Kv: 0,003
Amax: 0,245
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,600
Cc: 2,340

St: 1,000
Kh: 0,006
Kv: 0,003
Amax: 0,302
Beta: 0,200
SLV:
Ss: 1,600
Cc: 1,930
St: 1,000
Kh: 0,012
Kv: 0,006
Amax: 0,597
Beta: 0,200
SLC:
Ss: 1,600
Cc: 1,850
St: 1,000
Kh: 0,014
Kv: 0,007
Amax: 0,702
Beta: 0,200