Regione Liguria
Provincia di Savona
COMUNE DI PIETRA LIGURE

Progetto per la trasformazione urbanistica dei Cantieri Navali Rodriquez in un porto turistico con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e produttive

S.U.A. STRUMENTO URBANISTICO ATTUATIVO di approv. regionale L.24/87
D.P.R. 509/97
Decr. Min. Trasporti e Navigazione 14.04.98
Conf. Servizi L. 241/90 s.m.i.

PROGETTO DEFINITIVO

ANALISI DI RISCHIO SISMICO

MICROZONAZIONE

Proponente
Rodriquez Cantieri Navali S.p.A.
Via Raineri 22, 95122 Messina

Rodriquez Cantieri Navali SpA
Amministratore Delegato
Livio Corghi

Progettisti
Ing. Michele Ministeri
Arch. Vittorio Grattarola
Arch. Paolo Bandini
Dott. Eugenio Piovano
ACQUATECNO
Ing. Paolo Turbolente
STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA TECNICA
GEOLAB
Geol. Alessandro Canavero e Geol. Sabrina Santini

Savona, giugno 2012

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. SABRINA SANTINI
A.P. n. 338
Sez. A dal 13.06.96

INDICE

0. SOMMARIO 3
1. OGGETTO DELL'INCARICO 4
2. PREMESSE E RIFERIMENTI ALLE NORMATIVE VIGENTI. 4
3. METODOLOGIA DI STUDIO 5
4. UBICAZIONE DEL SITO 5
5. TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO 6
6. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA 7
7. INQUADRAMENTO GEOLOGICO 9
8. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 10
9. CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE 10
10. SISMICITÁ DEL SITO 11
11. RILEVAMENTO GEOLOGICO TECNICO E DESCRIZIONE DELLE INDAGINI 22
11.1 SONDAGGI A ROTAZIONE 26
11.2 PROVE PENETROMETRICHE DPSH 28
11.3 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOFISICHE 29
12. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO 33
13. MICROZONAZIONE SISMICA: RISCHIO SISMICO 34
13.1 LIVELLO I: CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE. 34
13.2 LIVELLO I: CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA 35

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

0. SOMMARIO

Nel periodo ottobre -novembre 2010 – aprile 2011 e aprile-maggio 2012 la Società proponente, Rodriquez Cantieri Navali S.p.A. di Messina, ha condotto un programma organico di indagini ed attività conoscitive del sottosuolo dell'area interessata dal "Progetto per la trasformazione urbanistica dei Cantieri Navali Rodriquez in un porto turistico con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e produttive", finalizzate ad integrare le conoscenze già acquisite nel giugno 2007 in fase di redazione della Indagine Ambientale svolta per l'individuazione di eventuali fonti di inquinamento.

L'area su cui insiste il progetto interessa il litorale di Pietra Ligure dall'attuale portineria dei Cantieri fino alla prossimità della foce del Rio Ranzi per un tratto di circa 500 metri e tutta l'area attualmente occupata dal cantiere di circa 46.000 metri quadrati.

Lo studio è propedeutico alla variante urbanistica nonché alla progettazione preliminare/definitiva con particolare riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni approvato con Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti il 14/01/2008 e alla relativa circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n° 617/2009 nonché alla DGR 471/10 (Regione Liguria). In tale ambito è stata integrata, in più fasi, la campagna di indagine già sviluppata in più fasi (riprodotta in allegato) con nuove verticali di carotaggio; quindi sono state eseguite le attività di campo preliminari e le successive fasi di campionamento, analisi di laboratorio ed elaborazione dati.

In sintesi nell'ambito della progettazione preliminare/definitiva del 2010, per quanto riguarda gli aspetti legati alla sismicità del sito sono state eseguite le seguenti attività:

- n° 4 sondaggi meccanici, per un totale di 100 m perforati tutti attrezzati a piezometro;
- n° 40 prelievi di campioni disturbati di sedimenti;
- n° 30 prove di resistenza meccanica S.P.T. di cui n° 3 a punta chiusa;
- n° 1 prova di permeabilità "Lefranc";
- n° 5 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH di cui 3 attrezzate a piezometro;
- n° 5 stendimenti sismici per metodo MASW;
- n° 7 rilievi sismici passivi di tipo HVSR;
- n° 2 stendimenti con metodo geoelettrico;
- n° 3 campagne di misure del livello della falda;
- n° 37 prove granulometriche per setacciatura su campioni derivanti dalle prove SPT a scarpa tagliente aperta e dai prelievi di campioni disturbati;
- rilievo di tutti i punti investigati e loro successiva georeferenziazione:
- n° 5 prelievi "in mare" di fondale marino tramite carotiere, utilizzati per verificare le stratigrafie sviluppate per mezzo dei sondaggia terra;

integrate nel 2012 con:

- n° 6 sondaggi meccanici, per un totale di 99,30 m perforati tutti attrezzati a piezometro;
- n° 27 prelievi di campioni disturbati di sedimenti;
- n° 2 campioni indisturbati;
- n° 27 prove di resistenza meccanica S.P.T.;

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

- n° 2 prova di permeabilità "Lefranc";
- n° 2 campagne di misure del livello della falda;
- n° 27 prove granulometriche per setacciatura su campioni derivanti dalle prove SPT a scarpa tagliente aperta e dai prelievi di campioni disturbati;
- rilievo di tutti i punti investigati e loro successiva georeferenziazione:
- prove geotecniche di laboratorio effettuate presso il D.I.C.A.T. dell'Università di Genova su campioni indisturbati.

Durante l'esecuzione della prima campagna di indagini è stata riscontrata la difficoltà di eseguire prove di permeabilità in foro a causa delle problematiche legate alla formazione della tasca di deflusso; tali problematiche sono state in parte superate realizzando una prova di riferimento in situ a carico costante con altezza della tasca nulla. Nella seconda campagna di indagine, invece, il sondatore è riuscito a sviluppare due prove Lefranc a carico costante su due dei sei sondaggi eseguiti.

Dalle indagini è emerso che:

- l'areale è interessato prevalentemente dalla presenza di sedimenti alluvionali e marini;
- la successione di strati presenta variabilità verticale ed omogeneità laterale;
- il tipo di acquifero risulta da normale a povero con classe di permeabilità da bassa a media.

1. OGGETTO DELL'INCARICO

La presente analisi di rischio sismico è stata sviluppata in base al dettato delle seguenti normative: Testo Unico Norme Tecniche per le Costruzioni approvato con Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti il 14/01/2008 e alla relativa circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n° 617/2009, D. Lgs. 152/06 e s.m.i., nonché alla DGR 471/2010 (Regione Liguria) relativamente al progetto di trasformazione urbanistica dei Cantieri Navali Rodriquez in un porto turistico con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e produttive.

2. PREMESSE E RIFERIMENTI ALLE NORMATIVE VIGENTI.

La presente analisi di rischio sismico e microzonazione, è stata redatta in conformità al dettato delle seguenti normative:

- L.R. n°. 29 del 21 luglio 1983 "Costruzioni in zone sismiche – Deleghe e norme urbanistiche particolari"
- D.P.R. n° 380/01 del 06/06/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e relativa nota applicativa;
- disposizioni attuative decreto 21 ottobre 2003 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile;
- O.P.C.M. n° 3362 del 08/07/2004 "Modalità di attivazione del Fondo per interventi straordinari della Presidenza del Consiglio dei Ministri, istituito ai sensi dell'art. 32-bis del decreto-legge 30 settembre 2003, n. 269, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 novembre 2003, n. 326. (Ordinanza n. 3362)";
- O.P.C.M. n° 3431 del 03/05/2005 "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"";
- O.P.C.M. n° 3452 del 01/08/2005 (articolo 6) "Disposizioni urgenti di protezione civile";
- O.P.C.M. n° 3467 del 13/09/2005 "Disposizioni urgenti di protezione civile";
- O.P.C.M. n° 3505 del 09/03/2006 "Ulteriori disposizioni relative al Fondo per interventi straordinari della Presidenza del Consiglio dei Ministri istituito ai sensi dell'articolo 32 bis del decreto legge 30 settembre 2003, n. 269, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 novembre 2003, n. 326"
- O.P.C.M. n°3519/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- L.R. n°. 29 del 20 ottobre 2006;
- D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni" e relativa circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n° 617/2009;
- D.G.R. n° 782 del 4 luglio 2008 "Estensione agli interventi ed alle opere strategiche e rilevanti di iniziativa pubblica durante il periodo transitorio dell'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni approvate con D.M. 14/01/08";
- D.G.R. n°. 1308 del 24/10/2008 "Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria";
- D.G.R. n° 471 del 22/03/2010 "Criteri e linee guida regionali, ai sensi dell'art.1, comma 1 della l.r. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale;
- Circolare Regione Liguria n° 171224 del 09/12/2010 – Chiarimenti applicativi riguardo alla DGR 471/2010 "Criteri e linee guida regionali, ai sensi dell'art. 1, comma 1 della L.R. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologici-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale"

3. METODOLOGIA DI STUDIO

La metodologia di studio adottata per definire gli scenari di pericolosità sismica per l'area oggetto di studio è stata suddivisa nelle seguenti fasi:

- acquisizione ed interpretazione dei dati geologici-geotecnici-sismici ottenuti dalle indagini geognostiche eseguite all'interno dell'area;
- creazione di un modello litologico del sottosuolo per individuare i depositi che possono determinare effetti locali;
- individuazione di tutte le forme e gli elementi morfologici che possono determinare effetti locali;
- analisi dei dati e redazione delle cartografia dettagliata di micro zonazione.

4. UBICAZIONE DEL SITO

Il sito è ubicato nel cuore del tessuto urbano del Comune di Pietra Ligure (SV) a pochi metri sul livello del mare, e risulta facilmente raggiungibile percorrendo la litoranea Via Don Giovanni Bado da Levante e la Via XXV Aprile da Ponente, fino al passaggio a livello ferroviario oltre il quale inizia la Via Don Giovanni Bado.

L'area sottesa dal Cantiere Navale Rodriquez si estende circa dalla sponda sinistra del Rio Ranzi all'inizio della Passeggiata a Mare (Via Don Giovanni Bado) per un'estensione di circa 46.000 mq con un fronte mare di oltre 500 mt.

Le opere in progetto verranno realizzate su terreno che, nel corso del tempo, è stato acquisito in proprietà da parte della Società proponente, per quanto riguarda una porzione significativa dei sedimi precedentemente assegnati in Concessione; tale acquisizione unitamente al parziale ridisegno delle opere a mare, ha comportato la necessità di una rettifica dei perimetri

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

delle aree sulle quali si prevede di realizzare gli interventi e che sono oggetto di una nuova richiesta di Concessione Demaniale.

L'ubicazione del sito è riportata cartograficamente in allegato presso le seguenti coordinate, riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento per la carta di pericolosità dell'INGV:

Latitudine:	ϕ_{ED50}	44,147052 (°)
Longitudine:	λ_{ED50}	8,280777 (°)

e coordinate WGS84:

Latitudine:	ϕ_{WGS84}	44,146077 (°)
Longitudine:	λ_{WGS84}	8,279722 (°)

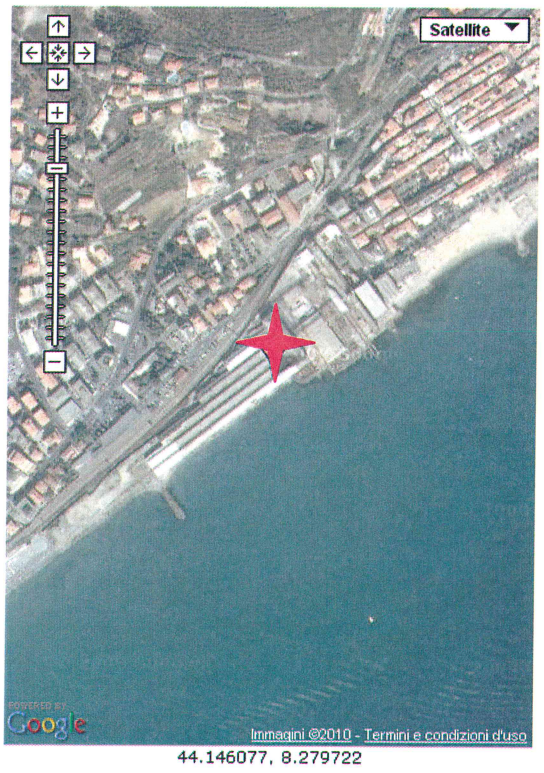


Figura 3.1: Ubicazione del sito: coordinate WGS84

5. TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

Come poc'anzi anticipato l'intervento proposto consta nella trasformazione urbanistica e produttiva dei Cantieri Navali Rodriquez a Pietra Ligure, con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e portuali diportistiche. L'obiettivo dell'intervento è la trasformazione dell'area e di parte delle strutture esistenti in funzione della riorganizzazione delle attività cantieristiche insediate, della riqualificazione territoriale del sito, della sua integrazione con il tessuto urbano circostante, della realizzazione di un nuovo porticciolo turistico e dello sviluppo delle vocazioni turistiche e ricettive emergenti nell'ambito del Comune di Pietra Ligure.

In particolare verranno realizzati i seguenti interventi:

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

- la costruzione di un nuovo fabbricato per il Cantiere Nautico, adeguato alle nuove esigenze di riconversione produttiva (cfr. Piano Industriale), di un adeguato piazzale di servizio alle attività e la realizzazione di uno specchio acqueo di servizio alla destinazione cantieristica pari a circa 20.500 mq.;
- la realizzazione di un porticciolo turistico per circa 100 posti barca di diversa lunghezza e di una darsena intesa come nuova polarità in prosecuzione dell'attuale passeggiata a mare di Pietra Ligure (Sup. tot. specchio acqueo destinato ad attività non cantieristiche pari a mq. 33.200 ca.), destinata alla nautica da diporto e perimetrata da nuovi volumi a destinazione mista (residenza, albergo, ristoranti, pubblici esercizi, attività commerciali, connettivo urbano) e dall'attuale fabbricato uffici, recuperato con destinazione commerciale a piano terreno e residenziale per i restanti piani;
- il riuso a servizi pubblici e a funzioni collettive dell'attuale fabbricato che ospita la mensa all'apice dell'attuale passeggiata a mare di Pietra Ligure;
- la realizzazione di una zona prevalentemente residenziale nell'area degli attuali capannoni officine;
- la realizzazione di ampie dotazioni di verde pubblico, di parcheggi pubblici e privati, e di percorsi e aree pedonali riconnessi e ricuciti con l'intorno urbano.

Il progetto prevede la conservazione degli edifici esistenti di pregio, la palazzina uffici e l'edificio mensa, e la demolizione delle parti di più evidente incompatibilità percettiva, la realizzazione di nuovi edifici, omogenei per altezza all'intorno urbano, la realizzazione di una grande piazza urbana e di un'altra di dimensioni più contenute tra il fabbricato ex-uffici e le residenze, la predisposizione di ampie porzioni territoriali destinate al verde, alla pedonalità, allo sport e alla viabilità.

L'intervento si completerà con aree scoperte pubbliche o private ad uso pubblico e collettivo, verde, passeggiata a mare, piazze, parcheggi e viabilità, per oltre mq. 35.000, pari a oltre il 75% dell'area attualmente occupata dal Cantiere, che verranno allestite, piantumate, pavimentate ed arredate in conformità alle indicazioni della Civica Amministrazione.

In ultimo, in previsione di una eventuale dismissione della vicina ferrovia al seguito del futuro spostamento a monte della linea Genova-Ventimiglia, il Progetto ha tenuto conto delle ipotesi di ricucitura dell'area con i tessuti urbani al contorno da attuarsi attraverso l'attuale sedime ferroviario.

6. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

L'area in studio prospiciente il Mar Ligure lungo il litorale pietrese si estende dalla foce del Rio Ranzi fino alla Passeggiata a Mare Bado, occupando la fascia territoriale costiera compresa tra la Ferrovia e il mare.

Da un punto di vista generale, l'area ricade, nel Piano Territoriale della Costa, all'interno dell'Unità Fisiografica, compresa tra la Caprazzoppa e il Porto di Loano, e nell'Ambito di progetto AP13 – Loano – Pietra Ligure – Borgio Verezzi – in cui è evidenziata la possibilità di riconversione/riqualificazione dell'area del Cantiere Rodriquez che insiste sulla porzione a ponente dell'arco costiero.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

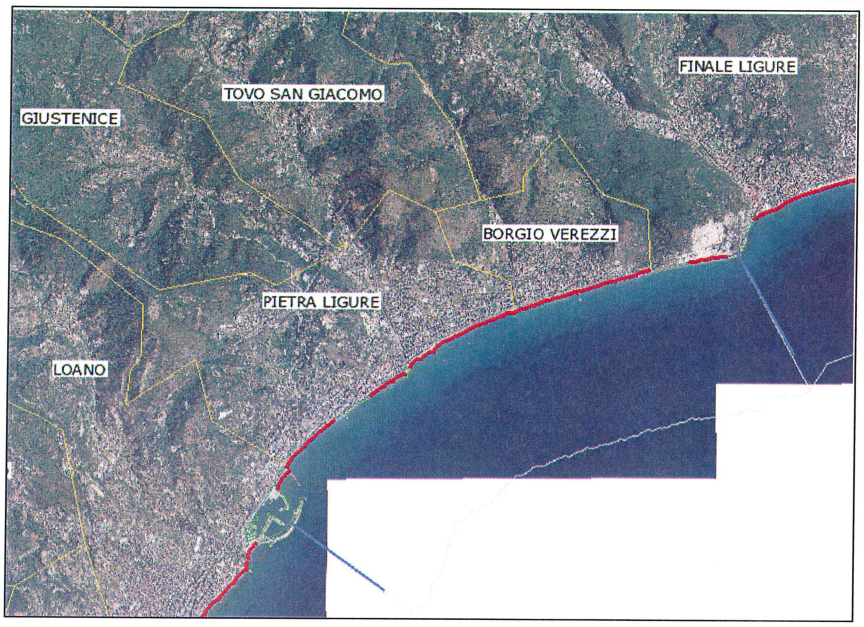


Figura 6.1: Rappresentazione limiti Unità Fisiografica

In tale tratto di costa sono presenti lembi di spiaggia di limitata profondità comprese tra le linee di comunicazione principali (Aurelia e Ferrovia) e la linea di battigia che risultano vulnerabili all'erosione marina: al fine di ovviare a tale problematica, infatti, sono state svolte numerose campagne di ripascimento degli arenili documentate anche nel sito cartografico della Regione Liguria. A monte delle linee di comunicazione sono presenti territori più o meno aspri: verso Finale Ligure è visibile la falesia aggettante quasi in mare, verso Loano il territorio si apre maggiormente dando maggiore sfogo al fondovalle. Le litologie presenti lungo tale arco di costa sono ascrivibili alle coperture meso-cenozoiche Brianzonesi ed in particolare, partendo dal Capo di Caprazzoppa si ossevano: Calcari di Val Tanarello e Pietra di Finale, Dolomie di S. Pietro dei Monti e Quarziti di Ponte di Nava, interrotte dalla pina alluvionale del Torrente Maremola oltre la quale riaffiorano i Calcari di Val Tanarello e le Quarziti di Ponte di Nava.

Nel tratto di costa considerato ed afferente all'unità fisiografica, individuata da il porto di Loano e il Promontorio di Caprazoppa, la realizzazione e l'ampliamento del porto di Loano rischiano di determinare uno squilibrio della spiaggia occidentale di Pietra L.. Tra le altre problematiche si evidenziano l'impoverimento della spiaggia di Borgio (soppressione della discarica dalla cava Ghigliazza) ed il recupero della cava su Capo Caprazoppa.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

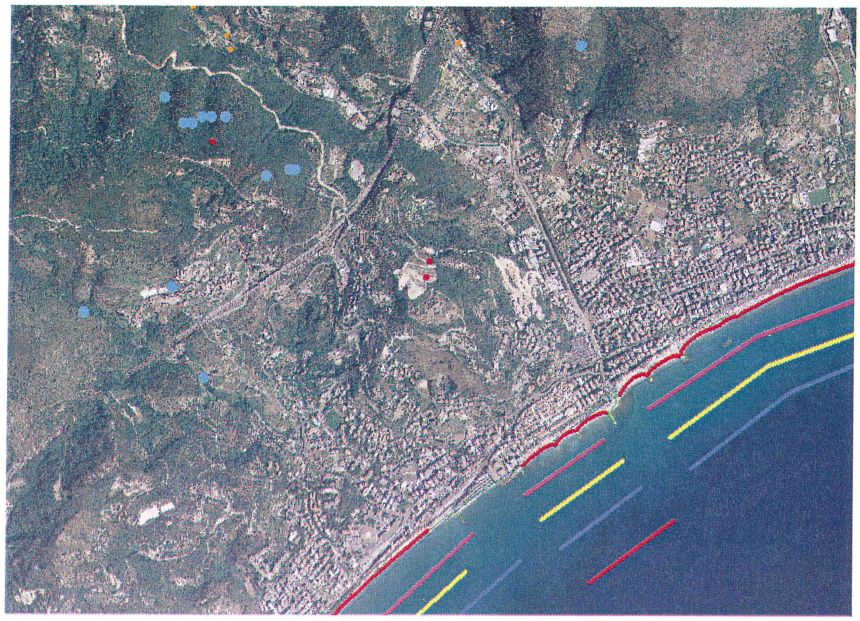


Figura 6.2: Rappresentazione delle campagne di ripascimento degli arenili (linee colorate), ubicazione delle grotte (punti rossi), delle sorgenti (punti azzurri) e delle derivazioni d'acqua potabile (punti arancio) - Fonte Repertorio Cartografico Regionale.

L'ambiente in cui sorge l'attuale cantiere è riconducibile a quello di una antica spiaggia di tessitura medio/fine, caratterizzato da andamento pianeggiante: solo in corrispondenza dei manufatti di difesa dal mare, muri frangionda, sono presenti dislivelli metrici rispetto alla battigia; il Cantiere è stato ubicato, infatti, su una piccola propaggine di spiaggia che è ad oggi visibile in quanto delimitato dal perimetro del cantiere stesso, documentato anche in alcuni elaborati progettuali della Ferrovia, realizzata prima delle opere cantieristiche.

Dalle indagini in sito è emersa la presenza, al di sotto del piano campagna, di una stratigrafia a prevalenza sabbiosa caratterizzata da strati contenenti residui di lamellibranchi e conchiglie di minute dimensioni, intervallata a stratificazione di intervalli a granulometria fine che evidenziano un antico apporto fluviale.

7. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame, ubicata lungo il litorale di Pietra Ligure, insiste sull'arenile che qui creava una modesta propaggine sabbiosa. L'attuale struttura cantieristica ha occupato e consolidato tale lembo di spiaggia, attraverso le opere di presidio all'ingressione marina quali mantellate a mare e muri frangiflutti.

Entro i terreni interessati dallo studio non sono presenti affioramenti sui quali osservare le caratteristiche geologiche delle coperture superficiali e dell'ammasso roccioso di base, entrambi sono, invece, rilevabili lungo gli intagli della strada Provinciale in direzione Maremola e sulle porzioni di versante ubicate a monte della strada che dalla sponda orografica destra del Maremola, conduce verso la Località Ranzi (in tale zona è altresì presente un vecchio fronte di cava): ivi l'ammasso roccioso affiora con litologie appartenenti alla Formazione delle Dolomie di San Pietro

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

dei Monti, qui costituite da calcari e dolomie grigie tipiche di facies di piattaforma e risalenti al Lias e dalle Quarziti di Ponte di Nava.

A tali litologie appaiono sovrapposte coperture detritiche eluvio-colluviali fortemente arrossate con matrice argillosa che ingloba materiali litici direttamente derivanti dall'alterazione dell'ossatura litologica.

La zona di interesse appare, invece, caratterizzata da sedimenti di chiara origine marina, obliterati da uno spessore variabile fino a 1,0 metro di materiali di riporto. La tessitura e le caratteristiche morfologiche del sedimento sono tali da evidenziare come tale materiale sia caratteristico di depositi di spiaggia, con una percentuale limosa che aumenta con l'approfondirsi al di sotto del piano campagna.

8. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area dei cantieri navali, che copre oggi una superficie pianeggiante di circa 46.000 m^2, (dei quali circa 17.000 m^2 coperti) è ubicata nel tessuto cittadino di Pietra Ligure (SV) in Via Don Giovanni Bado 4 ed appare contornata lungo il lato Nord - Est da edifici residenziali che si affacciano su Via Don Giovanni Bado, lungo il lato Nord-Est dalla linea ferroviaria Genova – Ventimiglia, lungo il lato Sud-Ovest ed il lato Sud-Est, rispettivamente, dall'arenile e dal mare per un fronte di circa 500 metri.

Nel sito sono presenti due edifici di maggior rilevanza storico-industriale (fabbricato uffici ed edificio mensa), di cui si prevede la conservazione, mentre tutti gli altri manufatti di minore rilevanza, che rappresentano una barriera tra il tessuto urbano retrostante ed il fronte mare, saranno demoliti e sostituiti dalle opere a progetto.

L'area, subpianeggiante e con altezza sul livello del mare contenuta entro i 2,5 e 3,2 metri, insiste su una porzione di litorale che in passato è stata in parte stabilizzata e protetta lungo il fronte mare, nella zona di varo delle imbarcazioni, da una scogliera in massi e elementi in c.a. la cui azione protettiva, in prossimità delle aree coperte e interessate dai capannoni, viene localmente amplificata dalla presenza di un muro paraonde.

9. CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

Il principale elemento idrologico presente nella zona d'intervento è rappresentato dal Rio Ranzi, corso d'acqua che confluisce direttamente in mare, probabilmente impostato su linee di fragilità tettonica e caratterizzato da un regime occasionale strettamente dipendente dalle precipitazioni meteoriche.

Durante le indagini bibliografiche svolte a margine delle attività di campo, è stato riscontrato, attraverso materiale storico delle Ferrovie dello Stato, che l'area risulta attraversata, per la sua profondità ed in più punti, da canali che conferiscono in mare piccoli corsi d'acqua ad oggi non più rilevabili a vista neppure nelle zone di monte. Le indicazioni di progetto della Ferrovia evidenziano che tali rii sono stati attraversati con opere minori, ovvero ponticelli di circa 0,75 metri –

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

1,50 metri di luce, dei quali oggi non si evince la collocazione escluso un manufatto ristrutturato recentemente posto all'esterno del capannone verso il Rio Ranzi.

Nel periodo del rilevamento non sono apparse evidenti zone di ristagno idrico e di imbibizione dei terreni in corrispondenza del sito in oggetto, poiché nelle superfici non impermeabilizzate la permeabilità per porosità dei terreni favorisce l'infiltrazione delle acque superficiali ed il deflusso sotterraneo.

Nonostante, immediatamente a ridosso della Via Aurelia, sia osservabile in spaccato l'ammasso roccioso di base, in prossimità del sito l'ammasso roccioso non è mai stato campionato nel corso delle indagini fin qui svolte, e ciò concorda con il fatto che una linea tettonica, facilmente individuabile poco a valle del tracciato autostradale, determina il ribassamento del lato mare con una dislocazione del substrato roccioso alcune decine di metri al di sotto del piano di campagna, specie nella parte terminale della piana.

La tavola d'acqua si trova, in tutta l'area studiata, a bassa profondità, mediamente compresa tra – 1,5 m e -2,3 m dal piano di campagna, con una risalita capillare dell'ordine di 50 centimetri e minime escursioni dovute sia alla particolare conformazione del sito nonché alla totale assenza di opere di emungimento: l'escursione tra periodo estivo ed invernale è minima, anche a causa dell'effetto dinamico del cuneo salino.

Analogamente a quanto è riscontrabile nei bacini laterali del Nimbalto e del Maremola è ipotizzabile la presenza di un acquifero profondo in condizioni di subartesianità con alimentazione non secondaria anche dal substrato e con orizzonti di copertura di materiali fini, ubicati presumibilmente oltre i 25 metri dal p.c., scarsamente permeabili dotati di buona continuità laterale.

10. SISMICITÁ DEL SITO

Zonazione sismogenetica

Per determinare il carattere sismogenetico dell'area del comune di Pietra Ligure si è presa in considerazione la pubblicazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nella quale è stato mappato il territorio nazionale in zone sismogenetiche: tale zonazione viene chiamata ufficialmente ZS9. La zonazione sismogenetica è basata sul precedente background informativo di ZS4 e recepisce le informazioni delle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 2.0 e da studi inerenti le faglie attive regionali. Tale studio considera, inoltre, le indicazioni che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatisi anche lontani dalla zona in oggetto. Osservando la carta di zonazione ZS9 si osserva che la sismicità può essere distribuita in zone, ciascuna della quali è associata una magnitudo massima $M_{WMAX\ 50}$, che si assume come magnitudo attesa M. La ZS9 può essere utilizzata, insieme al catalogo di CPTI2 per stimare la "profondità efficace" cioè l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

terremoti in una zona sorgente. Osservando la figura seguente, si nota che il comune di Pietra Ligure ricade all'interno della zona denominata E, pertanto non utilizzata per la determinazione della pericolosità sismica, racchiusa tra le Zone 910 e 911. I limiti tra le zone sono distinti con il colore nero e il colore blu: quelli neri ridefiniscono i limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche e geologico-strutturali, mentre quelli blu definiscono suddivisioni di zone con uno stesso stile deformativo, ma con differenti caratteristiche di sismicità.

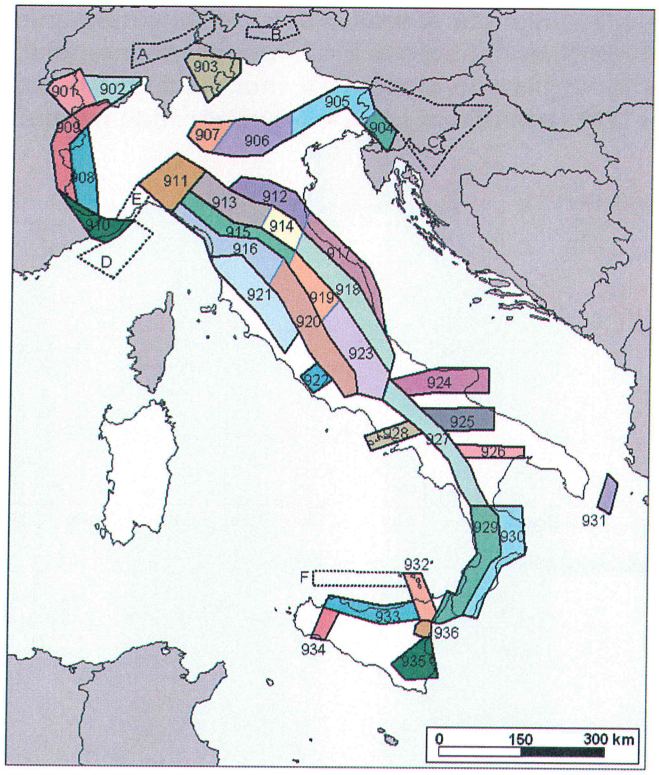


Figura 10.1: Zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004). Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica. Il significato del colore (blu o nero) dei bordi delle zone è spiegato nel testo. Il colore delle zone non è invece significativo.

Non potendo fare affidamento sui dati diretti dello studio ZS9 si è utilizzata altra documentazione messa a disposizione dall'INGV e dalla quale si è evidenziato che l'areale sotteso dalla ricerca effettuata trova limitati riscontri circa la sismicità locale[1]: addirittura il limitrofo Comune di Borgio Verezzi non risulta neppure censito nei data base. Pertanto è stata qui analizzata, oltre alla situazione microsismica storica di Pietra Ligure, anche quella delle limitrofe Finale Ligure e Loano.

Pietra Ligure:

- **Evento del 1887 (intensità al sito I_S = 7, magnitudo momento Mw = 6.29)**
- **Evento del 1972 (intensità al sito I_S = 6-7, magnitudo momento Mw = 4.76)**
- **Evento del 1972 (intensità al sito I_S = 4, magnitudo momento Mw = 4.95).**

Analogamente, anche se con alcuni eventi segnalati in più, la limitrofa Finale Ligure:

[1] Fonte INGV – DBMI04

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

- **Evento del 1828 (intensità al sito Is = F, magnitudo momento Mw = 5.67)**
- **Evento del 1887 (intensità al sito Is = 8, magnitudo momento Mw = 6.29)**
- **Evento del 1896 (intensità al sito Is = 4, magnitudo momento Mw = 4.90)**
- **Evento del 1972 (intensità al sito Is = 4, magnitudo momento Mw = 4.95)**
- **Evento del 1984 (intensità al sito Is = NF, magnitudo momento Mw = 5.68)**
- **Evento del 1989 (intensità al sito Is = 3, magnitudo momento Mw = 4.63)**

Anche Loano presenta solo alcuni eventi:

- **Evento del 1612 (intensità al sito Is = 6/7, magnitudo monemto Mw = 5.26)**
- **Evento del 1886 (intensità al sito Is = 3, magnitudo momento Mw = 5.27)**
- **Evento del 1887 (intensità al sito Is = 7, magnitudo momento Mw = 6.29)**
- **Evento del 1906 (intensità al sito Is = 4, magnitudo momento Mw = 4.56)**
- **Evento del 1989 (intensità al sito Is = 3-4, magnitudo momento Mw = 4.63)**

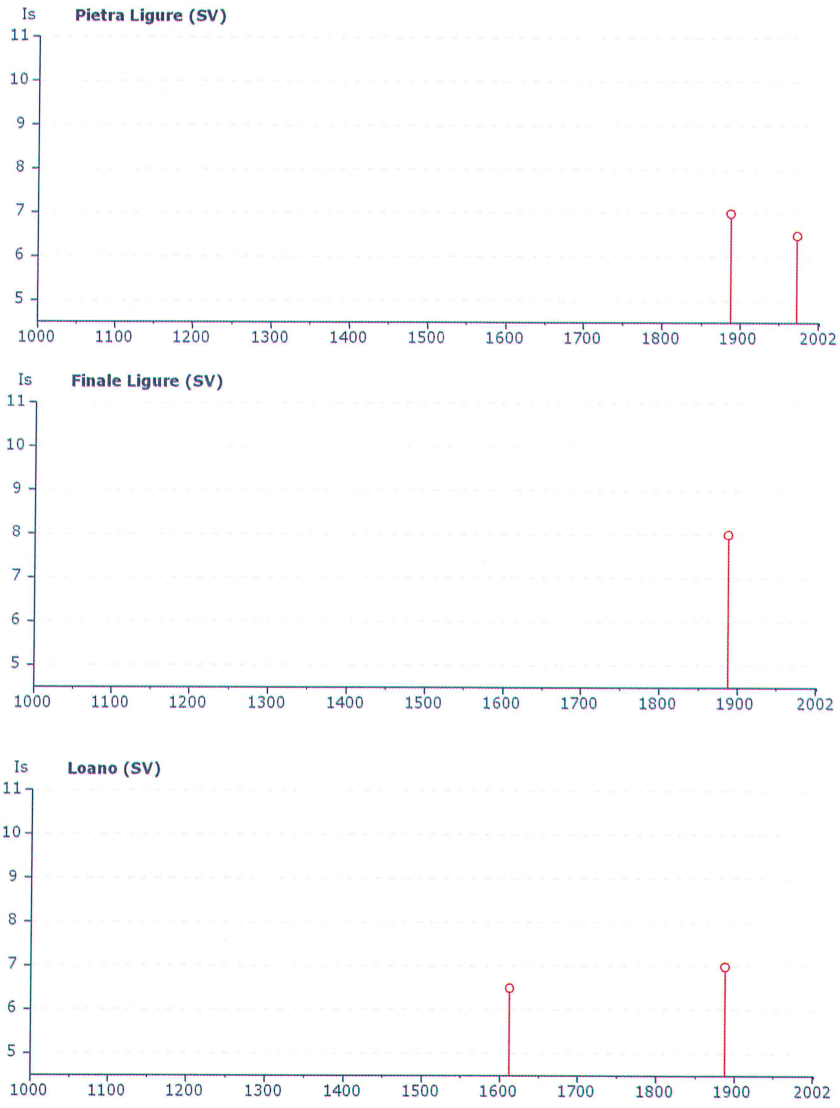


Figura 10.2: sismicità storica di Pietra Ligure, Finale Ligure e Loano

Il principale terremoto storico verificatosi in quest'area di ponente ligure è pertanto rappresentato dall'evento del 23 Febbraio 1887 (M_W=6.4, catalogo parametrico NT4.1) la cui ubicazione epicentrale è ubicata nella Liguria Occidentale. Altri eventi di notevole importanza

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

risultano essere il terremoto della Valle dello Staffora del 1828 (M_w=5.67), e quello con epicentro in Gubbio/Valfabbrica con con M_w=5.68 e quello con epicentro nel Mar Ligure del 1989 con M_w=4.83 e quello del Passo della Cisa con Mw = 4.95.

La bassa pericolosità sismica del territorio in esame, nonostante le numerose testimonianze storiche, si evince dall'esame di quella nazionale riportata nella seguente mappa:

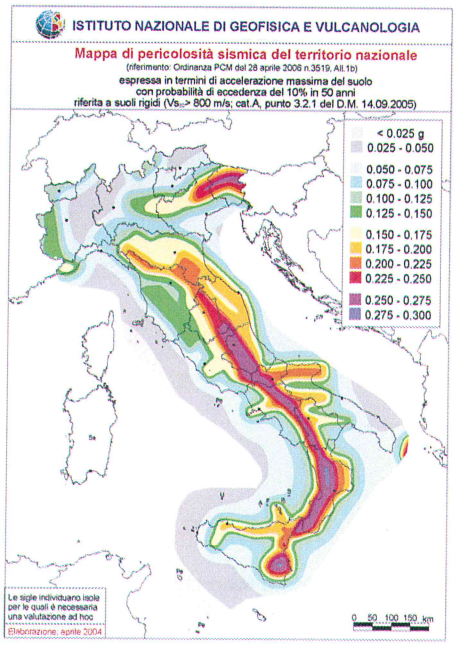


Figura 10.3: Mappa di pericolosità sismica MPS04

Il basso grado di sismicità attesa nella zona di Pietra Ligure è dato dalla sostanziale assenza di strutture sismogenetiche attive come è visibile nella seguente rappresentazione.

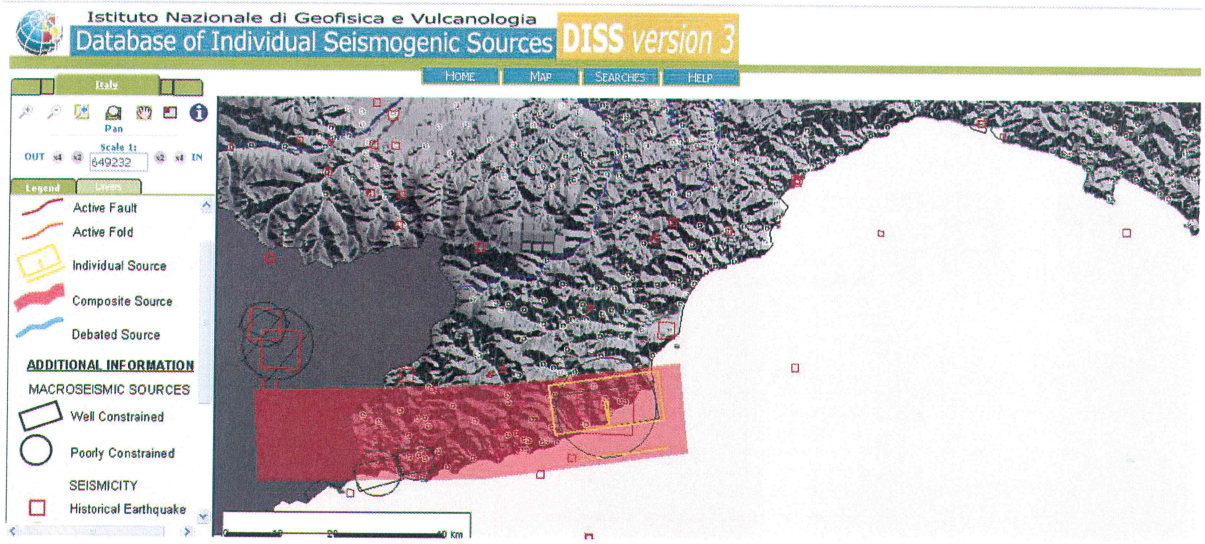


Figura 10.4: Schermata del Database DISS dell'INGV.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

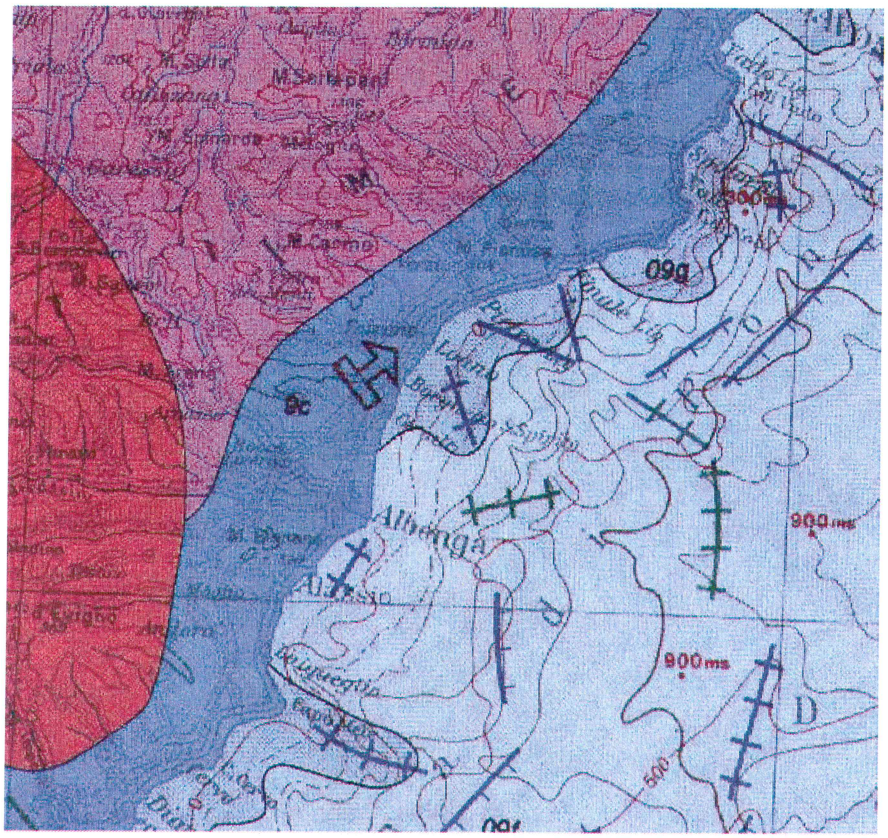


Figura 10.5: Particolare della Neotectonic Map of Italy in scala 1:500.000 pubblicata dal CNR.

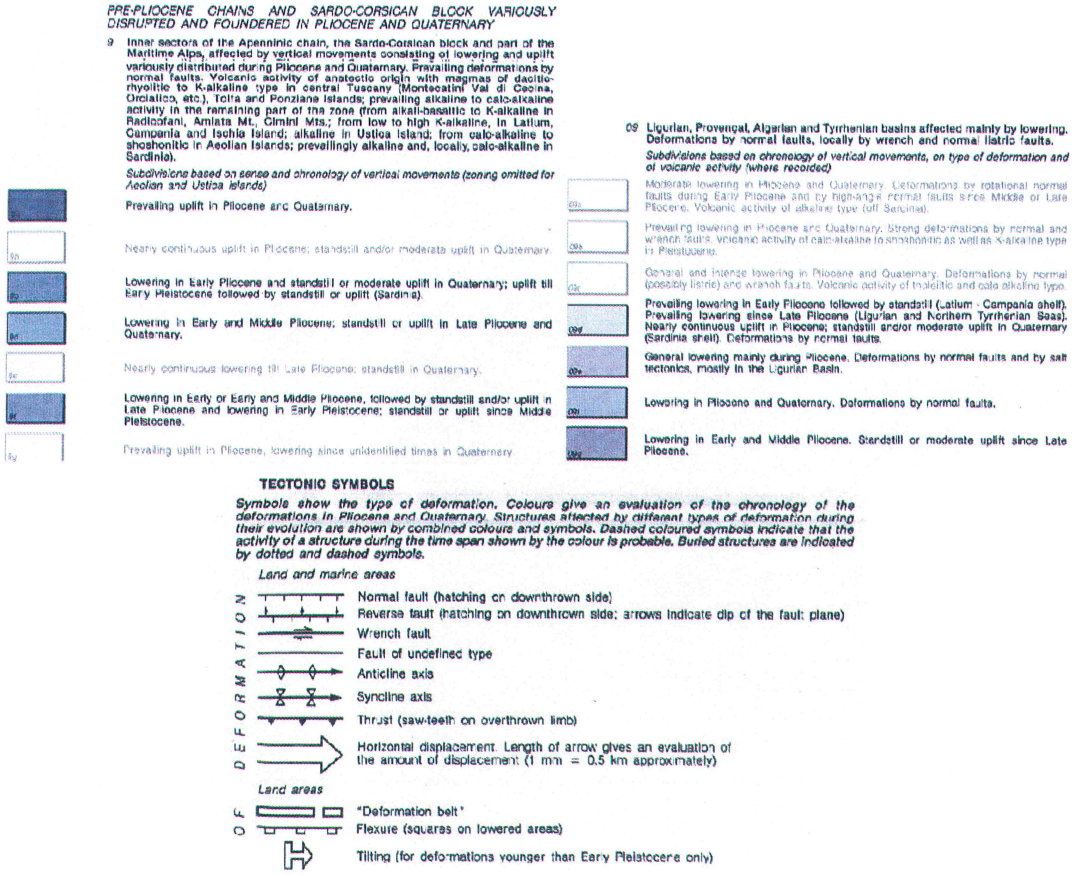


Figura 10.6: Legenda della Neotectonic Map of Italy

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Sismicità delle aree oggetto d'intervento

Con l'entrata in vigore delle summenzionate NTC la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio legato al sito di costruzione e le azioni simiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, "periodo di riferimento", espresso in anni e denominato **V_R**, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento del periodo di riferimento" è denominata **P_{VR}**.

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- **a_g** accelerazione orizzontale massima al sito;
- **F_0** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale;
- **T^*_C** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

Nelle NTC la stima della pericolosità sismica si basa su una griglia di 10.751 punti ove vien fornita la terna di valori a_g, F_0 e T^*c per nove distinti periodi e tale calcolo viene determinato via software conosciute le coordinate geografiche in gradi decimali.

VITA NOMINALE DELL'OPERA STRUTTURALE.

La vita nominale di un'opera strutturale **V_N** è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è stata destinata e per le diverse opere è riporta nella seguente Tabella 2.4.I tratta dalle NTC.

Tabella 2.4.I – *Vita nominale V_N per diverse tipologie di struttura nei riguardi della durabilità*

TIPOLOGIA DI STRUTTURA	Vita Nominale V_N (in anni)
Strutture provvisorie – Strutture in fase costruttiva	10
Strutture di opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
Strutture di grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Sulla base dei dati di progetto la V_N del nostro caso è definibile come ≥ 50 anni

CLASSI D'USO.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono definite in classi d'uso come di seguito definite.

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 d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *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.

Sulla base dei contenuti sopra richiamati il progetto in parola ricade in una tipologia di Classe d'uso III.

PERIODO DI RIFERIMENTO.

Le azioni simiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di osservazione V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U:

$V_R=V_N*C_U$

Dove il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe, come mostrato nella seguente Tabella 2.4.II delle NTC.

Tab. 2.4.II – *Valori del coefficiente d'uso C_U*

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

In particolare i valori attribuiti a VR al variare di VN e CU sono riportati nella seguente tabella C.8.1.

Tabella C8.1 Periodo di riferimento dell'azione sismica $V_R = V_N C_U$ (anni)

	Classe d'uso →	I	II	III	IV
	Coeff. C_U →	0,70	1,00	1,50	2,00
TIPI DI COSTRUZIONE	V_N	V_R			
Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	10	35	35	35	35
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	50	35	50	75	100
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	100	70	100	150	200

Nel caso in esame l'interpolazione dei dati consente di definire V_R= 75 anni

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO.

Al fine di pervenire ad una corretta modellazione simica è necessario tenere conto sia delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera sia delle condizioni topografiche poiché entrambi i fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale: tali modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza sono il risultato della risposta sismica locale.

In particolare si definiscono:

- **effetti stratigrafici** – quelli legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- **effetti topografici** – quelli legati alla configurazione topografica del piano di campagna.

Gli effetti della risposta sismica locale vengono valutati con metodi semplificati e viene attribuito al sito la pertinente categoria di sottosuolo come definita nella seguenti Tabelle 3.2.II e 3.2.III e ad una delle categorie topografiche tratte dalla seguente Tabella 3.2.VI entrambe riportate nelle NTC. Dove le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali quali creste e dorsali allungate e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore a 30 metri.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* 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	*Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 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	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, 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	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m*, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

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

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

In particolare per il caso in esame il substrato geologico locale è caratterizzato da sedimenti alluvionali con tessitura variabile e con granulometria non necessariamente crescente con la profondità per uno spessore ipotetico superiore a 30 metri con substrato roccioso profondo.

Sulla base di tali dati si può inserire il sottosuolo di fondazione nella **categoria C** " *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati e a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri*, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m /s, (ovvero $15<Nspt_{30}<50$ nei terreni a grana grossolana e cu_{30} nei terreni a grana fine)".

Sulla base dei dati morfologici del sito si può inserire la superficie topografica nella **categoria T1** "*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i≤15°*".

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI.

La categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche incidono sullo spettro elastico di risposta; specificatamente l'accelerazione spettrale massima dipende dal coefficiente $S=S_S*S_T$ dove:

S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tabella 3.2.V – NTC)

S_T = coefficiente amplificazione topografica (vedi Tabella 3.2.VI NCT)

Per le varie categorie di sottosuolo i coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati in funzione dei valori F_0 e T*c relativi al sottosuolo di categoria B, mediante le espressioni fornite nella Tabella 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi. Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati in tabella 3.2.VI in funzione delle categorie topografiche precedente mente definite in relazione all'ubicazione dell'intervento.

Tabella 3.2.V – *Espressioni di* S_S *e di* C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80 \cdot$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Tabella 3.2.VI – *Valori del coefficiente di amplificazione topografica* S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza del bordo superiore	1,0÷1,2
T3	In prossimità della cresta	1,0÷1,2
T4	In prossimità della cresta	1,2÷1,4

CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI.

Il calcolo dei parametri sismici si basa sui dati generali di cui ai precedenti paragrafi e utilizza il software di calcolo gratuito ed online messo a disposizione dalla società GEOSTRU. Di seguito si riportano i tabulati finali di calcolo, nei quali sono contenuti i valori caratteristici **a_g**, **F_0** e **T*c** nonché i valori dei coefficienti **K_h**, **K_v**, **A_{max}** e **Beta** per l'area di sedime.

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii/ fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,147052 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
longitudine: 8,280777 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
Classe d'uso: III. : Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso..
Vita nominale: 50 [anni]

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	17796	44,169330	8,261319	2923,3
Sito 2	17797	44,172390	8,330857	4888,5
Sito 3	18019	44,122490	8,335099	5123,8
Sito 4	18018	44,119430	8,265644	3300,3

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 75 anni
Coefficiente cu: 1,5

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,028	2,528	0,187
Danno (SLD)	63	75	0,037	2,544	0,215
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,113	2,486	0,296
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,154	2,500	0,309

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	a_{max} [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,830	1,000	0,008	0,004	0,411	0,200
SLD	1,500	1,740	1,000	0,011	0,006	0,546	0,200
SLV	1,500	1,570	1,000	0,041	0,020	1,667	0,240
SLC	1,470	1,550	1,000	0,054	0,027	2,217	0,240

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Tipo di elaborazione: opere di sostegno.

Sito in esame.

latitudine: 44,147052 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
longitudine: 8,280777 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
Classe d'uso: III. : Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso..
Vita nominale: 50 [anni]

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	17796	44,169330	8,261319	2923,3
Sito 2	17797	44,172390	8,330857	4888,5
Sito 3	18019	44,122490	8,335099	5123,8
Sito 4	18018	44,119430	8,265644	3300,3

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 75 anni
Coefficiente cu: 1,5

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,028	2,528	0,187
Danno (SLD)	63	75	0,037	2,544	0,215
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,113	2,486	0,296
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,154	2,500	0,309

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	a_{max} [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,830	1,000	0,008	0,004	0,411	0,180
SLD	1,500	1,740	1,000	0,010	0,005	0,546	0,180
SLV	1,500	1,570	1,000	0,041	0,020	1,667	0,240
SLC	1,470	1,550	1,000	0,054	0,027	2,217	0,240

Tipo di elaborazione: opere di sostegno – muro rigido.

Sito in esame.

latitudine: 44,147052 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
longitudine: 8,280777 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
Classe d'uso: III. : Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso..
Vita nominale: 50 [anni]

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	17796	44,169330	8,261319	2923,3
Sito 2	17797	44,172390	8,330857	4888,5
Sito 3	18019	44,122490	8,335099	5123,8
Sito 4	18018	44,119430	8,265644	3300,3

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Periodo di riferimento: 75 anni
Coefficiente cu: 1,5

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,028	2,528	0,187
Danno (SLD)	63	75	0,037	2,544	0,215
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,113	2,486	0,296
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,154	2,500	0,309

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	a_{max} [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,830	1,000	0,042	0,021	0,411	1,000
SLD	1,500	1,740	1,000	0,056	0,028	0,546	1,000
SLV	1,500	1,570	1,000	0,170	0,085	1,667	1,000
SLC	1,470	1,550	1,000	0,226	0,113	2,217	1,000

11. RILEVAMENTO GEOLOGICO TECNICO E DESCRIZIONE DELLE INDAGINI

Il sito d'intervento risulta soggetto ad una serie di campagne di indagine eseguite, in via preliminare nel giugno 2007, per individuare gli aspetti geologici ed idrogeologici di massima e l'individuazione di eventuali situazioni di contaminazione e, successivamente nell'arco dei mesi di ottobre e novembre 2010 e aprile – maggio 2012 a fini tecnici per l'individuazione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e tecniche dei terreni in situ.

Durante la prima campagna di indagine sono state eseguite le seguenti indagini in situ:

- n°. 3 sondaggi a carotaggio continuo "a secco", spinti fino alla profondità di 8 metri dal piano campagna e successivamente ritombati;
- n°. 1 sondaggio inclinato (con la finalità di indagare il terreno sottostante il deposito vernici valutando l'eventuale presenza della contaminazione) a carotaggio continuo "a secco", spinto fino alla profondità di 8 metri dal piano campagna e successivamente ritombato.

La seconda campagna di indagine ha avuto uno sviluppo più articolato essendo svolta sia con indagini di situ dirette ed indirette sia con indagini di laboratorio e precisamente:

- n° 4 sondaggi meccanici, per un totale di 100 m perforati tutti attrezzati a piezometro;
- n° 40 prelievi di campioni disturbati di sedimenti;
- n° 30 prove di resistenza meccanica S.P.T. di cui n° 3 a punta chiusa;
- n° 1 prova di permeabilità "Lefranc";
- n° 5 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH di cui 3 attrezzate a piezometro;
- n° 5 stendimenti sismici per metodo MASW;
- n° 7 rilievi sismici passivi di tipo HVSR;
- n° 2 stendimenti con metodo geoelettrico;
- n° 3 campagne di misure del livello della falda;

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

- n° 37 prove granulometriche per setacciatura su campioni derivanti dalle prove SPT a scarpa tagliente aperta e dai prelievi di campioni disturbati;
- rilievo di tutti i punti investigati e loro successiva georeferenziazione;
- n° 5 indagini a mare con prelievo di campione la cui ubicazione è riportata entro gli elaborati relativi allo studio meteomarino.

La terza campagna di indagine ha avuto lo scopo di approfondire le conoscenze geotecniche e idrogeologiche dell'area e dei suoi immediati dintorni, con la realizzazione di due perforazioni esterne all'area di proprietà e precisamente:

- n° 6 sondaggi meccanici, per un totale di 99,30 m perforati tutti attrezzati a piezometro;
- n° 27 prelievi di campioni disturbati di sedimenti;
- n° 2 campioni indisturbati;
- n° 27 prove di resistenza meccanica S.P.T.;
- n° 2 prova di permeabilità "Lefranc";
- n° 2 campagne di misure del livello della falda;
- n° 27 prove granulometriche per setacciatura su campioni derivanti dalle prove SPT a scarpa tagliente aperta e dai prelievi di campioni disturbati;
- rilievo di tutti i punti investigati e loro successiva georeferenziazione:
- prove geotecniche di laboratorio effettuate presso il D.I.C.A.T. dell'Università di Genova su campioni indisturbati.

Dall'esame delle risultanze delle operazioni d'indagine si può osservare che:

- dal punto di vista stratigrafico non sono stati campionati elementi riconducibili all'ammasso roccioso di base; in sito sono presenti riporti antropici di spessore variabile tra 0,4 e 1,4 metri, sovrapposti ad una sabbia medio—fine, talvolta localmente ghiaiosa che, verso i termini inferiori dei carotaggi appare ricca di componenti limose;
- dal punto di vista idrogeologico è evidente come la superficie freatica sia presente ad una profondità variabile tra 1,5 e 2 metri dal piano campagna, ma come la frangia capillare tenda a risalire fino a quasi 1 metro dal piano campagna, inumidendo i terreni incontrati.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Indagini preliminari (anno 2007):

- sondaggi a rotazione "a secco per indagini ambientali": ● (S1-4)

Progetto preliminare/definitivo (anni 2010, 2011 e 2012):

- sondaggi a rotazione "attrezzati a piezometro": ● (SA – D);
- sondaggi a rotazione "attrezzati a piezometro": ● (SE – L);
- prove DPSH rivestite: ■ (DPSH 1- 5);
- campagna di indagini geofisiche:
  - Indagine sismica attiva di tipo MASW: ★---------- (MASW 1- 5);
  - Indagine sismica passiva HVSR: (HVSR1-7);
  - Sondaggi elettrici verticali: --------▲-------(SEV 1-2);



Figura 11.1: rappresentazione grafica delle indagini svolte

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Fasi	Denominazione	X	Y	Z	X	Y	Z
Caratterizzazione ambientale	S1	1442401	4888439	2.90			
	S2	1442484	4888530	2.75			
	S3	1442441	4888488	3.00			
	S4	1442563	4888439	2.70			
Progetto preliminare	SA	1442425	4888477	3.00			
	SB	1442347	4888370	2.64			
	SC	1442376	4888331	2.66			
	SD	1442279	4888271	2.66			
	DPSH1	1442457	4888501	3.10			
	DPSH2	1442319	4888332	2.75			
	DPSH3	1442427	4888370	2.72			
	DPSH4	1442384	4888415	2.66			
	DPSH5	1442281	4888254	2.66			
	MASW1	1442383	4888425	2.85	1442295	4888316	2.70
	MASW2	1442295	4888316	2.70	1442383	4888425	2.85
	MASW3	1442418	4888460	3.20	1442463	4888494	3.20
	MASW4	1442418	4888460	3.20	1442448	4888482	3.20
	MASW5	1442501	4888508	2.80	1442535	4888463	3.00
	SEV1	1442295	4888316	2.70	1442383	4888425	2.85
	SEV2	1442418	4888460	3.20	1442462	4888403	2.90
	MASWA	1442383	4888425	2.85	1442295	4888316	2.70
	HVSR1	1442290	4888311	2,75			
	HVSR2	1442372	4888407	2,66			
	HVSR3	1442459	4888407	2,90			
	HVSR4	1442495	4888448	3,00			
	HVSR5	1442461	4888488	2,80			
	HVSR6	1442507	4888500	2,75			
	HVSR7	1442538	4888474	2,70			
Progetto definitivo	SE	1442529	4888485	2,70			
	SF	1442425	4888477	2,00			
	SG	1442365	4888352	2,00			
	SH	1442141	4888158	3,65			
	SI	1442380	4888524	2,60			
	SL	1442279	4888339	4,20			

Tabella 11.1: coordinate punti di indagine (Gauss-Boaga).

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Nel presente paragrafo vengono, pertanto, descritte le caratteristiche principali di massima dei depositi alluvionali e di spiaggia presenti nel sito; tali caratteristiche, come introdotto in premessa, derivano dalle risultanze delle indagini specifiche eseguite nell'ambito di tale lavoro sia durante la fase conoscitiva sia durante lo sviluppo della progettazione preliminare. Gli elementi così ottenuti hanno permesso la definizione delle categorie di suolo ivi presenti.

11.1 Sondaggi a rotazione

Come anticipato le indagini sono state eseguite in più tempi, inizialmente per la fase di caratterizzazione ambientale, e successivamente per il Progetto Preliminare/Definitivo.

Note sull'esecuzione dei sondaggi

Le perforazioni sono state protratte fino alla profondità di 25,00 ÷ 25,50 metri e 10,00 – 15,00 metri dal piano campagna al fine di raggiungere una conoscenza adeguata del volume significativo di terreno; tali conoscenze dirette hanno permesso di "calibrare" la campagna di indagini sismiche e penetrometriche svolte successivamente.

Tutte le perforazioni sono state condotte a circolazione di fluido in quanto i campionamenti di terreno sono stati condotti per una classificazione tecnico-meccanica delle terre e non a scopo ambientale.

Come si evince dall'esame della documentazione non è stato tuttavia possibile recuperare campioni indisturbati in parte a causa della tessitura dei sedimenti ed in parte, caso dell'argilla nel sondaggio B, a causa del fatto che la stessa è stata campionata in un'unica manovra.

Durante le perforazioni sono state eseguite prove di penetrazione dinamica alla punta SPT ad intervalli regolari di 1,5 metri e sono state tentate prove di permeabilità in situ che hanno generalmente dato esito negativo in quanto non si riusciva a realizzare la "tasca" di deflusso a seguito del rifluimento dei materiali. A causa di tale inconveniente è stata eseguita, con limitate problematiche, una sola prova Lefranc a carico costante che ha fornito i dati in seguito descritti.

Tutte le verticali di carotaggio sono state, infine, attrezzate a piezometro fenestrato da cui si sono ottenute le letture del monitoraggio piezometrico nonché del cuneo salino.

Rappresentazione e interpretazione delle stratigrafie

Le rappresentazioni stratigrafiche presenti nel report delle indagini evidenziano una serie di strati e successioni prevalentemente di sabbie medio fini e sabbie grossolane con alcuni interstrati a tessitura fine così sintetizzabili:

Sondaggio A:

0,00 – - 7,50 m strati di sabbie e ghiaie e sabbie medio/fini sormontate da 1 metro di cls;
-7,50 – -12,30 m strati di sabbie medio fini e sabbie con ciottoli;
-12,30 – -13,00 m strato di trovanti quarzosi e/o sabbie cementate;
-13,00 – -16,50 m strato di sabbie medio fini;
-16,50 – -23,70 successioni di sabbie con clasti;

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

-23,70 – -25,00 m sabbia argillosa.

Sondaggio B:

0,00 – - 2,00 m strato costituito da sabbia ghiaiosa;
-2,00 – - 6,00 m strati di sabbie ghiaiose e medio fini con ciottoli;
-6,00 – - 8,00 m strato di sabbia debolmente ghiaiosa;
-8,00 – -16,40 m strati di sabbie fini e sabbie;
-16,40 – -18,00 strato di argilla debolmente sabbiosa inglobante clasti;
-18,00 – -25,00 m sabbie ghiaiose, interstrati cementati e sabbie medie.

Sondaggio C:

0,00 – - 6,00 m strati costituiti da sabbia ghiaiosa, ghiaia grossolana e sabbie fini;
-6,00 – -13,30 m successioni di sabbie fini e medio fini;
-13,30 – -15,20 m strati di sabbia grossolana e con ciottoli;
-15,20 – -18,00 m strato di sabbie con ciottoli di quarzite;
-18,00 – -25,00 m successioni di sabbia con ciottoli e sabbie argillose con eventuali clasti.

Sondaggio D:

0,00 – -0,50 m di cemento e riporto antropico;
-0,50 – -5,00 m strati di sabbie ghiaiose;
-5,00 – - 7,50 m strati di sabbie fini;
-7,50 – -10,00 m sabbia medio fine;
-10,00 – -12,70 m strato di sabbie finissime;
-12,70 – -13,00 sabbia grossolana con ciottoli;
-13,00 – -16,50 sabbia;
-16,50 – -17,00 sabbia quarzosa grossolana;
-17,00 – -17,50 sabbia quarzosa grossolana con ciottoli;
-17,50 – -18,00 verrucano;
-18,00 – -25,00 m sabbie argillose anche grossolane con clasti di quarzo inglobati molto alterati e resti organici.

Sondaggio E:

0,00 - - 2,40 m cls fratturato facente parte dello scivolo a mare sormontato da 1,5 metri di riporti antropici;
2,40 - - 7,40 m intervalli di sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose di colore bruno;
-7,40 - -12,00 m strati di sabbie medio fini con ciottoli e sabbie fini e finissime di colore grigio;
-12,00 - - 13,00 m sabbia grossolana tendente a ghiaia con clasti di quarzo;
-13,00 - - 14,60 m trovanti quarzosi ;
-14,60 - -22.00 m strato di sabbie ghiaiose intervallate a ghiaia grossolana;
-22,00 - -25,00 m sabbia argillosa.

Sondaggio F:

0,00 - - 7,30 m strati di sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose e sabbie medio/fini sormontate da 0.60 metri cls/riporti;
-7,30 - -10,50 m strati di sabbie fini e finissime grigie con ciottoli;
-10,50 - - 15,00 m strati di sabbie ghiaiose con ciottoli arrotondati di calcare e quarzo.

Sondaggio G:

0,00 - - 7,25 m strati costituiti da sabbia ghiaiosa, ghiaia grossolana e sabbie fini di colore marrone;
-7,25 - -12,30 m successioni di sabbie fini e medio fini di colore grigio con resti vegetali;

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

-12,30 - -14.30 m strati di sabbia grossolana e ghiaia sabbiosa con ciottoli;
-14,30 - -15,00 m argilla rossa debolmente sabbiosa inglobante clasti di quarzite.

Sondaggio H:

0,00 – - 3,00 m di cemento e riporto antropico;
-3,00 – - 7,50 m strati di sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose di colore bruno;
-5,00 – - 7,50 m strati di sabbie fini;
-7,50 – -13,50 m sabbia molto fine di colore grigio azzurro contenente clasti isolati calcarei e resti di lamellibranchi;
-13,50 – -15,60 m strato di ghiaie sabbiose;
-15,60 – -16,60 argilla sabbiosa di colore rossastro;
-16,60 – -20,00 sabbia ghiaiosa contenente trovanti quarzosi di dimensioni pluridecimetriche;
-20,00 – -25,00 sabbie argillose di colore bruno chiaro.

Sondaggio I:

0,00 - - 0,35 m pavimentazione in autobloccanti;
-0,35 - - 8,00 m strati di sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con ciottoli appiattiti, è stata rilevata la locale presenza di intervalli cementati riconducibili a beachrock;
-8,00 - - 10,00 m strati di sabbia ghiaiosa e ghiaia sabbiosa.

Sondaggio L:

0,00 - - 0,15 m pavimentazione bituminosa;
-0,15 - - 3,00 m riporti misti a sabbia ghiaiosa ;
- 3,00 - - 9,30 m sabbie ghiaiose grigio brune.

11.2 Prove penetrometriche DPSH

Sono state eseguite n. 05 prove penetrometriche in continuo e con l'ausilio del rivestimento la cui ubicazione è riprodotta nella precedente planimetria. Le caratteristiche dello strumento utilizzato per le prove dinamiche sono di seguito riportate.

Note sull'esecuzione delle prove dinamiche

Tutte le prove si sono interrotte per il raggiungimento del rifiuto sperimentale all'avanzamento (con questo termine si intende che il maglio rimbalza sulle aste senza produrre un avanzamento significativo) ed in particolare la prova DPSH 1 è stata spinta fino alla profondità di 15.6 m dal p.c. , nella DPSH 2 il rifiuto è occorso alla profondità di circa 16.2 m dal p.c.. La DPSH 3 è stata spinta fino alla profondità di 12.4 m. La DPSH 4 è stata spinta fino alla profondità di 21,0 e la DPSH 5 il rifiuto è occorso alla profondità di circa 15,6 m dal p.c. Di tali verticali penetro metriche tre e precisamente la 1 la 3 e la 4 sono state attrezzate a piezometro, mediante la posa di una tubazione in PVC di 1" di diametro che consente il passaggio della sonda freatimetrica per la lettura del livello di falda e della relativa temperatura. In generale, è da evidenziare che tutte le prove sono risultate molto rappresentative e significative a tutte le profondità in considerazione che è stato utilizzato il rivestimento delle aste.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

11.3 Campagna di indagini geofisiche

Scopo dell'indagine è stato quello di caratterizzare l'area d'interesse dal punto di vista sismico. Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata effettuata una serie di acquisizioni *MASW* (*Multi-channel Analysis of Surface Waves* analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) utili a definire il profilo verticale della V_S (velocità di propagazione delle onde di taglio), due stese geoelettriche e sette indagini sismiche passive HVSR.

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005).

Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (V_S).

La classificazione dei terreni è stata quindi svolta sulla base del valore della V_{S30} (il valore *medio ponderato* della V_S nei primi 30m di profondità) definita dalla relazione:

$$Vs30 = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

in cui V_{Si} e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell'i-esimo strato.

Descrizione dei profili MASW - Risultati

I profili sismici MASW sono stati eseguiti in adiacenza alla Palazzina uffici, lungo il perimetro a valle del rilevato ferroviario, sul piazzale antistante la Palazzina Uffici e in prossimità del fabbricato Mensa, al fine di poter sfruttare al massimo la conformazione del sito senza avere interferenze di superficie parzialmente pavimentate o alterate dall'azione antropica. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125 μs ed una durata di acquisizione su singola battuta di 1024 - 2048 ms.

Lungo l'allineamento di monte la distanza intergeofonica è stata predisposta in 5 ml per una lunghezza complessiva di 110 m ed è stata realizzata una battuta, in andata e ritorno, sullo stesso allineamento in offset di 10 metri per parte; lungo la Palazzina Uffici la distanza intergeofonica è stata predisposta in 2 ml per una lunghezza complessiva di 44 m e è stato realizzato un unico punto di energizzazione (di battuta) in offset di 8 metri. Sul piazzale prospiciente la Palazzina Uffici è stata eseguita una stesa con distanza intergeofonica predisposta in 2 ml per una lunghezza complessiva di 44 m ed è stata realizzata una battuta, sullo stesso allineamento in offset di 10 metri; l'allineamento in prossimità del'edificio Mensa è anch'essa di 44 metri con distanza intergeofonica di 2 metri e offset di 8 metri.

Lungo l'allineamento di monte, inoltre, è stato eseguito un ulteriore profilo MASW (A) con distanza intergeofonica di 5 ml per una lunghezza complessiva di 110 m le cui risultanze sono state associate ai dati delle HVSR 1.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Tutti i risultati grafici sono allegati nel report delle indagini, mentre per ogni profilo sismico e rilevazione vengono di seguito sintetizzati i risultati.

L'elaborazione delle registrazioni per il profilo posizionato lungo il rilevato ferroviario ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di 6 discontinuità sismiche:

Spessore (m)	V_S (m/s)	Modulo di taglio stimato (MPa)
7.5	200	86
5.0	270	162
4.0	350	279
7.0	550	669
7.0	650	925
15.0	800	1414
Semi-spazio	1000	2237

MASW 1: Modello medio individuato (Vs30 del modello medio dal p.c.: 333 m/s).

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (*MASW*) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_S (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del parametro V_{S30}, risultato pari a 333 m/s (considerando come riferimento il piano campagna).

L'elaborazione delle registrazioni per il profilo posizionato lungo il rilevato ferroviario, in ritorno, ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità sempre di 6 discontinuità sismiche:

Spessore (m)	V_S (m/s)	Modulo di taglio stimato (MPa)
7.5	200	86
5.0	270	162
4.0	350	279
7.0	550	669
7.0	650	933
15.0	800	1414
Semi-spazio	1000	2247

MASW 2: Modello medio individuato (Vs30 del modello medio dal p.c.: 333 m/s).

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (*MASW*) ha consentito anche qui di determinare il profilo verticale della V_S (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del parametro V_{S30}, confermandolo pari a 333 m/s rispetto al piano campagna.

L'elaborazione delle registrazioni per il profilo sul piazzale prospiciente la Palazzina degli Uffici ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di 5 discontinuità sismiche:

Spessore (m)	V_S (m/s)	Modulo di taglio stimato (MPa)
7.0	200	86
5.0	270	162
4.0	350	279
7.0	550	669
7.0	650	952
Semi-spazio	800	1446

MASW 3: Modello medio individuato (Vs30 del modello medio dal p.c.: 339 m/s).

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (*MASW*) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_S (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

parametro Vs_{30}, risultato pari a 339 m/s, considerando come riferimento il piano campagna, valore leggermente superiore al precedente.

L'elaborazione delle registrazioni per il profilo lungo la Palazzina degli Uffici ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di 5 discontinuità sismiche:

Spessore (m)	V_S (m/s)	Modulo di taglio stimato (MPa)
6.5	200	86
6.0	270	162
4.0	350	279
7.0	550	685
7.0	650	952
Semi-spazio	800	1433

MASW 4: Modello medio individuato (Vs30 del modello medio dal p.c.: 338 m/s).

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (*MASW*) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_S (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del parametro Vs_{30}, risultato pari a 338 m/s, considerando come riferimento il piano campagna, valore leggermente superiore al precedente.

L'elaborazione delle registrazioni per il profilo sul piazzale prospiciente la Mensa ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di 5 discontinuità sismiche:

Spessore (m)	V_S (m/s)	Modulo di taglio stimato (MPa)
9.0	200	86
5.5	270	162
4.0	350	279
6.0	550	669
6.0	650	952
Semi-spazio	800	1433

Modello medio individuato (Vs30 del modello medio dal p.c.: 312 m/s).

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (*MASW*) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_S (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del parametro Vs_{30}, risultato pari a 312 m/s, considerando come riferimento il piano campagna, valore leggermente superiore al precedente.

Il profilo sismico MASWA è stato eseguito lungo il perimetro a valle del rilevato ferroviario. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125 μs ed una durata di acquisizione su singola battuta di 2048 ms.

Lungo l'allineamento distanza intergeofonica è stata predisposta in 5 ml per una lunghezza complessiva di 110 m ed è stata realizzata una battuta, in andata e ritorno, sullo stesso allineamento in offset di 20 metri per parte

L'elaborazione delle registrazioni per il profilo posizionato lungo il rilevato ferroviario ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di 8 discontinuità sismiche rappresentate graficamente nel seguente report di elaborazione:

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Spessore (m)	Vs (m/s)	Q	Modulo di taglio stimato (MPa)
7.0	175	25	65
5.0	250	30	137
5.0	350	35	279
6.0	550	40	666
7.0	650	50	916
11.0	850	55	1584
10.0	1200	116	3241
Semi-spazio	2200	140	11519

MASW A: Modello medio individuato (Vs30 del modello medio dal p.c.: 313 m/s).

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (*MASW*) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_S (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del parametro Vs_{30}, risultato pari a 313 m/s (considerando come riferimento il piano campagna).

Indagini HVSR

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), anche dei rapporti spettrali, è una tecnica di prospezione sismica che, attraverso la registrazione delle tre componenti del rumore sismico ambientale permette di stimare la velocità di propagazione delle onde di taglio.

La prospezione sismica di tipo passivo non utilizza l'energia sismica immessa nel terreno mediante un'energizzazione, ma registra il rumore sismico del sito generato da qualsiasi tipo di sorgente: agenti atmosferici, cause antropiche, dinamica terrestre, e, attraverso la registrazione della propagazione di tali onde nel suolo permette di ottenere la frequenza caratteristica di risonanza del sito, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio (quando la misura viene effettuata all'interno di un manufatto), la velocità media delle onde Vs e la stratigrafia del sottosuolo.

La registrazione delle onde sismiche è svincolata pertanto al tipo di sorgente, ma individua, attraverso la forma d'onda, il suo percorso dalla sorgente al sito di rilevazione, dalla risposta dello strumento le caratteristiche del sito sopra descritte.

Descrizione delle indagini HVSR - Risultati

Le acquisizioni sono state effettuate su vari punti della superficie del Cantiere Rodriquez e sono state effettuate per un tempo di circa 30 minuti cadauna.

L'elaborazione delle registrazioni, anch'esse rappresentate nel report, ha portato all'individuazione delle seguenti frequenze fondamentali di vibrazione di sito.

stazione di misura	Frequenza Hz
1	3,4
2	4,0
3	2,8
4	3,3 e 4,0
5	4,0
6	2,8 e 4,2
7	4,0

Indagini geoelettriche

La prospezione geoelettrica è un metodo di indagine geofisico che consente l'individuazione delle variazioni di conducibilità elettrica nel sottosuolo in funzione delle

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

caratteristiche fisiche dei materiali attraversati, permettendo la definizione di unità elettrostratigrafiche e l'individuazione di strutture sepolte.

L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta una serie di picchetti collegati tra loro da cavi multicanale, tramite i quali è immessa corrente nel terreno, generando quindi un campo elettrico; simultaneamente sono registrare le variazioni di potenziali indotte. La successiva elaborazione consente di stimare la distribuzione della resistività (grandezza inversa della conducibilità elettrica) nel terreno tramite un processo matematico di regressione che utilizza algoritmi di calcolo capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza.

Descrizione del profilo geoelettrico - Risultati

I profili di geoelettrica ottenuti ubicando le stese in adiacenza alla Palazzina Uffici e lungo la porzione di terreno compresa tra i capannoni e la linea Ferroviaria, uniche ubicazioni possibili a causa della presenza di vaste porzioni di terreno cementate, non hanno dato risultati interpretabili a causa della presenza di una massiccia quantità di ferro entro le platee di pavimentazione ubicate in corrispondenza di tutto il sito d'intervento ed alla vicinanza della linea Ferroviaria, anch'essa caratterizzata dalla presenza di elementi metallici nonché della condotta fognaria comunale in acciaio.

Risultanze della campagna di indagini geofisiche.

Le metodologie geofisiche utilizzate hanno confermato l'omogeneità laterale della stratigrafia del sottosuolo nell'area dei Cantieri Rodriquez, ed hanno permesso di caratterizzare il volume di sottosuolo interessato dall'intervento che presenta la seguenti caratteristiche:

- gli approfondimenti geofisici hanno permesso di individuare un bedrock sismico suddivisibile in 3 diverse categorie rispettivamente a 30, 41 e 51 metri, in prossimità della stesa MASWA.
- i sismostrati caratteristici dei depositi di spiaggia di origine alluvionale di copertura presentano spiccata uniformità laterale senza inversioni;
- le coperture risultano lateralmente omogenee, e, dalle risultanze della geofisica effettuata in sede integrativa, si conferma un range del valore di Vs_{30} compreso tra 310 e 340 m/sec.;
- in base alle risultanze della geofisica e dei sondaggi geognostici il suolo è inquadrabile entro la categoria C.

12. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

In base alle indagini eseguite, ai rilievi esperiti nei dintorni del sito, alle osservazioni effettuate nell'area e alle indicazioni della cartografia tecnica si può fornire il seguente modello geologico per il sottosuolo del sito:

"substrato costituito da successioni sedimentarie di tipo sabbioso, sabbioso-ghiaiose con locali interstrati di sedimenti fini e, puntualmente, finissimi, per spessori sempre superiori a 20,00 metri. Il materasso alluvionale presenta caratteristiche di spiccata omogeneità laterale sebbene siano presenti localizzate lenti più fini".

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

13. MICROZONAZIONE SISMICA: RISCHIO SISMICO

La Regione Liguria, con la D.G.R. 471/2010 ha dettato criteri e le linee guida regionali, ai sensi dell'art.1, comma 1 della l.r. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale. In tale documento sono forniti i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio con particolare riguardo alla tipologia ed al livello di approfondimento degli studi da effettuare per una migliore definizione della risposta sismica locale.

Da numerosi studi a livello internazionale è ormai accertato che, a parità di magnitudo e localizzazione della sorgente sismica (ipocentro), terreni a caratteristiche fisico-meccaniche diverse subiscono deformazioni di intensità differente; strumentalmente, ciò è rilevabile attraverso la modifica del moto sismico (accelerogramma o spettro di risposta elastico), impressa in termini di accelerazione in un dato periodo di tempo. Il moto sismico, impresso alle particelle, infatti, si propaga in modo continuo nel terreno, ampliandosi o smorzandosi in funzione del grado di addensamento e della viscosità del materiale attraversato caratterizzandosi per velocità delle onde di taglio (V_s), tanto più veloci quanto più il mezzo attraversato è addensato.

Per un'attenta analisi della risposta sismica locale quanto suesposto risulta di primaria importanza, al fine di individuare delle aree soggette ad effetti locali e per orientare un'accurata indagine di campagna finalizzata alla definizione delle proprietà di seguito elencate:

- Indagine geologica e geomorfologia classica:
  - Stratigrafia delle formazioni superficiali, definizione della litostratigrafia, individuazione del contatto tra copertura superficiale e bedrock (amplificazione litostratigrafica);
  - Morfologia di dettaglio dell'area con rilievo delle forme lineari o strutturali che possono generare amplificazione del moto sismico (amplificazione topografica).
- Studi geofisici specifici:
  - Profili di velocità delle onde sismiche trasversali V_s nel sottosuolo e determinazione del parametro V_{s30}.

13.1 LIVELLO I: CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE.

Questa prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti del territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, fenomeni di liquefazione, ecc.). In particolare il primo livello di approfondimento raggruppa gli studi e la cartografia di base propedeutica alla redazione della "Carta delle MIcrozone Omogenee" in cui sono evidenziate le zone caratterizzate da differenti scenari di pericolosità locale con indicazione degli effetti locali attesi.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Tale elaborato è pertanto una sin tesi delle conoscenze a livello geologico–geomorfologico e di tipo urbanistico dalla cui integrazione delle informazioni si produce una prima zonizzazione delle aree potenzialmente soggette ad amplificazione di effetto locale a cui si associa un effetto atteso (liquefazione, cedimento, amplificazione del moto etc.).

In allegato è riporta tale cartografia di sintesi dalla quale si evince come tutto il territorio oggetto d'intervento sia compreso tra le: *Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (Ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie e sabbie limoso/argillose con potenza superiore a 30 metri e stato di addensamento variabile tra il 35% ed il 100%)*

13.2 LIVELLO I: CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.

Identificati gli scenari che individuano il secondo livello di approfondimento dell'area in oggetto, è stato valutato il coefficiente di amplificazione ai sensi della DGR 471/2010 ed è stato quindi necessario effettuare studi di microzonazione sismica di dettaglio del territorio indagato.

A tale scopo è stata redatta la "Carta di Microzonazione Sismica" (vedi allagato), qualesintesi dei risultati delle indagini della definizione del modello geo-litologico e sismostratigrafico con i profili di velocità di propagazione delle onde di Taglio V_S.

Input sismico

Per l'input sismico si è utilizzato il calcolo del moto attraverso lo studio di accelerogrammi reali registrati (metodo deterministico) selezionati tramite il software REXEL in numero almeno pari a 4. In particolare sono stati estratti un gruppo di accelerogrammi su roccia ed ancorati alla PGA prevista per il comune dalla normativa, il cui spettro di risposta medio fosse compatibile con la normativa vigente.

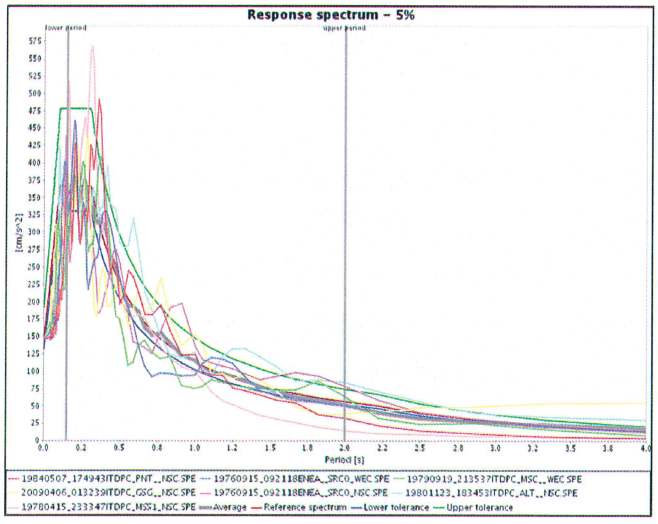


Figura 13.2.1: selezione degli accelerogrammi.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

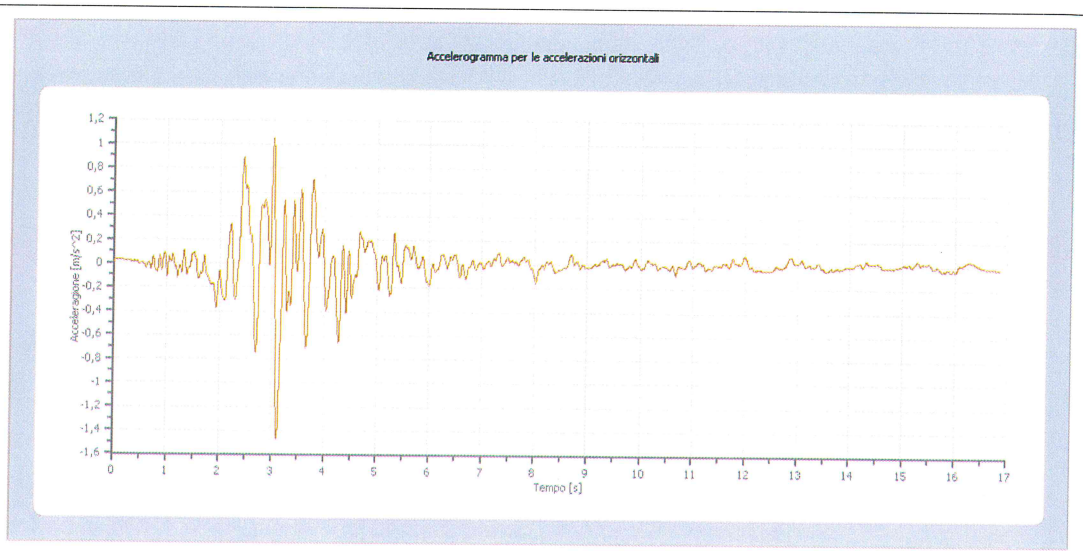


Figura 13.2.2: accelerogramma 19760915_092118ENEA_SRC0_WEC.

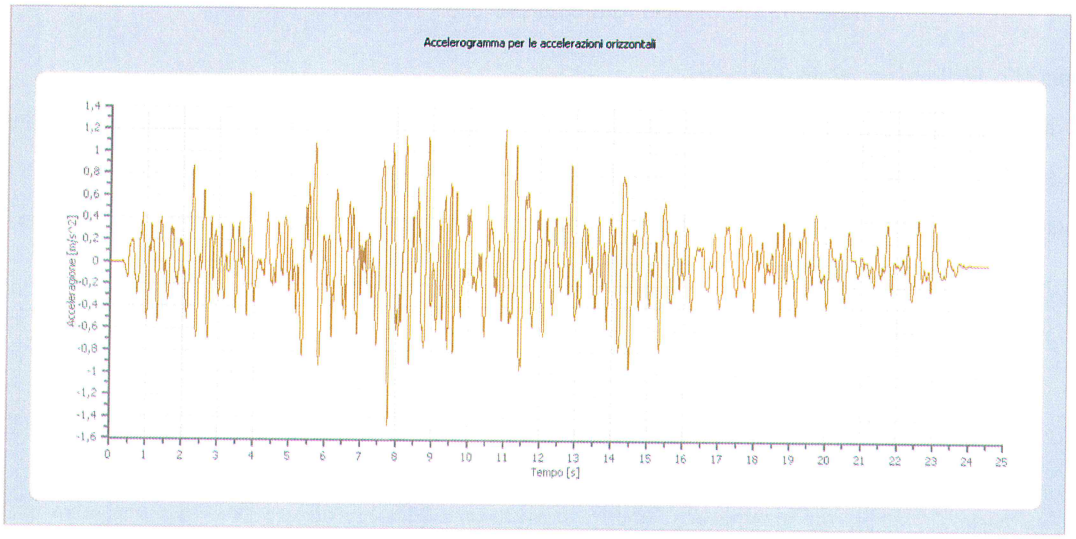


Figura 13.2.3: accelerogramma 19780415_233347ITDPC_MSS1_NSC.

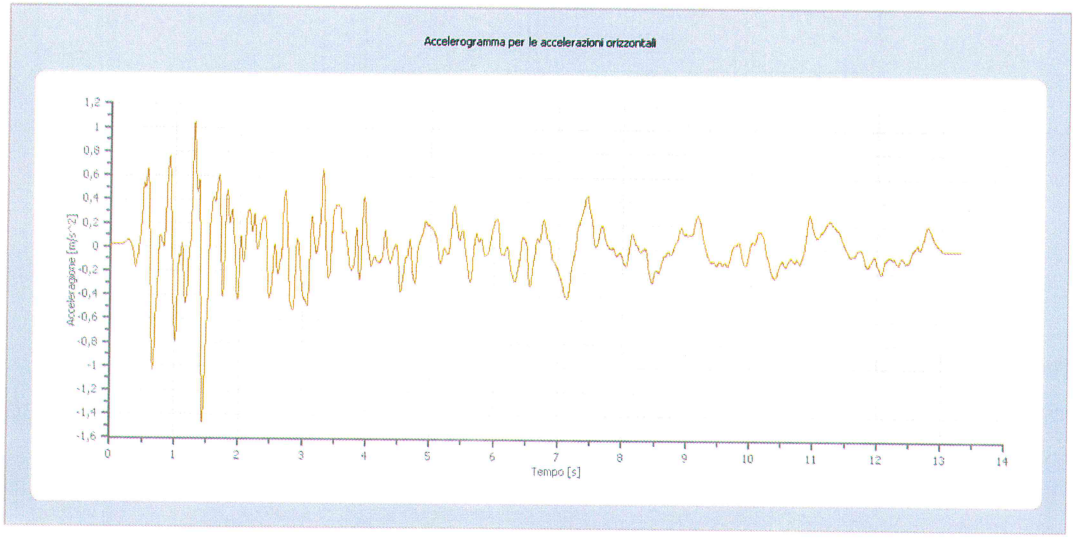


Figura 13.2.4: accelerogramma 19790919_213537ITDPC_MSC_WEC.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

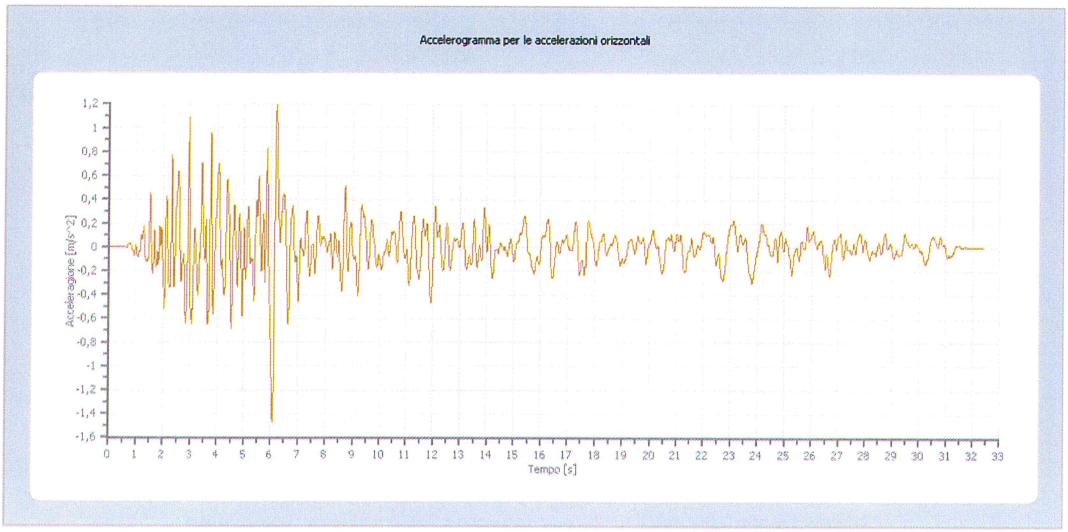


Figura 13.2.5: accelerogramma 19840507_174943DPC_PNT_NSC.

Modello litologico di riferimento.

Le indagini geognostiche e geotecniche condotte in sito hanno permesso di evidenziare come le successioni sedimentarie risultino uniformi e con buona continuità orizzontale: a seguito di ciò il modello litologico rappresentativo dell'area può essere come di seguito sintetizzato.

Spessore (m)	Descrizione	Peso di volume (KN/mc)	Vs (m/sec)
7	Sabbie ghiaiose	20.58	175
5	Sabbie medio fini	21.56	250
5	Sabbie	22.54	350
6	Sabbie ghiaiose	21.56	550
7	Sabbie ghiaiose ciottolose	21.56	650
11	Bedrock sismico	21.56	850
10	Bedrock profondo	22.54	1200
---	Bedrock profondo	23.52	2200

Simulazioni numeriche e profili di Vs.

Come da indirizzo della DGR 471/2010 sono state eseguite simulazioni numeriche con codice lineare 1D con i differenti profili di Vs di seguito riportati.

Profilo di Vs con velocità costante per tutto lo spessore dei terreni di copertura.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Spessore (m)	Descrizione	Peso di volume (KN/mc)	Modulo di taglio (MPa)	Vs (m/sec)
7	Sedimenti	20.58	193	302
---	Bedrock sismico	21.56	1394	800

Profilo di Vs con gradiente 100 per lo spessore dei terreni di copertura.

Spessore (m)	Descrizione	Peso di volume (KN/mc)	Modulo di taglio (MPa)	Vs (m/sec)
1	Sedimenti	19.60	20	100
10	Sedimenti	20.58	86	200
5	Sedimenti	21.56	202	300
2	Sedimenti	22.54	370	400
2	Sedimenti	21.56	544	500
5	Sedimenti	21.56	800	600
6	Sedimenti	21.56	1071	700
---	Bedrock sismico	21.56	1394	800

Profilo di Vs con gradiente 50 per lo spessore dei terreni di copertura.

Spessore (m)	Descrizione	Peso di volume (KN/mc)	Modulo di taglio (MPa)	Vs (m/sec)
1	Sedimenti	19.60	20	100
5	Sedimenti	20.58	47	150
5	Sedimenti	20.58	86	200
2.5	Sedimenti	21.56	137	250
2.5	Sedimenti	21.56	202	300
1	Sedimenti	22.54	281	350
1	Sedimenti	22.54	370	400
1	Sedimenti	21.56	445	450
1	Sedimenti	21.56	544	500
2.5	Sedimenti	21.56	665	550
2.5	Sedimenti	21.56	800	600

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

3	Sedimenti	21.56	928	650
3	Sedimenti	21.56	1071	700
3	Sedimenti	21.56	1236	750
---	Bedrock sismico	21.56	1394	800

Determinazione effetti di amplificazione.

Le simulazioni effettuate con l'ausilio dei tre differenti profili di Vs sopra riportati ha dato i seguenti risultati.

Profilo di Vs con velocità costante per tutto lo spessore dei terreni di copertura.

Accelerogramma	FA (0.1<T<0.5 sec)	FA (0.1<T<1 sec)	FV (0.1<T<0.5 sec)	FV (0.1<T<1 sec)
19760915_092118ENEA__SRC0_WEC	1.24	1.19	1.33	1.17
19780415_233347ITDPC_MSS1_NSC	1.05	1.05	1.08	1.06
19790919_213537ITDPC_MSC__WEC	1.15	1.09	1.16	0.99
19840507_174943ITDPC_PNT__NSC	1.05	1.02	1.08	0.99

Profilo di Vs con gradiente 100 per lo spessore dei terreni di copertura.

Accelerogramma	FA (0.1<T<0.5 sec)	FA (0.1<T<1 sec)	FV (0.1<T<0.5 sec)	FV (0.1<T<1 sec)
19760915_092118ENEA__SRC0_WEC	1.71	1.61	1.60	1.38
19780415_233347ITDPC_MSS1_NSC	1.57	1.54	1.40	1.34
19790919_213537ITDPC_MSC__WEC	1.43	1.34	1.26	1.05
19840507_174943ITDPC_PNT__NSC	1.42	1.35	1.25	1.10

Profilo di Vs con gradiente 50 per lo spessore dei terreni di copertura.

Accelerogramma	FA (0.1<T<0.5 sec)	FA (0.1<T<1 sec)	FV (0.1<T<0.5 sec)	FV (0.1<T<1 sec)
19760915_092118ENEA__SRC0_WEC	1.56	1.46	1.39	1.20
19780415_233347ITDPC_MSS1_NSC	1.77	1.74	1.64	1.52
19790919_213537ITDPC_MSC__WEC	1.59	1.47	1.41	1.15
19840507_174943ITDPC_PNT__NSC	1.58	1.50	1.40	1.21

I coefficienti di amplificazione sismica rispetto al suolo estesi a tutta l'area valgono pertanto:

- **FA P.G.A. = 1,5**
- **FA (0,1<T<0,5 sec) = 1.8;**

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

- **FA (0,1<T<1,0 sec) = 1.7;**
- **FV (0,1<T<0,5 sec) = 1.6;**
- **FV (0,1<T<1,0 sec) = 1.5.**

Savona, li giugno 2012

Dott. Geologo Alessandro Canavero (O.R.G.L. n° 268)

Dott. Geologo Sabrina Santini (O.R.G.L. n° 338)

INDICE ALLEGATI

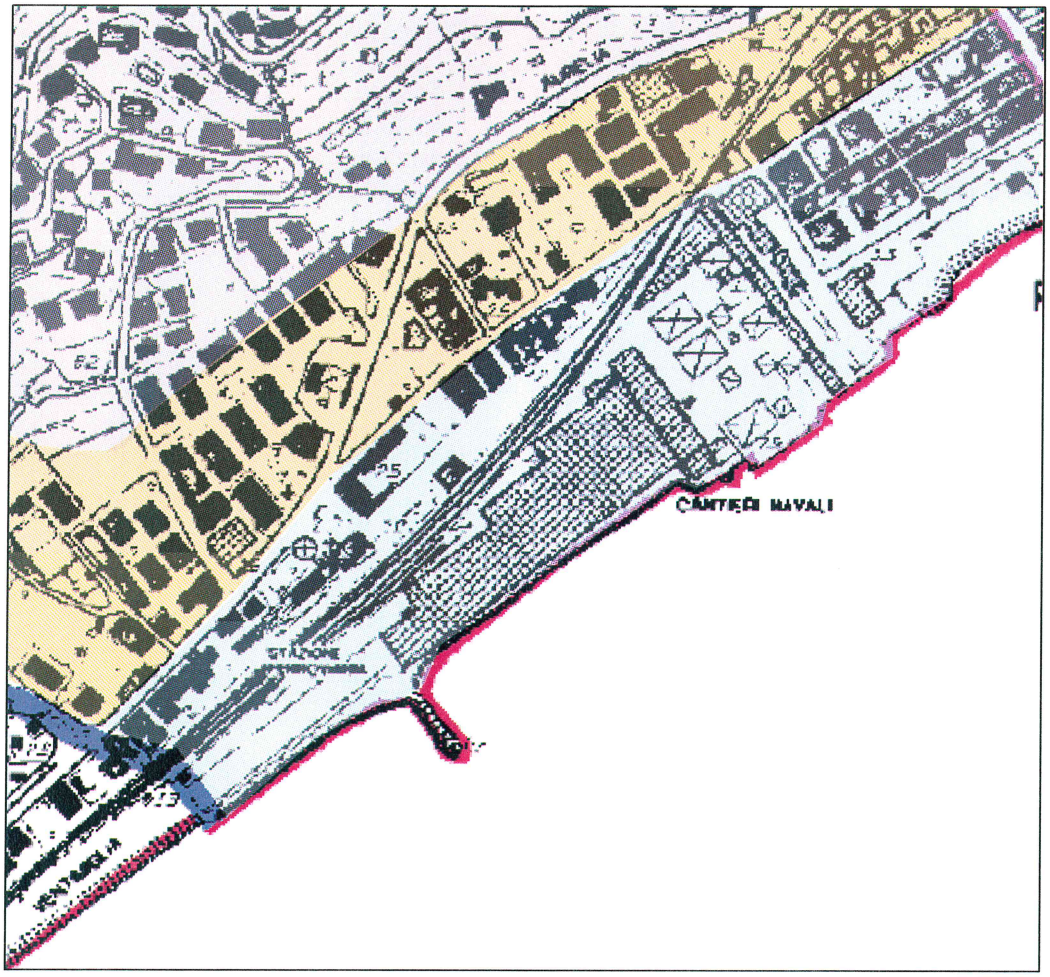
CARTA GEOLOGICA/GEOMORFOLOGICA, SCALA 1:5.000..... 41
CARTA LITOTECNICA, SCALA 1:5.000. 42
CARTOGRAFIE DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO, SCALE VARIE. 43
SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE 44
CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE, SCALA 1:2.500..... 46
CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA, SCALA 1:2.500..... 47

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

ALLEGATO 1

CARTA GEOLOGICA/GEOMORFOLOGICA, SCALA 1:5.000.

- Depositi alluvionali/di spiaggia e riporti antropici
- Ammasso roccioso affiorante e sub affiorante
- Coperture detritiche interdigitate a depositi alluvionali
- Corsi d'acqua



Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

ALLEGATO 2

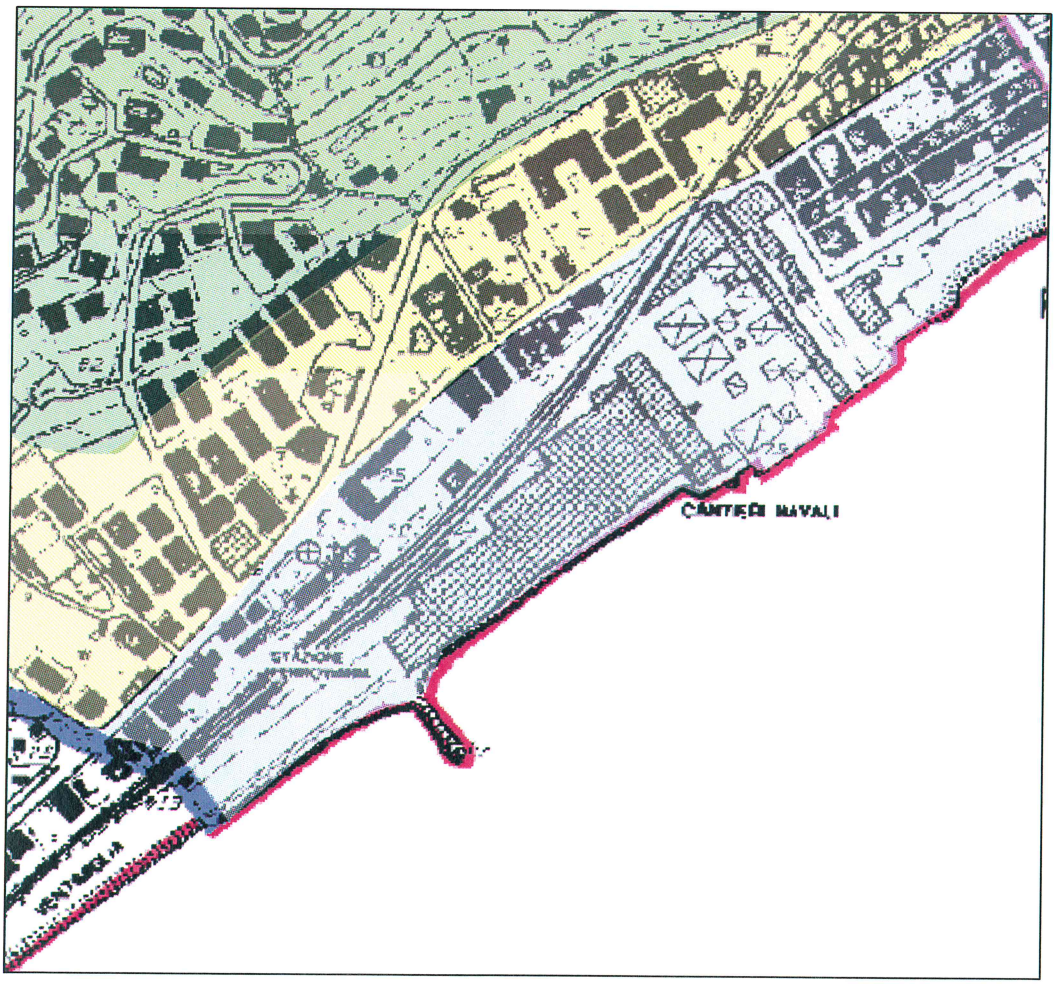
CARTA LITOTECNICA, SCALA 1:5.000.

Depositi sabbiosi con caratteristiche geotecniche variabili in funzione del grado di addensamento

Depositi detritici con caratteristiche geotecniche variabili in funzione del grado di addensamento e dell'altezza di falda

Complessi rocciosi affioranti o subaffioranti con resistenza meccanica da elevata a media

Corsi d'acqua



Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

ALLEGATO 3

CARTOGRAFIE DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO, SCALE VARIE.

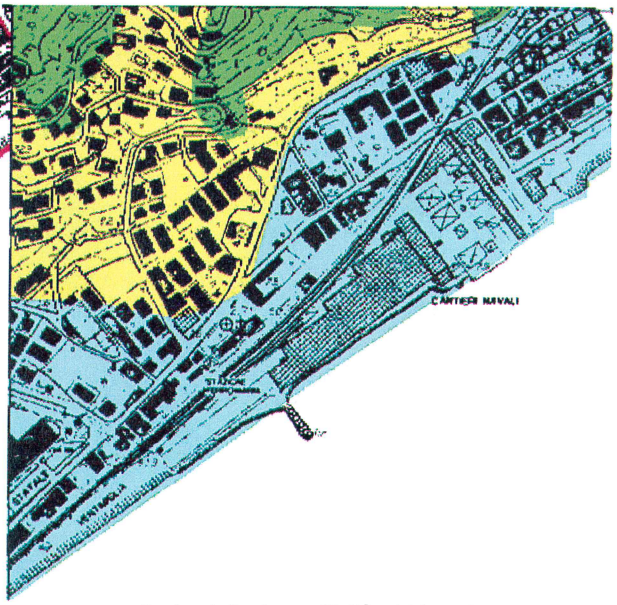
Piano di Bacino per la Tutela dal Rischio Idrogeologico del Torrente Nimbalto.

Nell'ambito di tale strumento di pianificazione l'intervento ricade nelle seguenti perimetrazioni:

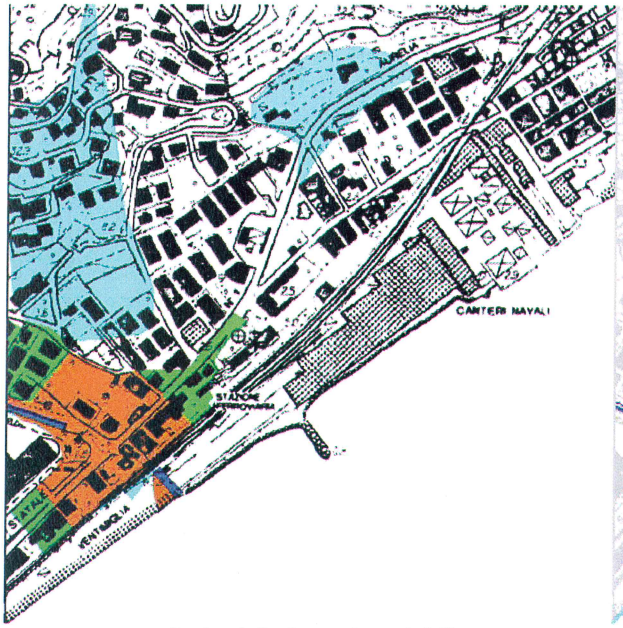
- per la Carta del Reticolo Idrografico al di fuori della fascia di pertinenza di corsi d'acqua;
- per la Carta di Suscettività al Dissesto entro le aree a "suscettività al dissesto molto bassa";
- per la Carta delle Fasce di Inondabilità al di fuori di qualsiasi perimetrazione;
- per la Carta degli Interventi al di fuori qualsiasi zona soggetta a previsione di intervento;



Carta del Reticolo Idrografico



Carta della Suscettività al Dissesto



Carta delle fasce Inondabili



Carta degli Interventi

Estratti PDB Torrente Nimbalto - Fonte sito Web Provincia di Savona

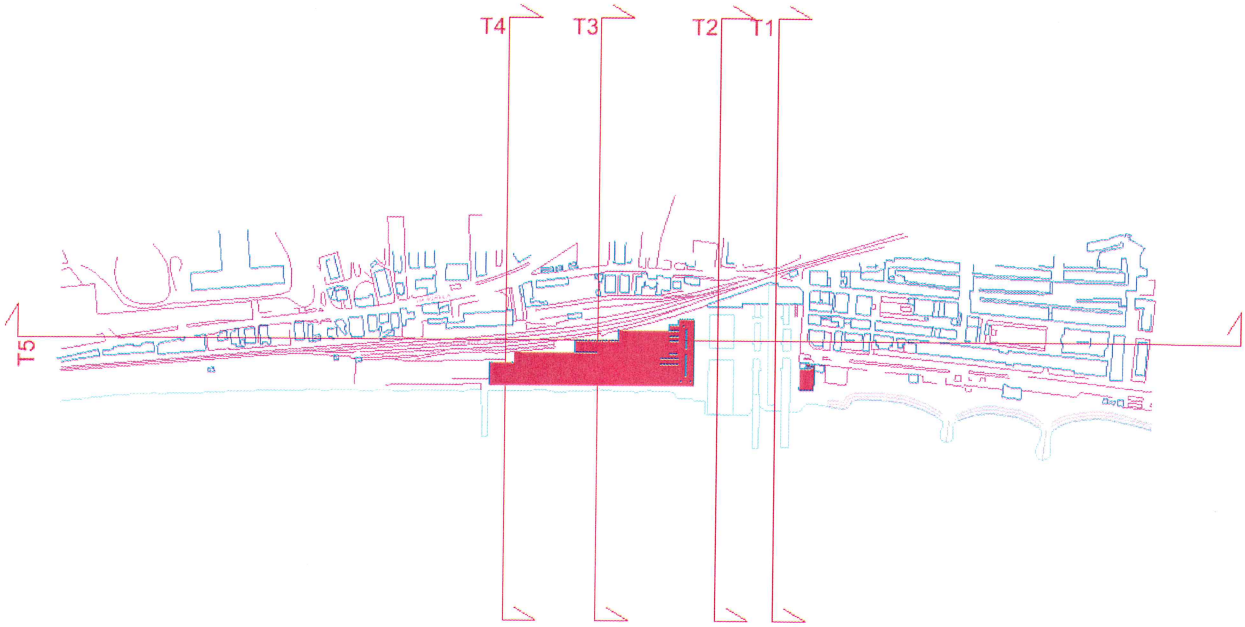
Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

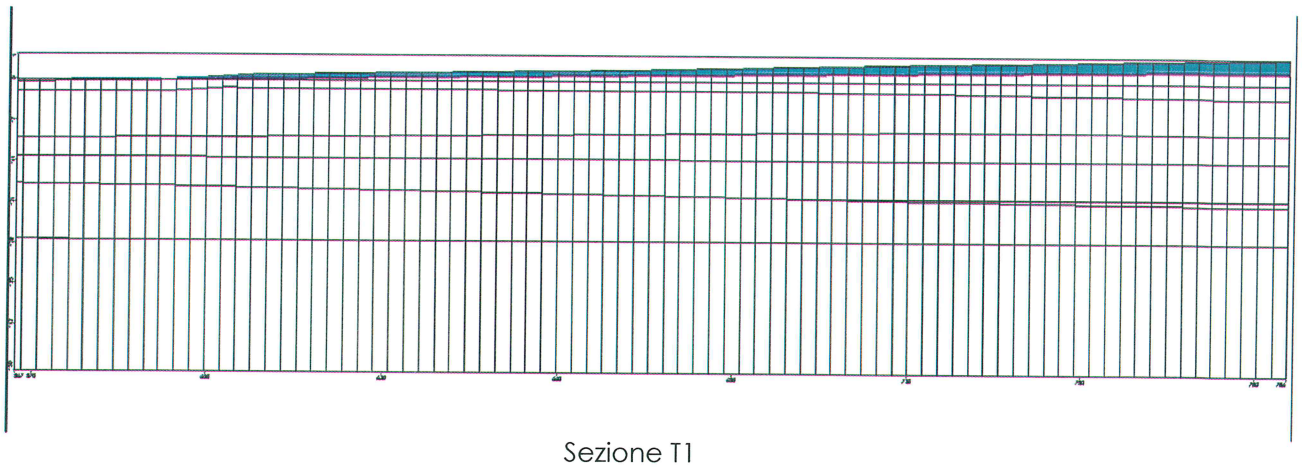
ALLEGATO 4

SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE

Zona satura

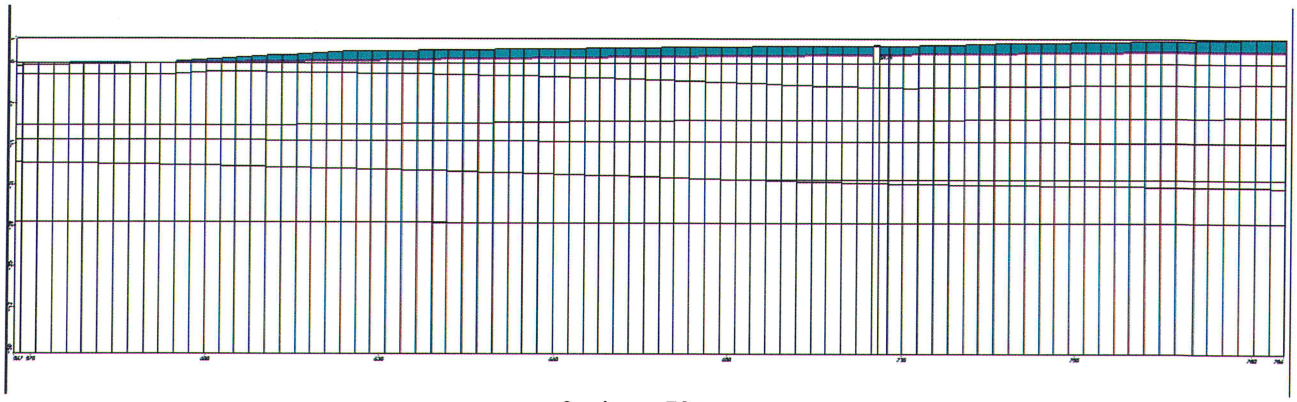
Zona insatura



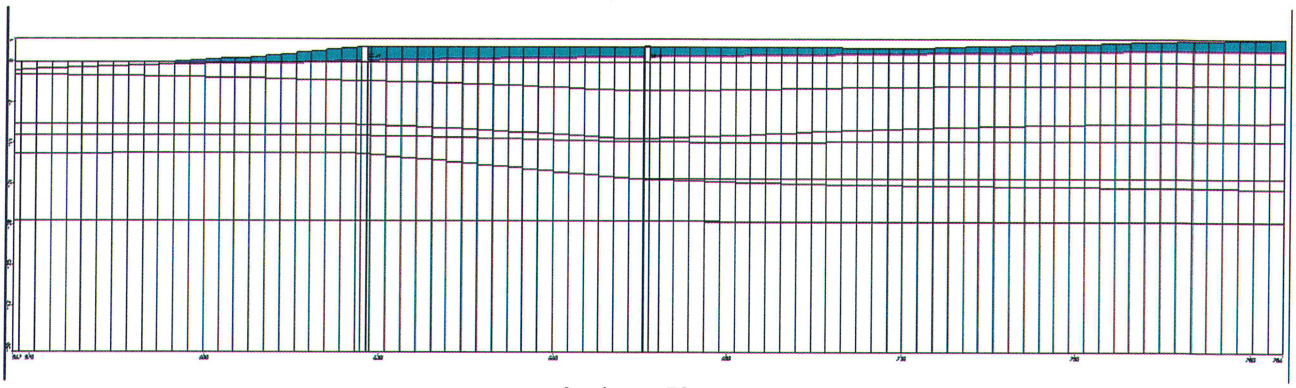


Sezione T1

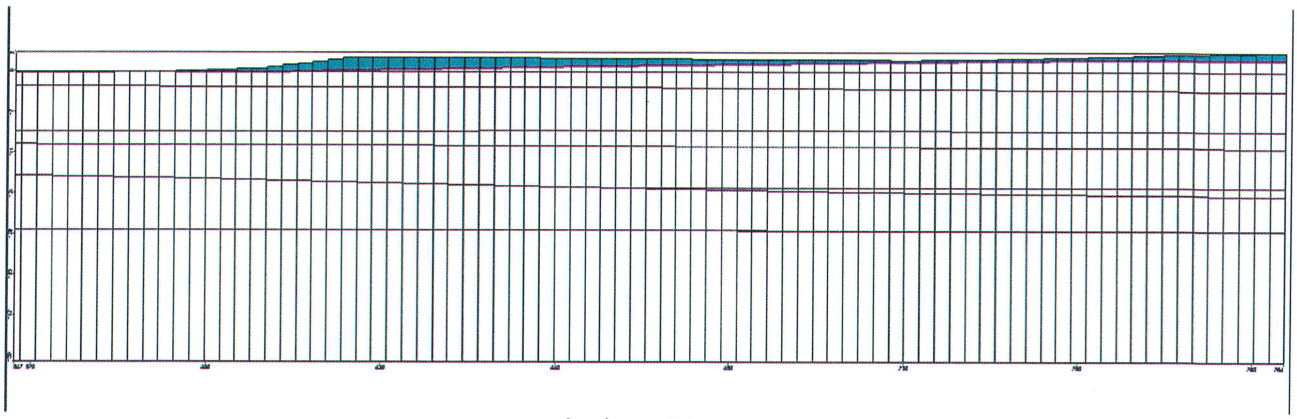
Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it



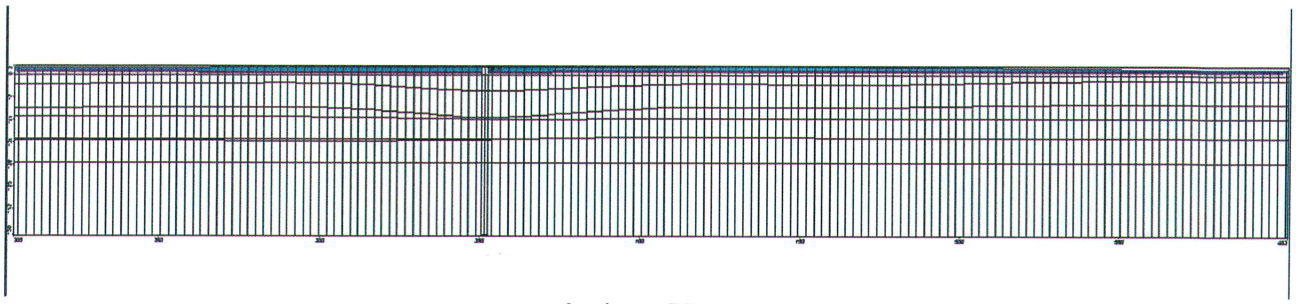
Sezione T2



Sezione T3



Sezione T4



Sezione T5

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Studio Associato
di Geologia Tecnica
GEO.LAB
di Canavero & Santini.

ALLEGATO 5

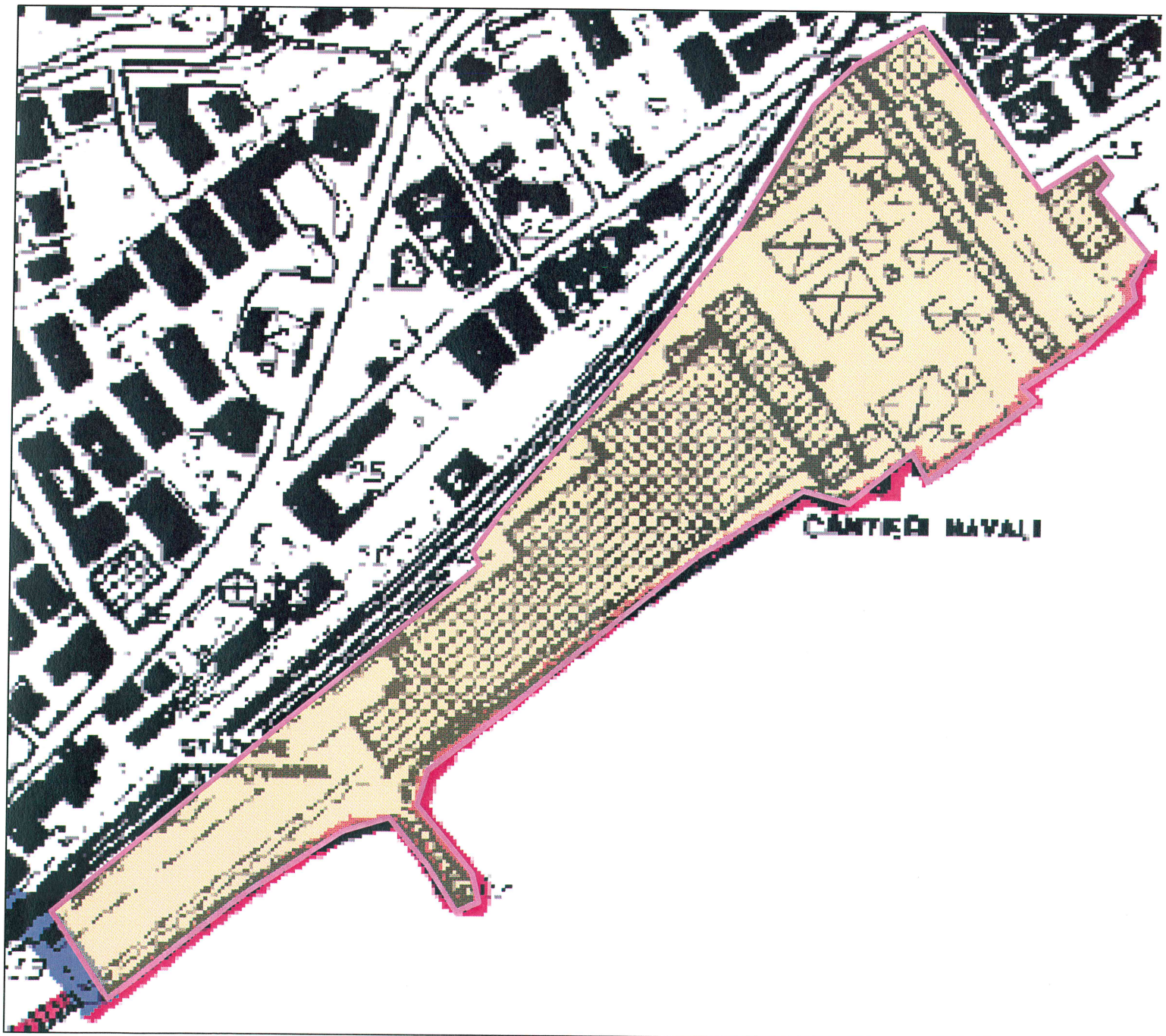
CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE, SCALA 1:2.500.

Zone stabili

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali
(Ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie e sabbie limoso/argillose con potenza superiore a 30 metri e stato di addensamento variabile tra il 35% ed il 100%)

Zone suscettibili d'instabilità

Delimitazione zona di studio



Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it

Studio Associato
di Geologia Tecnica
GEO.LAB
di Canavero & Santini.

ALLEGATO 6

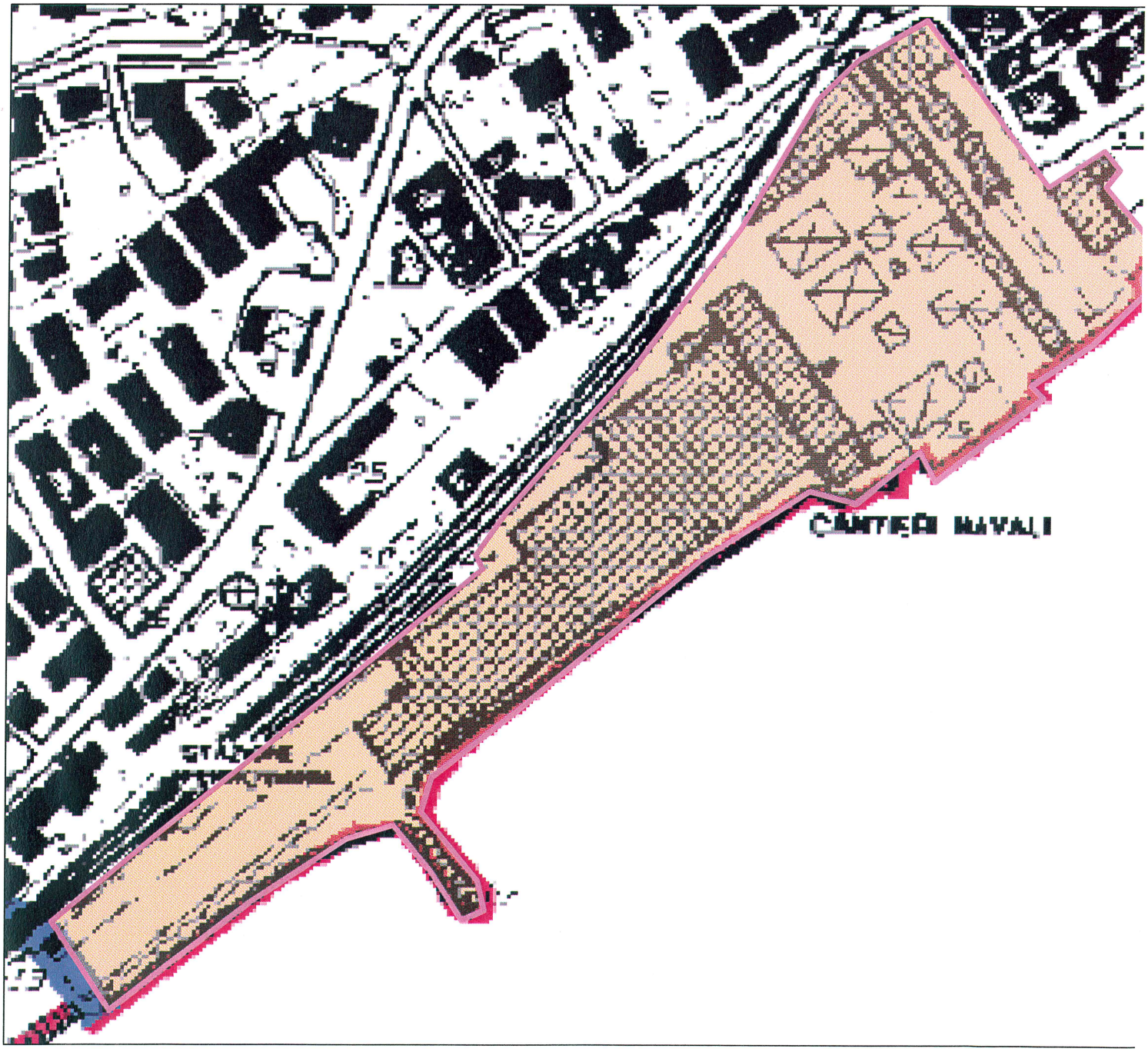
CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA, SCALA 1:2.500.

Zone stabili

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali
FA PGA = 1,5; FA (0.1<T<0.5sec) = 1.8; FA (1<T<1 sec)= 1.7;
FV (0.1<T<0.5sec) = 1.6; FV (1<T<1 sec)= 1.5.

Zone suscettibili d'instabilità

Delimitazion



Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420, Tel. 019813843 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it