COMUNE DI OSPEDALETTI
PROVINCIA DI IMPERIA

RELAZIONE GEOLOGICA E MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO



STUDIO DI GEOLOGIA dott. geol. ANFOSSI PAOLO

GEOLOGIA TECNICA – IDROGEOLOGIA – GEOFISICA

INDIRIZZO: Via Lungo Argentina G.D. Fornara n.19 – 18018 Taggia (IM)
E – MAIL: anfossipaolo@libero.it **P.I.:** 01532840087 **CELL.:** 393-7684781

PROGETTO DEFINITIVO

GRAVE DISSESTO IDROGEOLOGICO DI VERSANTE INTERESSANTE L'ALVEO DEL RIO CROSIO NEL TRATTO COMPRESO FRA CORSO MARCONI (A MONTE) E LA TOMBINATURA A LATO DI VIA DELLA NORIA (A VALLE), IN ZONA DI PIANO DI BACINO CLASSIFICATA COME PG 3B, CON GRAVE PERICOLO PER IL CENTRO ABITATO

COMMITTENTE:

Comune di OSPEDALETTI

Via XX Settembre n. 34,
18014 Ospedaletti (IM)

Data: settembre 2019

Rif.: 019

INDICE

1. PREMESSA E OBIETTIVI DEL LAVORO……pag. 2

2. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA……pag. 5

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO……pag. 7

4. CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO……pag. 10

5. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE……pag. 16

6. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE……pag. 18

7. INDAGINE IN TIPOLOGIA "SISMICA PASSIVA"……pag. 19

8. RISCHIO SISMICO……pag. 33

9. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO - UNITA' LITO – TECNICHE……pag. 37

10. COMPATIBILITA' CON LA PIANIFICAZIONE DI BACINO……pag. 38

11. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI……pag. 40

1. PREMESSA E OBIETTIVI DEL LAVORO

Lo scrivente, geol. ANFOSSI Paolo, iscritto con il n. 613 all'Albo Professionale dell'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria e con Ufficio tecnico in Via Lungo Argentina Gen. Domenico Fornara n. 19 a Taggia (IM), ha ricevuto dall'Amministrazione Comunale di Ospedaletti l'incarico di redigere la corrente Relazione Geologica e Modellazione Sismica del sito, a completamento dei rilievi geologici – geomorfologici e delle indagini sismiche effettuate in merito al progetto di *"Grave dissesto idrogeologico di versante interessante l'alveo del Rio Crosio nel tratto compreso fra Corso Marconi (a monte) e la tombinatura a lato di Via della Noria (a valle), in zona di Piano di Bacino classificata come Pg3 B, con grave pericolo per il centro abitato"*, in Comune di Ospedaletti (IM).

Il presente progetto, realizzato in collaborazione con l'Ing. Civile e Ambientale Iunior RAVERA Fabio, discende da un Progetto Preliminare predisposto nel Luglio 2016 ed approvato con DGC 118 del 14/07/2016 da parte dell'Amm.ne comunale, successivamente inoltrato alla Regione Liguria nell'Ambito dei Bandi POR FESR 2014 - 2020 Obiettivo "Investimenti a favore della crescita e dell'occupazione" Asse 5 - OT5 - Obiettivo Specifico 5.1. riferito alla priorità investimento 5b - Promuovere investimenti destinati a far fronte a rischi specifici, garantire la resilienza alle catastrofi e sviluppare sistemi di gestione delle catastrofi.
A seguito di tale progetto preliminare è stato predisposto un altro progetto per l'adeguamento della tombinatura del rio Crosio, denominato lotto B, approvato con DGC 174 del 29/12/2016 da parte dell'Amm.ne Comunale.
Le opere prevedono complessivamente la sistemazione di un tratto di torrente soggetto a fenomeni di dissesto presenti lungo l'asta del corso d'acqua, che hanno portato a locali franamenti dei versanti. Nello specifico il tratto di torrente presenta difese spondali in parte o in toto collassate, con deposito del materiale in alveo oltre a locali ostruzioni legate al materiale stesso e ad alberature di grandi dimensioni presenti in alveo.

Questa situazione di instabilità si riverbera sulla esistente tombinatura di valle, che attraversa l'intero centro città densamente antropizzato, e per la quale è necessario un aumento delle condizioni di sicurezza ai fini della pubblica e privata incolumità.
Pertanto il presente progetto si inquadra quale opera per la sistemazione ed il recupero di un tratto di torrente oggetto di locali fenomeni di franamento ed erosione, volte alla riduzione del rischio per le strutture insediative di valle.
Le lavorazioni previste saranno suddivise in:

- Pulizia dell'alveo del corso d'acqua tramite rimozione delle piante infestanti e delle alberature di grandi dimensioni;
- Ripristino delle arginature erose/crollate dal corso d'acqua tramite opere di sostegno in ingegneria naturalistica;
- Realizzazione di briglie a pettine per il trattenimento del materiale solido flottante e del materiale vegetale che potrebbe causare occlusioni della tombinatura di valle;
- Ripristino del versante soggetto a fenomeni di erosione al piede a ridosso dell'imbocco della tombinatura;
- Spostamento della fognatura nera interferente con l'alveo del torrente;
- Sistemazione dell'affluente di destra del torrente;
- Realizzazione di rampa per accesso e manutenzione all'alveo del torrente.

Per una completa descrizione delle varie tipologie di operazioni previste si rimanda comunque agli elaborati prodotti dallo Studio incaricato per la progettazione ingegneristica dell'Ing. Civile e Ambientale Iunior RAVERA Fabio.

La presente pratica è stata eseguita ai sensi del **D.M. 17.01.2018** (Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"). Queste rappresentano il testo riveduto delle norme tecniche per le costruzioni di cui alla Legge 5.11.1971 (n.1086), alla Legge 2.02.1974 (n.64), al Decreto del Presidente della Repubblica 6.06.2001 (n.380), ed al Decreto 28.05.2004 (n.136), convertito con modificazioni dalla Legge 27.07.2004 (n.186); le **NTC 2018** sono le Norme che sostituiscono le precedenti NTC 2008, approvate con **D.M. 14.01.2008**.

Le Norme Tecniche per le costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni; esse forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Si è inoltre provveduto alla raccolta di importanti dati bibliografici inerenti la zona in esame facendo riferimento al P.T.C.P. (Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico), alla cartografia ed alle norme di attuazione del Piano di Bacino denominato "Zona Bordighera - Ospedaletti" - approvato dagli organi della Provincia con D.C.P. n. 7 in data 30.01.2003 e ss.mm.ii. (fino alla **Variante sostanziale** approvata con D.C.P. n. 86 del 18.12.2014), alla Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Foglio Sanremo 258-271, Giammarino e Altri, 2010) e relative Note Illustrative ed, infine, alle norme geologiche di attuazione del Piano Regolatore Generale (P.R.G.) del Comune di Ospedaletti.

Si sono perciò eseguite tutte le necessarie analisi allo scopo di valutare la conformità degli interventi rispetto alla situazione geologica – geomorfologica e idrogeologica locale e di definire le caratteristiche sismiche dei terreni interessati.
Gli studi e le indagini di approfondimento effettuate ad espletamento dell'incarico sono quindi consistite in:

- ricerca bibliografica;
- rilevamento geologico – geomorfologico - idrogeologico esteso ad un intorno significativo sia a monte che a valle dell'area di studio;
- caratterizzazione sismica dei terreni e calcolo dei parametri e dei coefficienti sismici fondamentali del sito: stima della velocità delle onde S (parametro $\mathbf{Vs_{,eq}}$) mediante registrazione con metodologia "sismica passiva" per mezzo di un tromometro digitale (modelli: "Tromino Zero" e "Theremino"), con sette stazioni di misura;
- documentazione fotografica.

Si precisa che il sito ricade all'**interno** delle aree sottoposte al **R.D. 3267** del 30.12.1923 "*Riordinamento e riforma della Legislazione in materia di boschi e di terreni montani"* ovvero del cosiddetto ***Vincolo Idrogeologico*** (vedi anche **L.R. 4** del 22.01.1999 – *"Norme in materia di foreste e di assetto idrogeologico"*; ed il recente "*Collegato ambientale alla legge di Stabilità 2016"* **L.221/2015**).

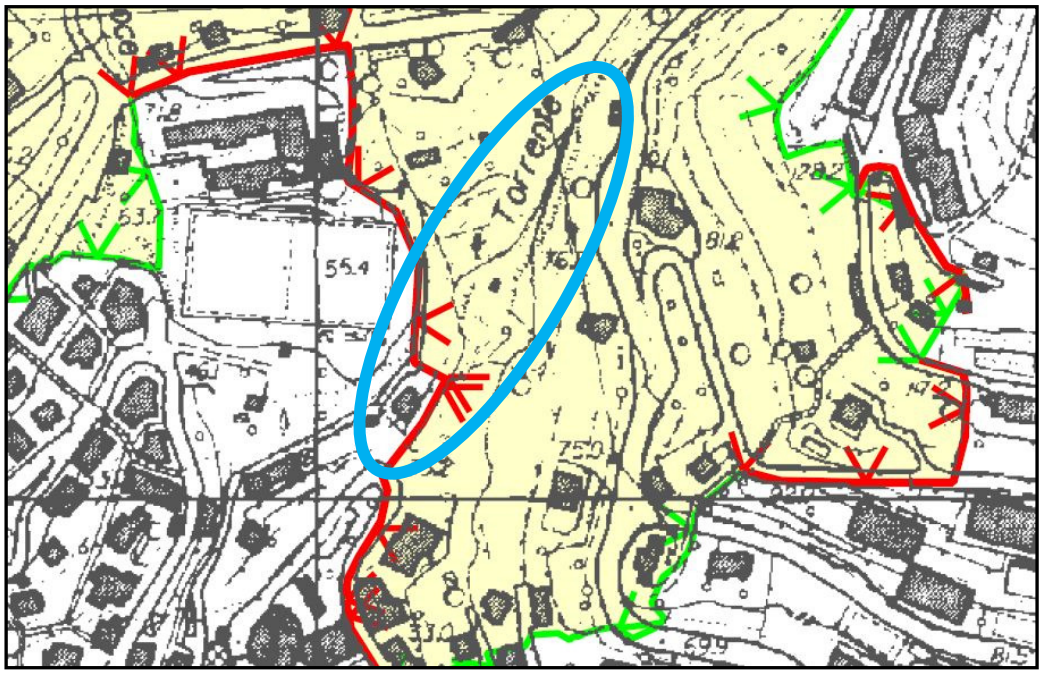


Fig.1: Stralcio Carta del Vincolo Idrogeologico (da P.d.B).

2. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

Il Comune di Ospedaletti è un Comune della Riviera Ligure di Ponente, confinante ad ovest con il Comune di Bordighera e ad est con il Comune di Sanremo, delimitato a nord dai primi rilievi delle Alpi Marittime ed a sud dal Mar Ligure.

L'area interessata da questo studio costituisce il tratto terminale dell'alveo di scorrimento del Rio Crosio, immediatamente a monte del centro urbano di Ospedaletti, in un ambito che può essere definito come semi - urbano. La parte del territorio posta a valle è densamente popolata e costituisce il tessuto urbano completamente impermeabile.

La zona di interesse è posta a quote altimetriche che si aggirano intorno ai 31 (zona di valle) – 71 (zona di monte) m.s.l.m.

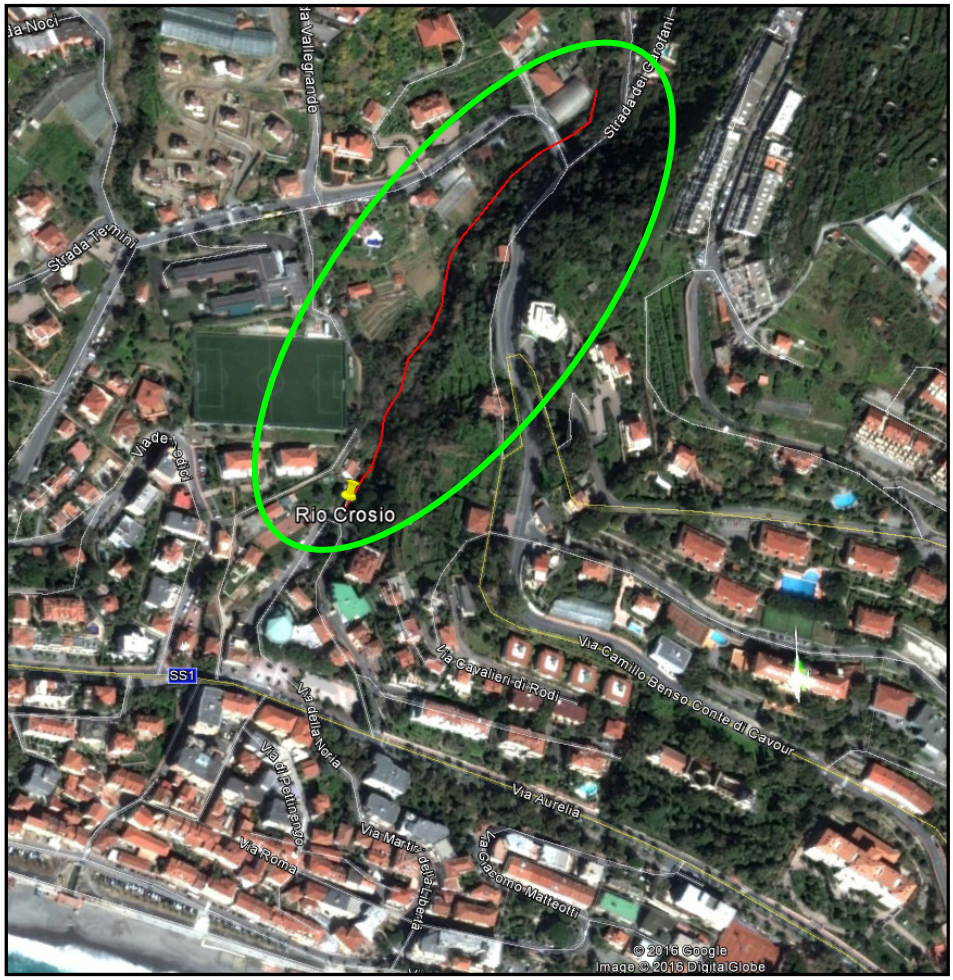


Fig.2: vista generale del sito (da Google Earth).

L'area è compresa nella Sezione C.T.R. scala 1:5.000 n° 258132; più precisamente l'intervento (punto medio) è individuato dalle seguenti coordinate:

ED50 **Lat**. 43,805028 **Long**. 7,72066

Il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (P.T.C.P.) inserisce tale zona in:

- Assetto Insediativo:	ID MA	Insediam. diffuso – Mantenim.
- Assetto Vegetazionale:	COL-IDS-CO	Colture – Insed. diffusi Serre – Consol.
- Assetto Geomorfologico:	MO-B	Modificabilità di tipo B

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'assetto geologico dell'area è caratterizzato da un substrato roccioso affiorante – sub affiorante con presenza, talora, di locali coperture superficiali (depositi alluvionali / coltri detritiche talora frammisti) che mostrano generalmente spessori contenuti e inferiori ai tre metri.
L'area sottoposta ad indagine interessa la porzione del territorio più meridionale indicato sulla tavoletta 1:25.000 Sanremo (C.A.R.G. 258_3) edita dalla Regione Liguria.

- **Depositi alluvionali / coltri detritiche**

Durante il rilievo effettuato risalendo l'alveo del Rio Crosio si è potuto verificare la presenza di modeste coperture superficiali provenienti dalla disgregazione del substrato lapideo che costituisce il substrato affiorante che si incontra lungo il letto del rio: per questo si ritrovano ciottoli, sabbie e massi che hanno origine arenacea, calcarea e argillitica rispecchiando perciò le litologie presenti nell'area.
I costituenti di questi depositi trovano perciò origine dalle Arenarie di Bordighera che occupano la parte più alta del bacino imbrifero, il Flysch di Sanremo con le sequenze del Membro di Villa Faraldi nella parte centrale e del Membro di San Lorenzo nella parte terminale.
Nel rilievo si è inoltre potuta verificare la presenza di depositi alluvionali che si vengono a trovare ad una quota superiore rispetto all'alveo attuale, a costituire dei terrazzi alluvionali. I terrazzi più elevati rappresentano le alluvioni più antiche e la loro formazione (sedimentazione prima e successiva erosione della loro parte centrale) è dovuta ai mutamenti del livello di base del fiume. Oltre alla differenziazione in base all'età è possibile vedere alternanze di depositi a granulometria diversa in funzione dell'energia che l'acqua aveva al momento della loro sedimentazione.

- **Cappellaccio**

Costituisce la parte più superficiale ed alterata dell'ammasso roccioso e rappresenta il termine di passaggio tra le coperture superficiali e la roccia. Solitamente è composto da parti di roccia fratturata e da depositi di materiali sciolti.

- **Substrato roccioso**

Il substrato geologico dell'area appartiene alla formazione del Flysch di Sanremo - **Membro di San Lorenzo** dell'Unità tettonica Sanremo – Monte Saccarello.
L'Unità di Sanremo - Monte Saccarello è costituita, dal basso all'alto stratigrafico, da tre formazioni: Formazione di San Bartolomeo, Arenarie di Bordighera e Flysch di Sanremo.
Nel modello strutturale delle Alpi Liguri tale Unità appartiene al Dominio Piemontese – Ligure di pertinenza oceanica; insieme alle Unità di Moglio - Testico, di Borghetto d'Arroscia - Alassio e di Colla Domenica - Leverone forma la zona dei "Flysch ad Elmintoidi" della Liguria occidentale.

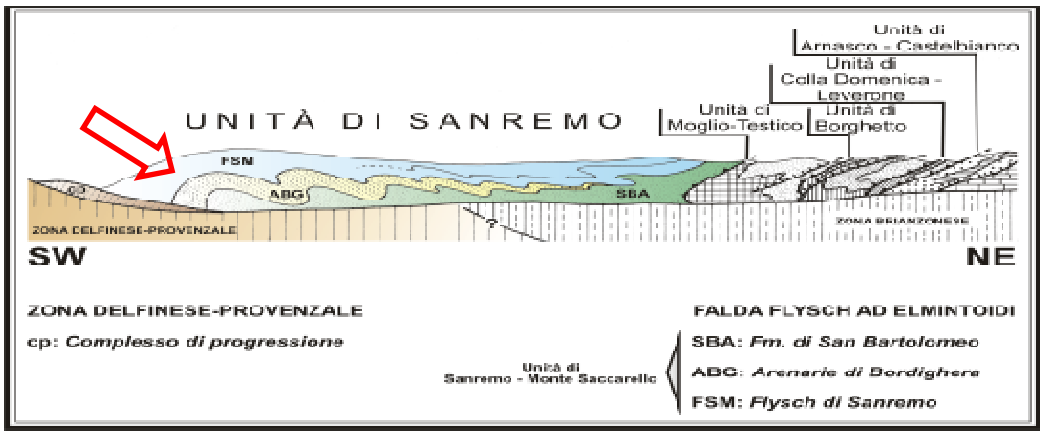


Fig.3: Sezione Unità Flyschoidi (da Vanossi et alii, 1991 – modificata).

Il Flysch di Sanremo è stato suddiviso da Sagri (1984) in quattro litofacies: *Litofacies A* (Capo Mele), *Litofacies B* (Villa Faraldi), *Litofacies C* (San Michele), **Litofacies D (San Lorenzo)**.
Nella Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 Foglio Sanremo 258-271 (2010) la litofacies in questione, datata Maastrichtiano superiore, ed elevata al rango di

"Membro di San Lorenzo", è descritta litologicamente come *"strati arenaceo – argillitici con intercalazioni di calcilutiti e rari strati marnoso – arenacei spessi al massimo 1 – 2 metri".*

L'ambiente deposizionale è riferito ad una piana bacinale ristretta, ubicata sotto il limite di compensazione dei carbonati, interessata soprattutto da torbiditi arenaceo – siltitico- argillitiche costituenti la porzione sommitale del Flysch di Sanremo.

Il Membro di San Lorenzo affiora estesamente sulla costa fra San Lorenzo al Mare e Ospedaletti e nei dintorni di Sanremo.

I sopralluoghi, le osservazioni di campagna e le indagini Hvsr effettuate in sito hanno pertanto confermato la caratterizzazione geologica dei luoghi fornita dalla carta CARG.

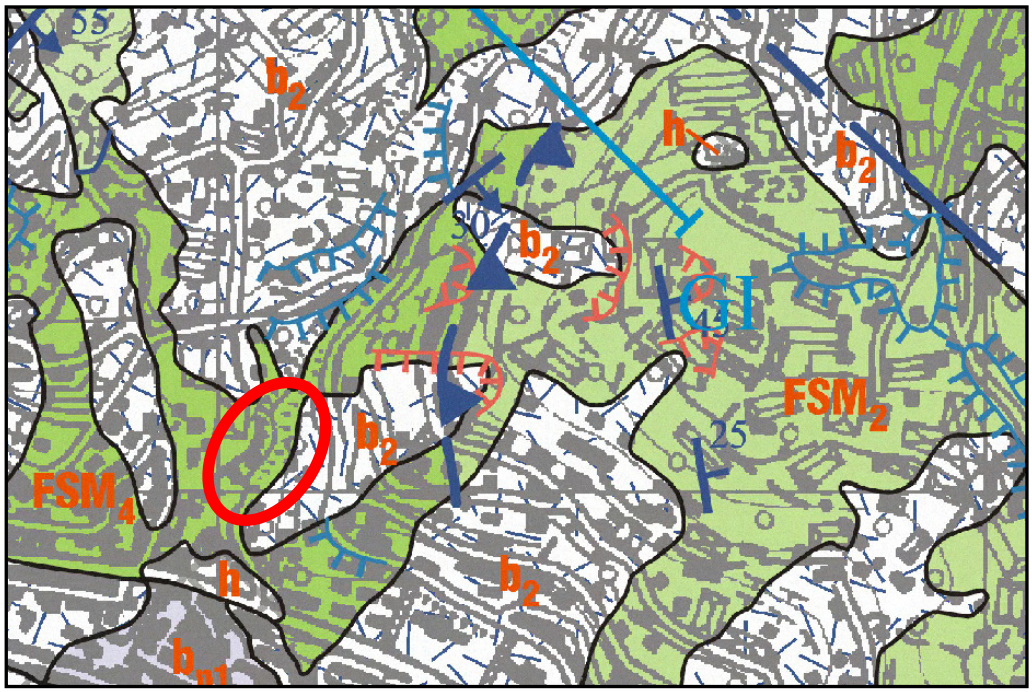


Fig.4: Stralcio carta geologica (da Progetto CARG).

4. CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Le caratteristiche di qualità del substrato roccioso affiorante in sponda sinistra del Rio Crosio sono state definite mediante l'indice **GSI** (Geological Strenght Index) introdotto da Hoek (1994) e successivamente perfezionato da diversi autori, fino all'estensione del metodo anche agli ammassi rocciosi eterogenei come i flysch (Marinos e Hoek, 2000). La definizione dello stato tensionale dell'ammasso (criterio di Hoek e Brown) richiede la stima della resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta (σ_{ci}), di una grandezza legata alle caratteristiche mineralogico – petrografiche della roccia intatta (m_i) e di un coefficiente caratteristico dello "stato di disturbo" dell'ammasso (D), indotto sia dal metodo di scavo che dalle deformazioni tettoniche.

Per l'inserimento dei dati ottenuti in campagna e per le operazioni di calcolo necessarie per ottenere i parametri caratteristici dell'ammasso roccioso è stato utilizzato il programma di calcolo free **RockLab 1,** scaricabile dal sito www.rocscience.com

Il coefficiente **D** è valutato qualitativamente e varia tra 0 e 1 (massimo disturbo) per le gallerie e tra 0.7 e 1 per pendii e fronti di scavo. Il valore minimo di D = 0.7 per i pendii e i fronti di scavo tiene conto della riduzione di resistenza dell'ammasso nel passaggio dalla scala dell'affioramento a quella del versante.

Il valore del **GSI** è fornito dalla successiva tabella che individua settori a differente qualità dell'ammasso in funzione della struttura della roccia e delle condizioni delle superfici di discontinuità.

Il programma di calcolo richiede inizialmente di inserire la tipologia di roccia analizzata ed il relativo valore di GSI; si è quindi proceduto assegnando come tipologia di roccia il "Flysch" e come valore del GSI "36", essendo il Flysch di Sanremo, nelle condizioni locali, una litologia che può essere posta a cavallo fra le categorie B e C.

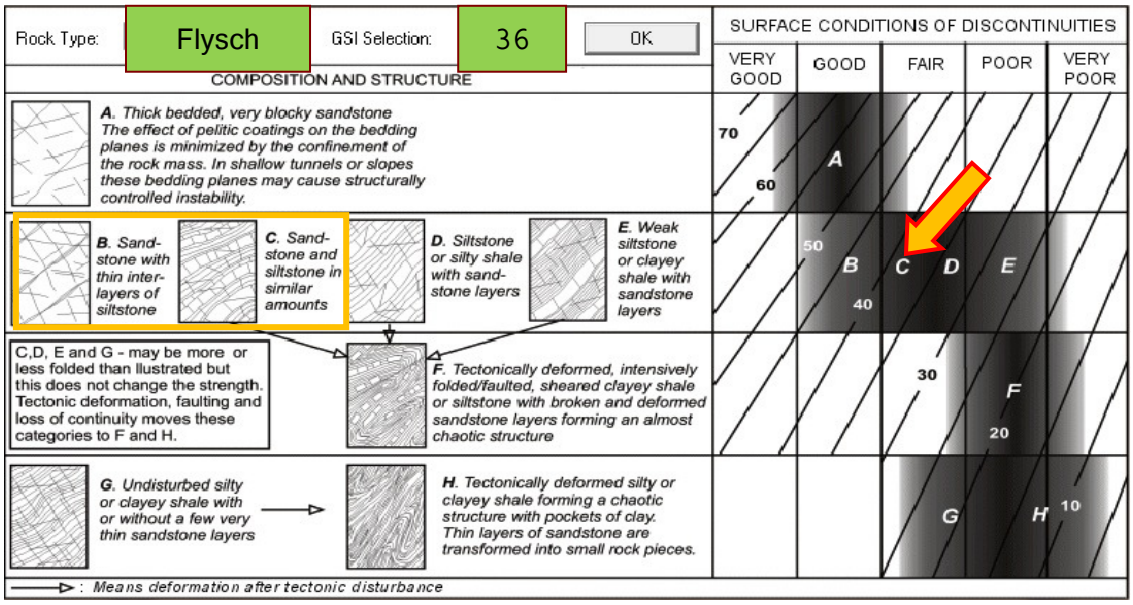


Fig.5: valore GSI (Flysch).

La caratterizzazione geotecnica dell'ammasso roccioso, effettuata con lo sclerometro, ha permesso di definire la misura della Resistenza alla compressione uniassiale σci attraverso la quale, con apposite tabelle si ottengono delle correlazioni fra attrito e coesione. Le analisi sono state effettuate sulle litologie del Flysch di Sanremo.

Sulle litologie calcareo - marnose sono state eseguite delle analisi per determinarne le caratteristiche geotecniche. Lo studio per la stima del valore σ_{ci} è stato eseguito utilizzando uno sclerometro Meccanico Eurosit energia 0,75 Nm. Con tali misure, conosciute come "Prove al martello di Schmidt", si valuta il parametro "*Resistenza alla compressione monoassiale"* del materiale analizzato.

Il martello di Schmidt fornisce un valore "locale" della resistenza della roccia che non tiene conto delle eventuali debolezze dell'ammasso roccioso come fratture, giunti etc…

Il principio del funzionamento del martello è quello di misurare il rimbalzo di un pistoncino metallico che percuote violentemente la roccia mediante la spinta procuratagli da una molla. Quanto più la roccia è resistente a compressione tanto meno sarà deformabile. Quindi misurando il ritorno della massa battente dopo l'urto si è in grado di stimare l'assorbimento anelastico della roccia e quindi la sua resistenza all'urto.

Si riportano di seguito i valori raccolti con lo sclerometro:

Stazione 1	Stazione 2	Stazione 3	Stazione 4
35	36	30	30
42	32	34	34
28	48	38	48
32	28	28	24
32	28	24	54
28	41	22	20
36	30	22	22
38	26	30	18
40	22	18	16
28	34	16	30
Valore finale ⇦ 30,55			

Il grafico di Miller fornisce la correlazione tra il valore letto dallo strumento e la resistenza alla compressione σ_{ci}, tenendo conto sia dell'inclinazione del martello sia della densità della roccia.

In base alla tabella sottostante il materiale ricade nella classe D "Resistenza bassa" con valori compresi fra 25 – 50 MPa.

Classe	Descrizione	σ_c (MPa)
A	Res.za molto alta	>200
B	Res.za alta	100-200
C	Res.za media	50-100
D	Res.za bassa	25-50
E	Res.za. molto bassa	>25

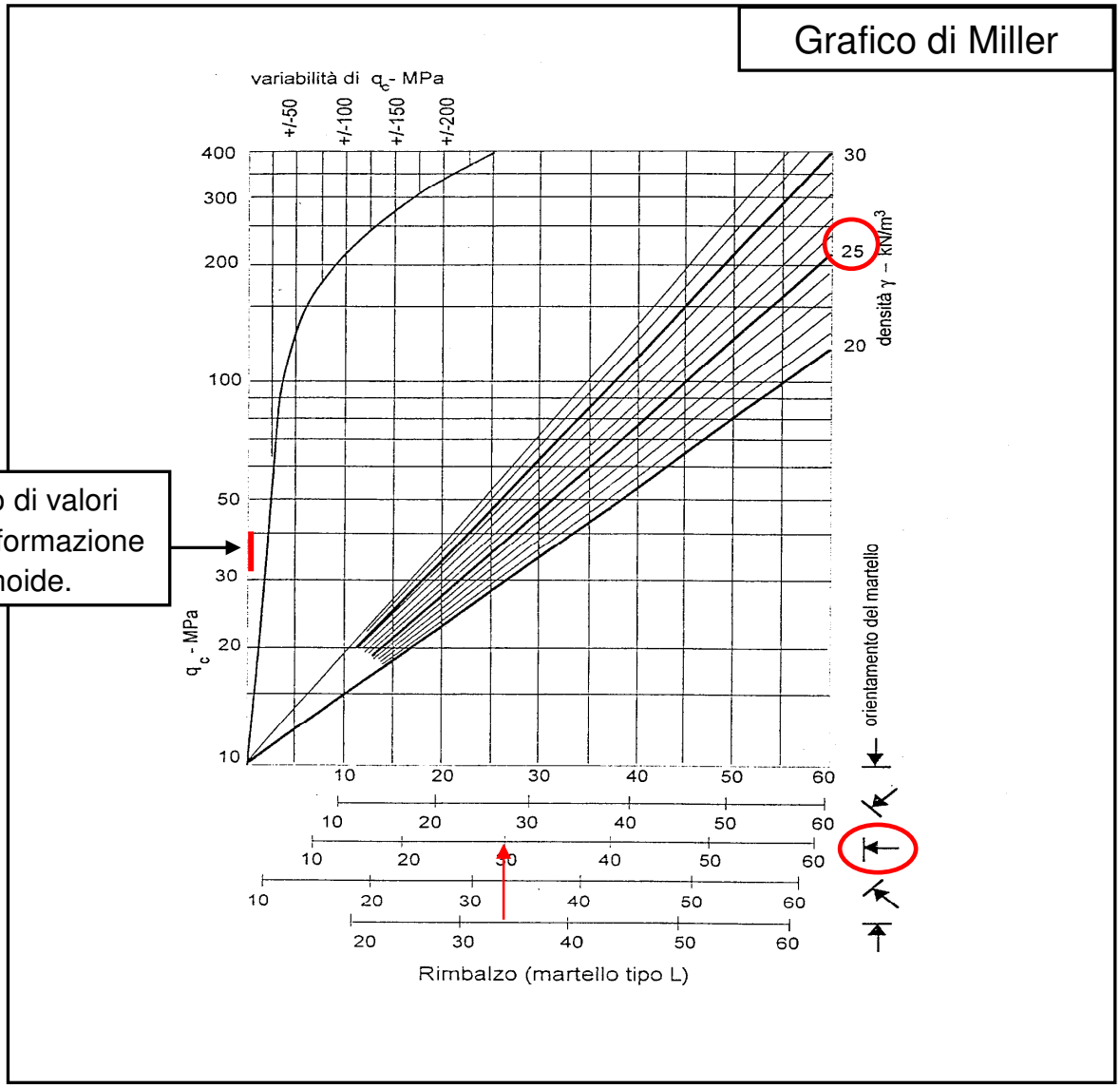


Fig.7: Grafico di Miller.

Una notevole quantità di dati sperimentali ha consentito agli autori la messa a punto di elenchi che consentono una valutazione del parametro **m_i** dall'osservazione diretta della roccia in sito.

Tipo	Classe	Gruppo	Tessitura			
			Grossa	Media	Fina	Molto fina
SEDIMENTARIE	Clastiche		Conglomerati (21±3) Brecce (19±5)	Arenarie 17±4	Siltiti 7±2 Grovacche (18±3)	Argille 4±2 Scisti (6±2) Marne (7±2)
	Non clastiche	Carbonati	Calcare cristallino (12±3)	Calcare spartitico (10±2)	Calcare micritico (9±2)	Dolomite (9±3)
		Evaporiti	-	Gesso 8±2	Anidride 12±2	-
		Organiche	-	-	-	Creta 7±2

Fig.8: Stima della costante m_i per la roccia intatta (Marinos e Hoek, 2000)

A seguito di accurata ispezione visiva, in merito alla struttura della roccia in affioramento ed alle caratteristiche delle superfici di discontinuità, è possibile assegnare all'ammasso roccioso in esame i seguenti valori:

- Geological Strenght Index **GSI**= 36
- Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta $\boldsymbol{\sigma_{ci}}$= 38 MPa
- Costante di Hoek e Brown per la roccia intatta $\mathbf{m_i}$= 10
- Coefficiente **D**= 0,7

Si procede di seguito alla stima delle proprietà meccaniche dell'ammasso roccioso secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} [m_b (\sigma_3/\sigma_{ci}) + s]^a$$

dove:

σ_1, σ_3= sforzi principali efficaci massimo e minimo;

m_b, s, a= Coefficienti di Hoek e Brown caratteristici dell'ammasso roccioso fratturato, dipendenti da GSI, σ_{ci}, mi e D, calcolabili con le seguenti formule:

$$m_b = m_i e^{\frac{GSI-100}{28-14D}}$$
$$s = e^{\frac{GSI-100}{9-3D}}$$
$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}(e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$$

Il programma di calcolo **RockLab 1** fornisce i seguenti parametri caratteristici dell'ammasso roccioso:

m_b = 0.297	s = 0.0001	a = 0.515

Un valore dei parametri di coesione c' ed angolo di attrito φ' può essere desunto dalla relazione proposta da Hoek e Brown per il quale GSI = RMR – 5 per RMR ≥ 23. Si ottiene, quindi, un RMR = 41, <u>valore minimo</u> compreso nella III classe di qualità dell'ammasso roccioso (discreto), alla quale Bieniawski assegna i seguenti valori (approssimati):

c = 200 – 300 Kpa	Φ = 25°- 35°

CLASSE DELLA ROCCIA	I	II	III	IV	V
INDICE RMR	100 – 81	80 – 61	60 – 41	40 – 21	< 20
DESCRIZIONE	Molto buono	Buono	Discreto	Scadente	Molto scadente
COESIONE (kPa)	> 400	300 – 400	200 – 300	100 – 200	< 100
ANGOLO DI ATTRITO (°)	> 45	35 – 45	25 – 35	15 – 25	< 15

Tuttavia per il parametro **C (coesione KPa),** tenendo conto:

- dello stato di fratturazione del litotipo, come riscontrato in corrispondenza degli affioramenti presenti nella zona oggetto di studio;

- della velocità delle onde sismiche ottenute con le indagini Hvrs a corredo della presente indagine;
- degli interventi previsti da progetto;

a parere dello scrivente si ritiene opportuno considerare valori cautelativi della coesione c non superiori a 15 KPa per l'ammasso fortemente fratturato e non superiori a 50 KPa per l'ammasso debolmente fratturato.

5. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Le analisi eseguite in sito hanno consentito di rilevare la presenza del substrato fratturato (cappellaccio), qui rappresentato dalle sequenze sedimentarie prevalentemente arenaceo – argillitiche e marnoso – calcaree del Flysch di Sanremo, ad una profondità compresa entro 1,5 metri circa dal piano campagna attuale. Sulle sponde idrografiche del Rio Crosio sono presenti inoltre estesi affioramenti dell'ammasso roccioso, che si mostra generalmente con giacitura a reggipoggio, immersione sud - est ed inclinazione con valori compresi fra 38° e 44° circa.



Fig.9: Substrato roccioso affiorante in sponda idrografica sinistra.

Allo stato attuale si sono effettuati diversi sopralluoghi che hanno permesso di individuare gli interventi necessari per la messa in sicurezza dei versanti interessati da forte erosione spondale e di fondo ad opera dello stesso rio che interessano, in particolare, quelle aree dove il substrato geologico è costituito da coltri detritiche e alluvioni e da sequenze siltitico - argillitiche, meno tenaci, e perciò più facilmente erodibili.

Per questo motivo le scelte progettuali sono state improntate principalmente a:

- ripristinare le porzioni di versante interessate localmente da fenomeni di instabilità: lungo le scarpate riprofilate a seguito della realizzazione delle gabbionature, sarà posata, previo disgaggio del versante, rete antierosiva costituita da rete a maglie metalliche accoppiata con stuoia di cocco; per renderla solidale al versante saranno posate funi e relativi ancoraggi al versante
- ristabilire la funzionalità del corso d'acqua: la progettazione prevede la riprofilatura delle sponde esistenti tramite opere in gabbionature metalliche conformi alle vigenti normative di polizia idraulica (RR 1/2016) che prevedono il mantenimento della naturalità del corso d'acqua, con altezza variabile da 2,0 a 3,5 metri.
- inserire interventi di ingegneria naturalistica, volti a preservare la naturalità del corso d’acqua;
- realizzare interventi a monte della tombinatura, attraverso l’esecuzione di briglie a pettine, volti a limitare il trasporto solido flottante, al fine di aumentare le condizioni di sicurezza di una struttura sottodimensionata in riferimento alle vigenti normative del Piano di Bacino.

Si rimanda per l’ubicazione e la descrizione di tutti gli interventi previsti dalla progettazione alle Tavole prodotte dallo Studio incaricato per lo studio ingegneristico dell’Ing. Civile e Ambientale Iunior RAVERA Fabio.

6. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La zona studiata, che ricade in una zona non indagata delle aree perifluviali inondabili così come evidenziato sulla tavola del vigente Piano di Bacino, costituisce la parte terminale del bacino idrografico del Rio Crosio. Il bacino ha un'estensione di circa 3.03 Km^2 e si estende dal Mar Ligure fino alla quota massima di circa 795 m slm costituita dal Monte Carparo. Nel territorio d'interesse quasi tutti i corsi d'acqua hanno uno sviluppo indicativo secondo la direzione NNE/SSW che costituisce anche la direzione degli assi principali delle pieghe.
Si precisa inoltre che il corso d'acqua oggetto di intervento è censito all'interno della carta del reticolo idrografico. Le aree oggetto ove sarà realizzato l'intervento ricadono per la maggior parte su aree demaniali.



Fig.10: Stralcio Carta delle fasce fluviali (da P.d.B.).

I depositi superficiali sono permeabili *"per porosità"*, con un coefficiente di permeabilità k, data la presenza di matrice prevalentemente sabbioso - limoso, compreso tra 10^{-5} e 10^{-8} m/s.; si precisa che tali coperture potrebbero essere sede di falde freatiche effimere superficiali principalmente legate ad intensi e continuati fenomeni di precipitazione, presenti al contatto coltre/substrato.

La litologia rocciosa risulta permeabile principalmente *"per fratturazione"* in misura variabile e dipendente dalla costituzione litologica dei litotipi presenti nella formazione; i livelli marnosi e argillitici, meno permeabili, tendono localmente, se di sensibile spessore, a suddividere l'acquifero roccioso in sistemi idrogeologici indipendenti.

7. INDAGINE IN TIPOLOGIA "SISMICA PASSIVA"

Per acquisire una più dettagliata conoscenza del sottosuolo in questione è stata eseguita un'indagine geofisica in tipologia "sismica passiva", tenendo conto della difficoltosa accessibilità al sito di intervento e dello stato attuale dei luoghi che versano talora in uno completo stato di abbandono con colonizzazione di vegetazione infestante.
La tecnica sismica a stazione singola (tecnica dei rapporti spettrali H/V o HVSR – Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è un sistema di indagine del sottosuolo introdotto da Kanai già negli anni '50 (Kanai, 1954), ma diffuso in campo applicativo solo negli anni '90 grazie al lavoro di Nakamura (1989).
La tecnica consiste nella registrazione del microtremore sismico ambientale in un sito per alcuni minuti tramite strumenti sensibili (geofoni) e nella successiva determinazione del rapporto tra le componenti orizzontale e verticale del segnale sismico registrato (H/V).

Questa tecnica viene utilizzata principalmente per:

- determinare la **frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo**: la risonanza è dovuta all'intrappolamento delle onde tra due superfici in cui si verifica una sensibile variazione di impedenza acustica (densità mezzo X velocità onde);
- individuare la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, che viene misurata all'interno della struttura e comparata con la frequenza caratteristica del sito;

- realizzare **indagini stratigrafiche preliminari del sottosuolo**, individuando, in particolare, la profondità del contatto copertura – bedrock, caratterizzato da un più marcato contrasto di impedenza rispetto alle singole discontinuità;
- stimare **il valore di $Vs_{,eq}$** in presenza di un vincolo, come la profondità di un riflettore sismico di cui si riconosce il marker nella curva H/V o la disponibilità del valore di Vs dello strato superficiale.

Dal diagramma H/V è stato possibile osservare come la frequenza caratteristica di risonanza del sito fosse registrata in corrispondenza di alcuni picchi di frequenza dai valori **bassi**, indice di una certa **profondità** del **rifrattore/riflettore sismico** principale.

Nello specifico è stata utilizzata tale tecnica per verificare la stratigrafia dei luoghi; inoltre con l'impiego di opportuni algoritmi è stato possibile ottenere l'inversione delle curve dei rapporti H/V, finalizzata alla determinazione dei profili di velocità delle onde S nel sottosuolo e quindi della **$Vs_{,eq}$** richiesta dalle **N.T.C. 2018**.

Le registrazioni dei microtremori sono state effettuate mediante i tromografi digitali denominati "Tromino Zero" e "Theremino", elaborate con il software GRILLA e sottoposte, inoltre, ai criteri di validazione SESAME.

Sono state pertanto eseguite sette stazioni di misura all'interno del sito indagato: si ricorda, infine, che la tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizzontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le grandezze citate sono legate dall'equazione:

$$f_r = \frac{Vs1}{4H}$$

f_r = frequenza fondamentale di risonanza;

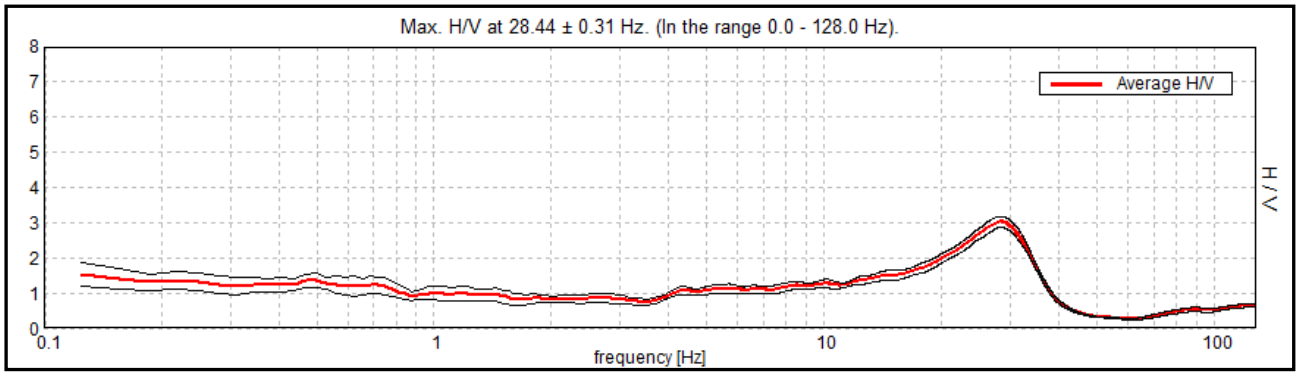
H = spessore del primo strato;

Vs1 = velocità onde S del primo strato.

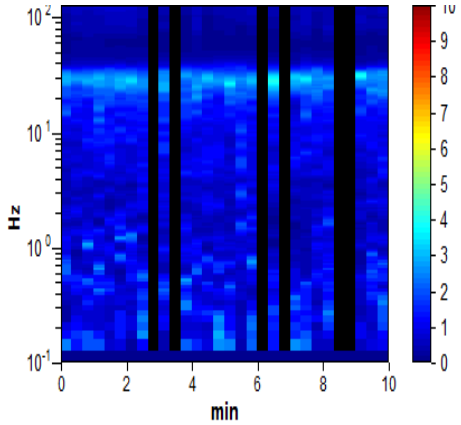
Si riportano di seguito l' esempio delle risultanze della prove n. 1 - 5 - 7, ben rappresentative della situazione sismo-stratigrafica locale (per Ubicazione vedi Tavola 2 - Planimetria di rilievo su base C.T.R. e mappa catastale).

Prova 1

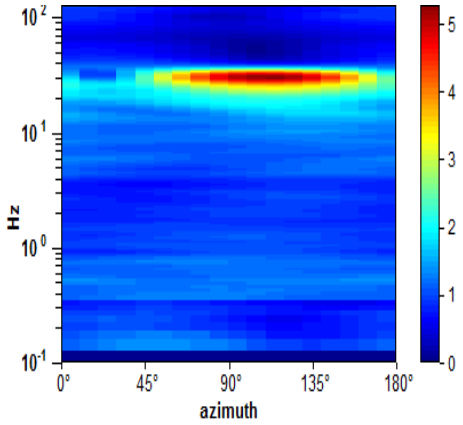
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



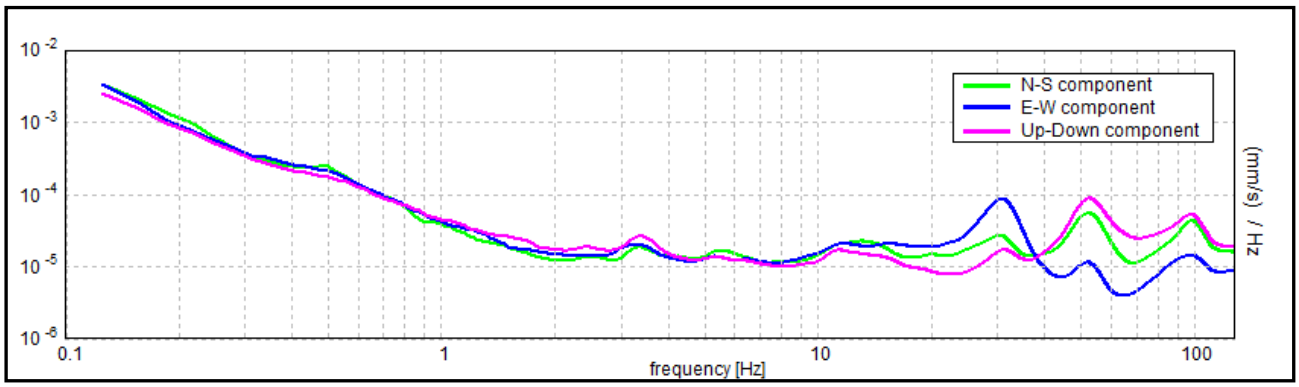
SERIE TEMPORALE H/V



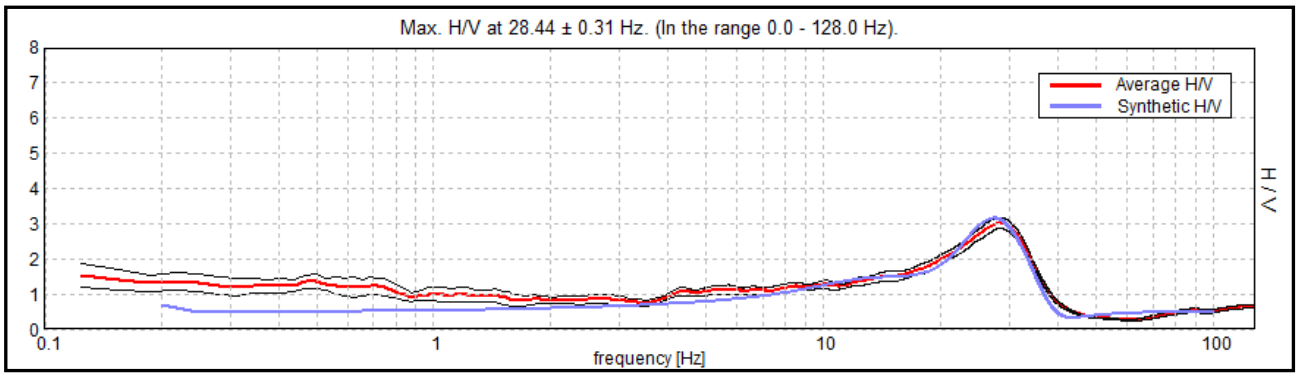
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



PROVA SISMICA HVSR 1

Vs (eq.) = 386 m/s (da p.c attuale: condizione più sfavorevole in quanto viene preso in considerazione anche il primo livello a velocità più bassa) - NTC 2018

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Descrizione
1.41	1.41	**143**	Coperture superficiali
7.51	6.10	**341**	Ammasso roccioso fortemente fratturato (cappellaccio)
inf.	inf.	**450**	Ammasso roccioso fratturato

$Vs_{,eq}$ = 386 m/s

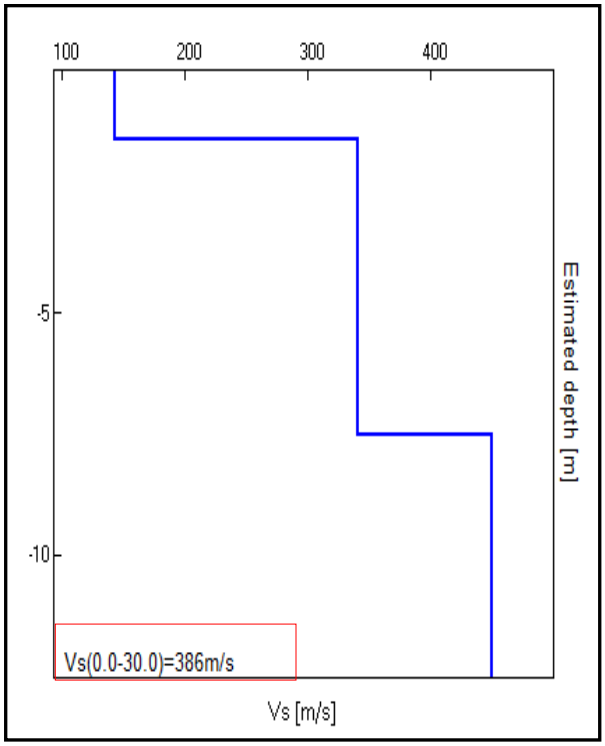


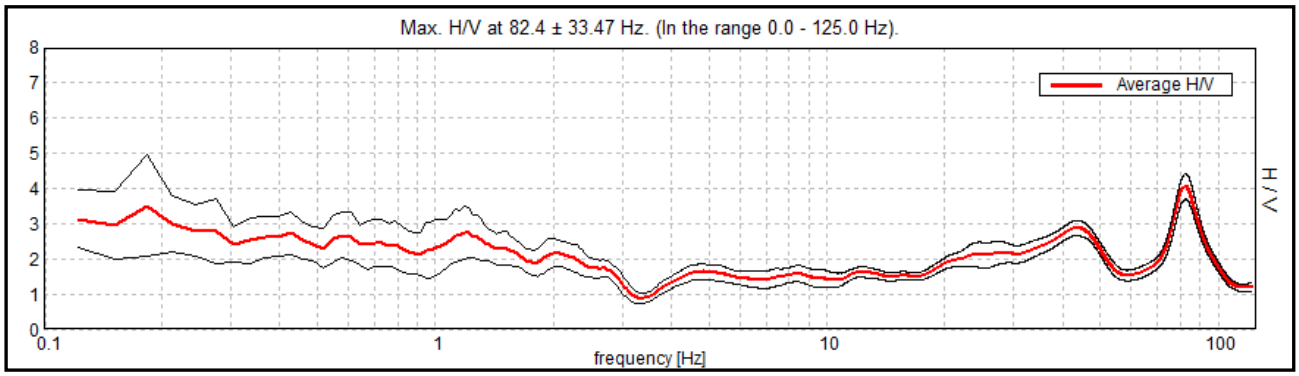
Fig. 15: Diagramma velocità – profondità.

Picco H/V a 28.44 ± 0.31 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

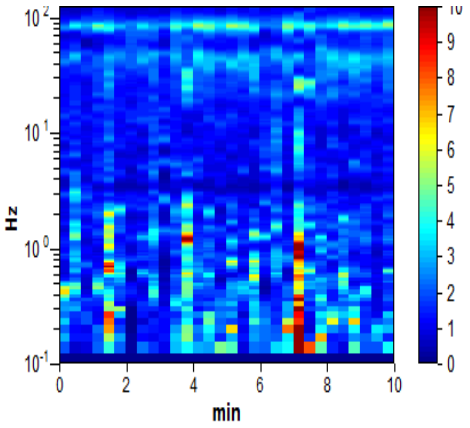
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	28.44 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	13650.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 1366	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	15.5 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	35.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.03 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.01104| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.31406 < 1.42188	OK	
$\sigma_A(f_0) < \varepsilon(f_0)$	0.1546 < 1.58	OK	

Prova 5

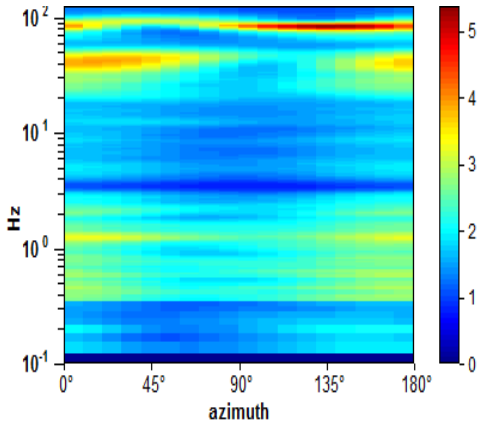
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



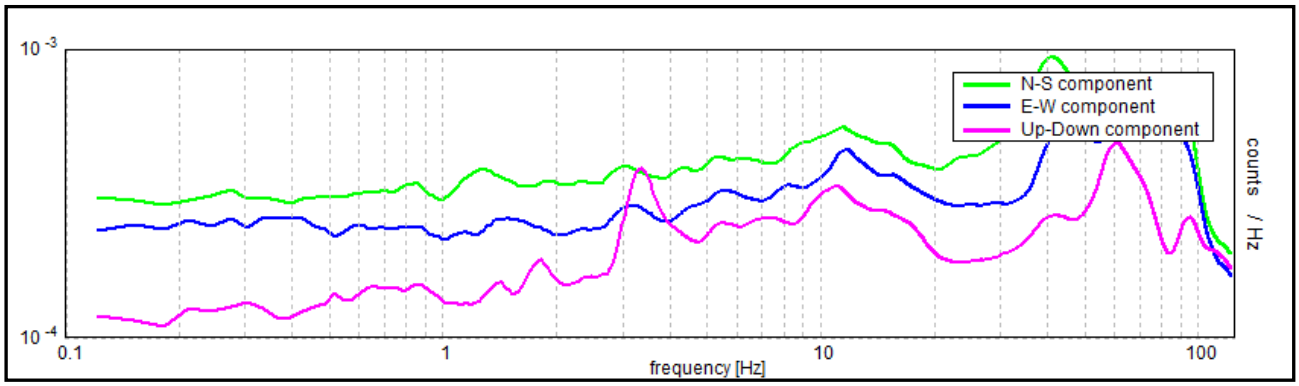
SERIE TEMPORALE H/V



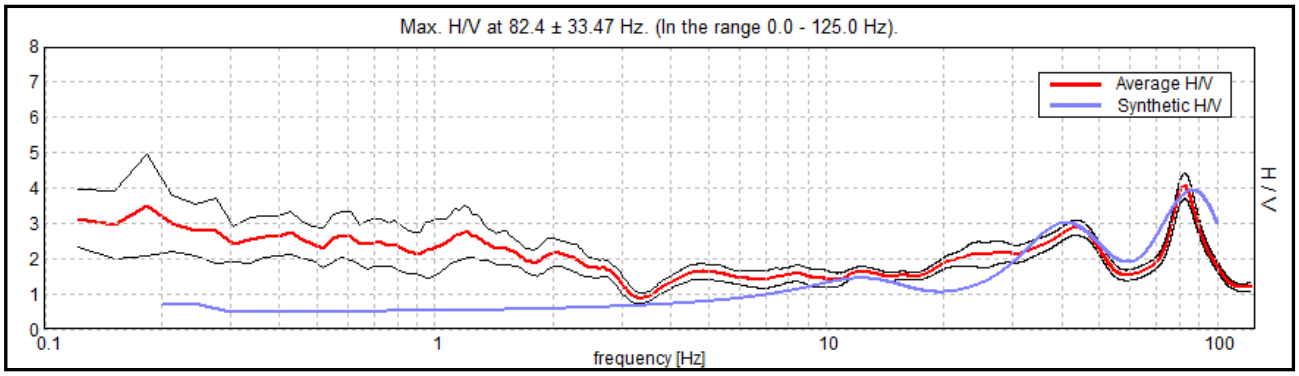
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



PROVA SISMICA HVSR 5

Vs (eq.) = 553 m/s (da p.c attuale: condizione più sfavorevole in quanto viene preso in considerazione anche il primo livello a velocità più bassa) - NTC 2018

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Descrizione
0.48	0.48	**146**	Coperture superficiali
2.53	2.05	**369**	Ammasso roccioso fortemente fratturato (cappellaccio)
13.83	11.30	**690**	Ammasso roccioso debolmente fratturato
Inf.	Inf.	**1135**	Substrato roccioso sano

$Vs_{,eq}$ = 553 m/s

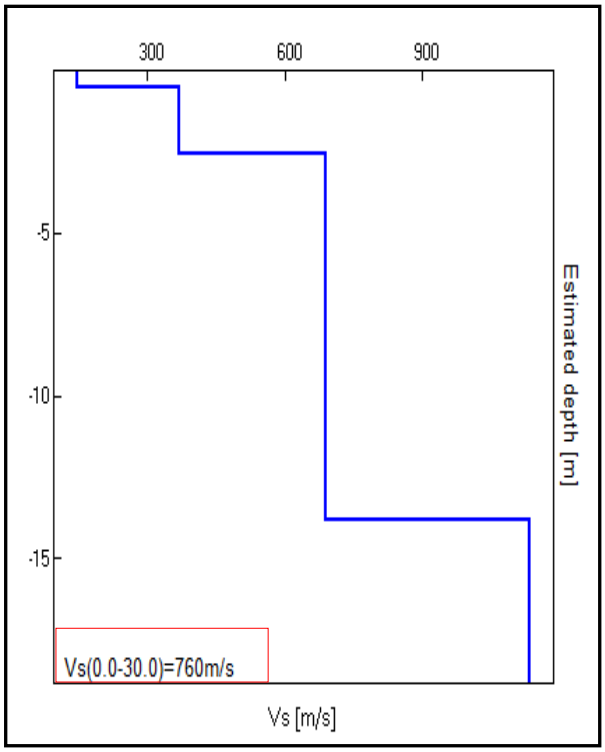


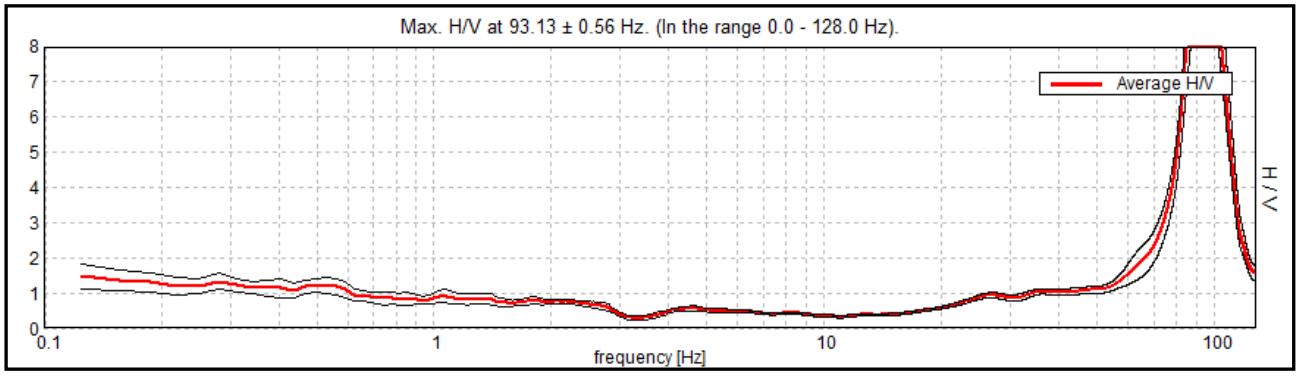
Fig. 20: Diagramma velocità – profondità.

Picco H/V a 82.4 ± 33.47 Hz (nell'intervallo 0.0 - 125.0 Hz).

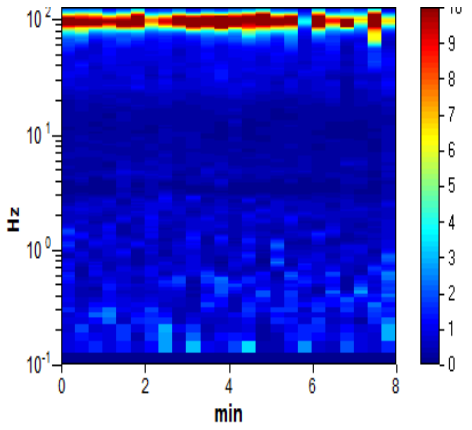
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	82.40 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	49438.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 2747	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	71.594 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	96.832 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.05 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.40617| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	33.46697 < 4.11987	OK	
$\sigma_A(f_0) < \varepsilon(f_0)$	0.3619 < 1.58	OK	

Prova 7

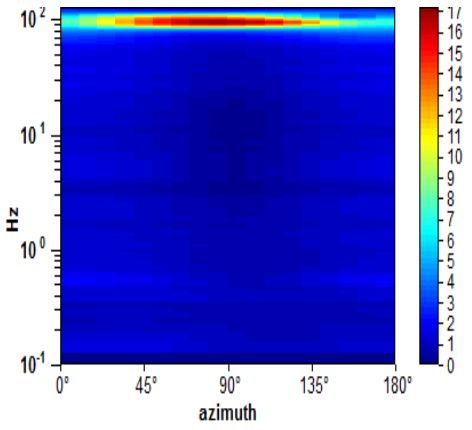
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



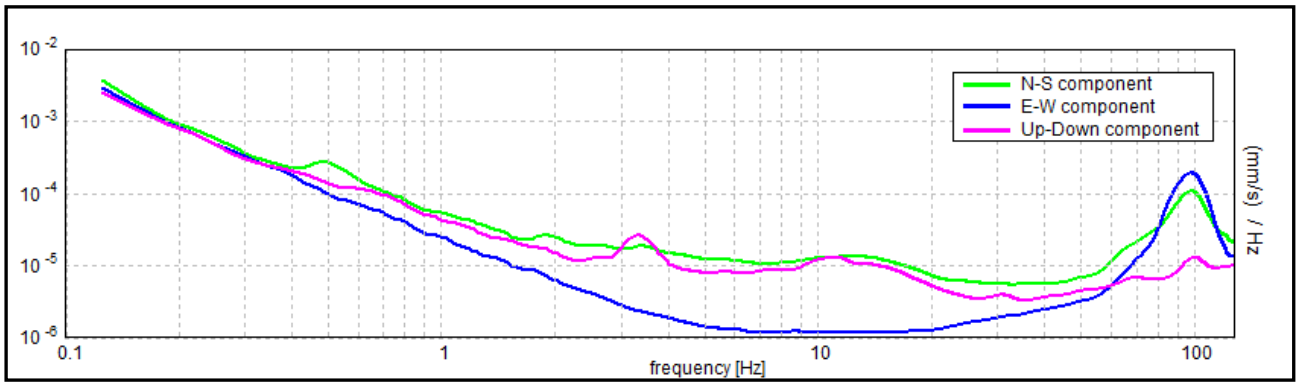
SERIE TEMPORALE H/V



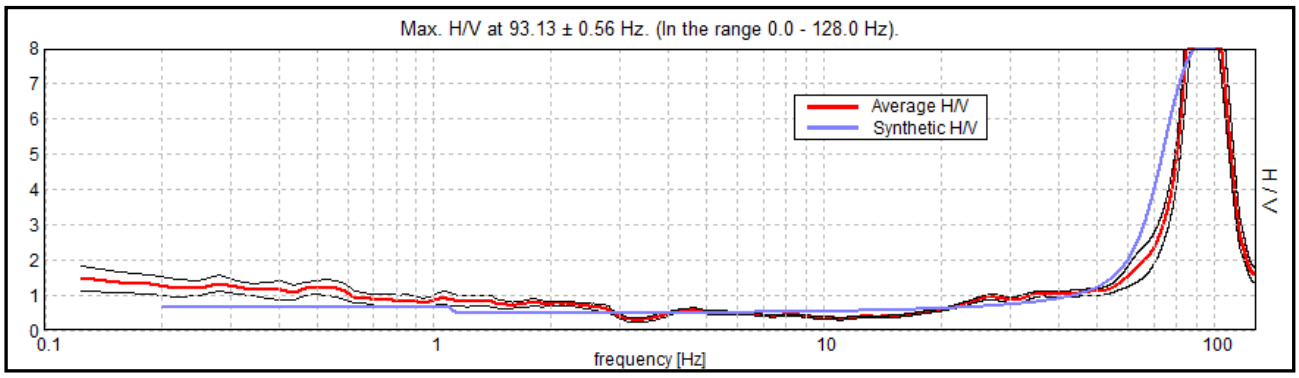
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



PROVA SISMICA HVSR 7

Vs (eq.) = 401 m/s (da p.c attuale: condizione più sfavorevole in quanto viene preso in considerazione anche il primo livello a velocità più bassa) - NTC 2018

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Descrizione
0.45	0.45	**145**	Coperture superficiali
inf.	inf.	**412**	Ammasso roccioso fortemente fratturato (cappellaccio)

$Vs_{,eq}$ = 401 m/s

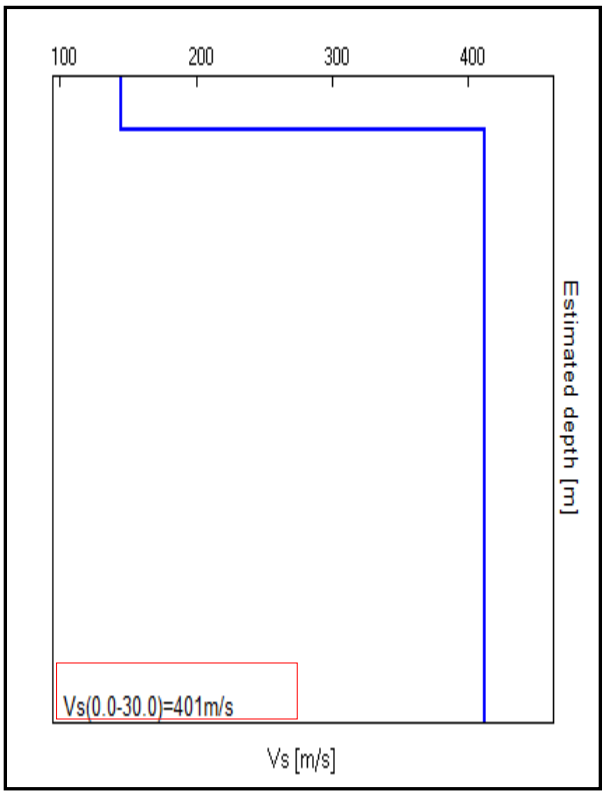


Fig. 25: Diagramma velocità – profondità.

Picco H/V a 93.13 ± 0.56 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	93.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	44700.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz	Superato 0 volte su 2607	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	81.625 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	109.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	11.29 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00601| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.55974 < 4.65625	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3452 < 1.58	OK	

Come è possibile osservare dalle figure seguenti sono state sovrapposte le curve ottenute dalle indagini realizzate in campagna: l'andamento complessivo è uniforme e caratteristico di un sottosuolo costituito da modeste coperture superficiali che ricoprono l'ammasso roccioso fratturato (cappellaccio).

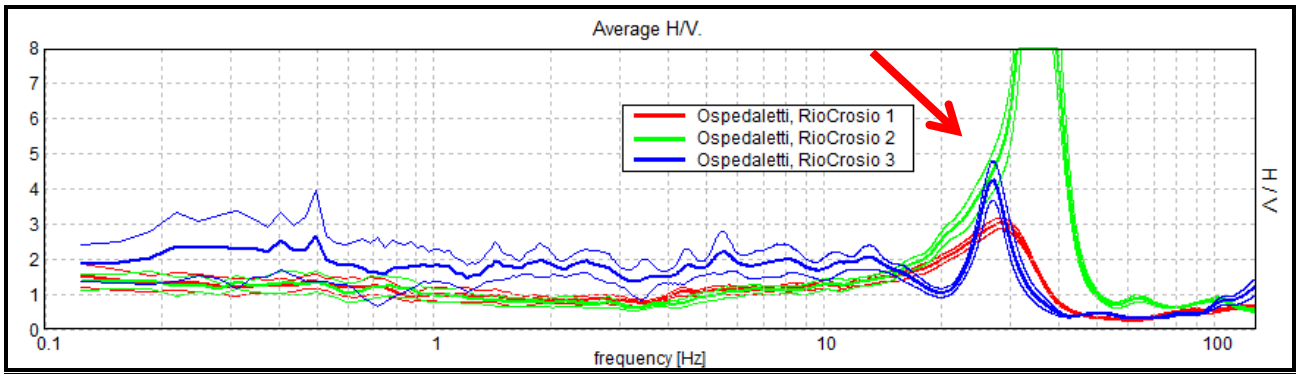


Fig. 26: confronto tra le prove HVSR n. 1 - 2 - 3.

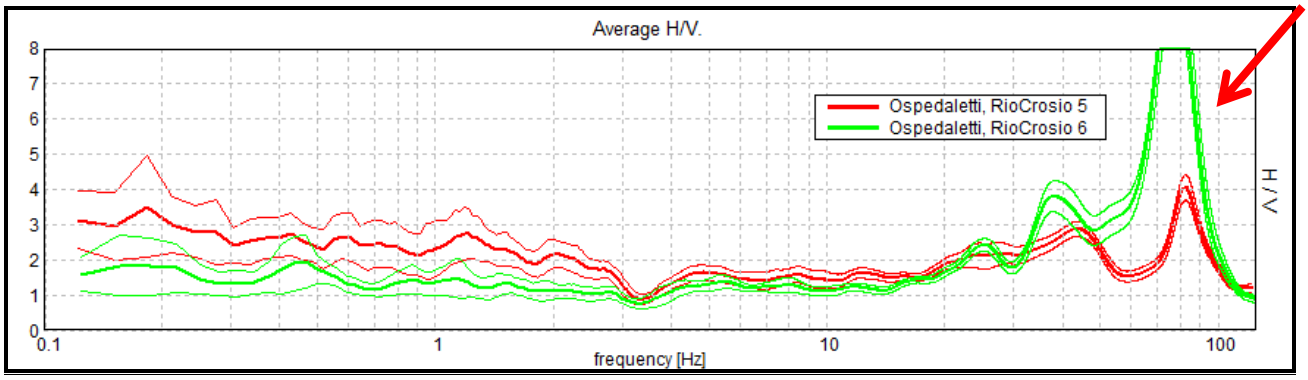


Fig. 27: confronto tra le prove HVSR n. 5 - 6.

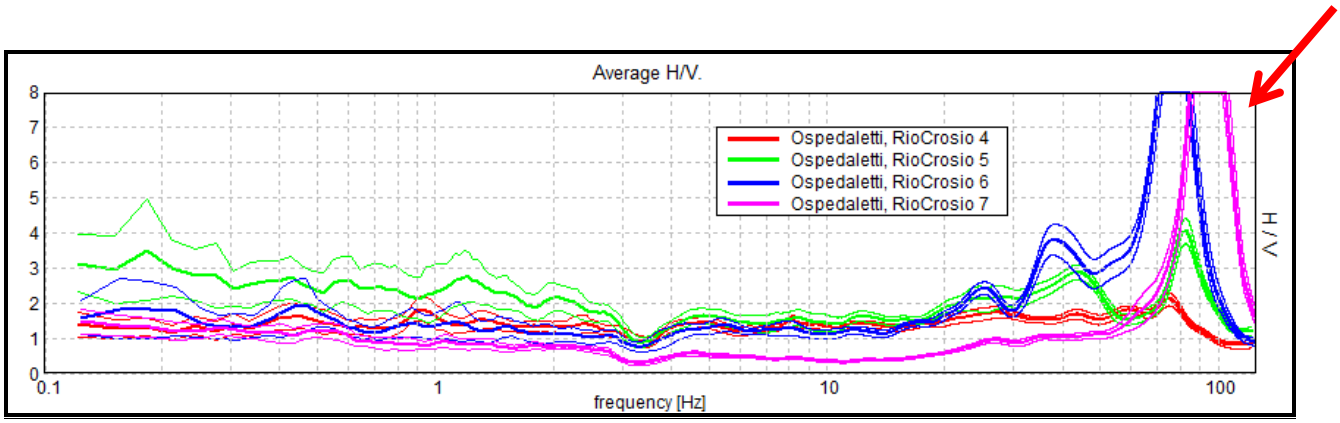


Fig. 28: confronto tra le prove HVSR da n. 4 a n. 7.

Le caratteristiche tecniche degli strumenti utilizzati sono riportate nelle tabelle successive.

PRINCIPALI NOTE TECNICHE DEL TROMINO	
Numero di canali	3+1 analogici
Amplificatori	tutti canali con input differenziali
Rumore	< 0.5 µV r.m.s. @128 Hz sampling
Impedenza dell'input	10^6 Ohm
Range di frequenze	DC - 360 Hz
Frequenza di campionamento	16384 Hz per canale
Frequenze di sovracampionamento	32x, 64x, 128x
Conversione A/D	equivalente a 24 bit
Massimo input analogico	51.2 mV (781 nV/digit)
Registrazione dati	memoria interna, standard 512 Mb, opzionale fino a 2 Gb
Accoppiamento col terreno	su punte e cuscinetto reologico
Condizioni operative	temperatura - 10 / +70°C umidità 0-90% senza condensa

PRINCIPALI NOTE TECNICHE DEL THEREMINO
Theremino Master DIL (modulo theremino master con microcontrollore in package DIL e 6 I/O Geofoni (3) da **4,5 Hz** (1 verticale e 2 orizzontali)
Theremino geoPreamp (3) di collegamento

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, **$VS_{,eq}$** (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

→

hi = spessore dell'i-esimo strato;
VS,i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N = numero di strati;
H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

I suoli di fondazione sono stati suddivisi in cinque classi (A, B, C, D, E): sulla base di un ragionato esame dei dati ottenuti dal rilievo eseguito e dalle prove geofisiche realizzate in tipologia "sismica passiva", la zona indagata si può assimilare alla categoria di sottosuolo **B** ***"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"***, secondo le tabelle 3.2.II e 3.2.III del citato D.M. 17.01.2018, con coefficiente topografico **T1**.

I calcoli geotecnici e strutturali saranno pertanto condotti con tale assunzione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tenuto conto, infine, della natura geologica dei luoghi, si **esclude** la presenza di orizzonti sabbiosi poco addensati sotto falda suscettibili di liquefazione.

8. RISCHIO SISMICO

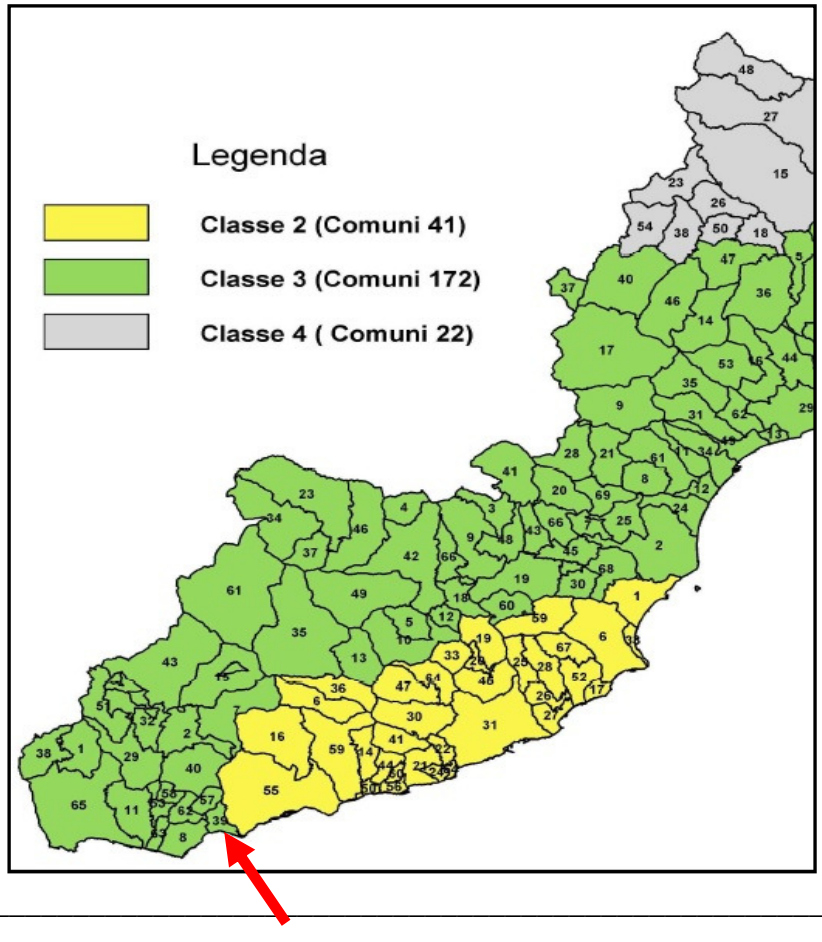
La Liguria di ponente è costantemente interessata da una modesta sismicità, anche se sono stati rari gli eventi che hanno raggiunto l'VIII-IX° di intensità. I fenomeni più significativi possono essere considerati il terremoto delle Alpi Marittime del 1564 (M_s= 5.9), di cui in verità non si conosce ancora molto e quello ben studiato del 23 febbraio 1887 (M_s= 6.4) con probabile epicentro in area marina; è poi da ricordare la sequenza del luglio 1963 con due eventi di M_s= 5.9.
Tra i terremoti minori possiamo ricordare l'evento del 1831, che interessò l'area più occidentale della Provincia di Imperia con intensità dell'VIII° MCS.
Al di fuori di quest'ultimo fenomeno, con epicentro sicuramente in terra, la maggior parte degli eventi risentiti sono da ascriversi a strutture sismogenetiche localizzate nel Mar Ligure.
Ai sensi della D.G.R. della Regione Liguria **n. 1362 del 19.11.2010** "D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione

sismica del territorio della Regione Liguria", il Comune di Ospedaletti era inserito in Zona 3S. La delibera di cui sopra ridefiniva la zonizzazione sismica del territorio regionale accorpando le precedenti zone 3A e 3B (vd D.G.R. 1308 del 24.10.2008) in un'unica zona 3S.

A seguito dei recenti studi sismici della Regione Liguria e del DISTAV dell'UniGE (di cui alla **D.G.R 216** del **17.03.2017**), relativi all'analisi della pericolosità sismica regionale, il territorio ligure è stato suddiviso passando dalle due classi di pericolosità precedenti alle più attuali tre classi (zona 2= media, zona 3= bassa pericolosità, zona 4= molto bassa pericolosità), riprendendo seppur con una distribuzione territoriale diversa lo scenario di pericolosità inizialmente proposto dalla mappatura nazionale dell'INGV.

In base a questa nuova classificazione per il Comune di Ospedaletti risulta il seguente quadro:

Comune:	Num. Identific.:	Num. Progress.	Zona sismica:
Ospedaletti	39	86	3 – Pga= 0,15 g



Con l'utilizzo del software freeware Geostru – PS della GeoStru, si è provveduto al calcolo dei parametri e dei coefficienti sismici fondamentali del sito in oggetto utilizzando i dati riportati in tabella e considerando le caratteristiche stratigrafiche e topografiche dell'area di intervento.

Tipo di costruzione	
Vita nominale V_N	50 anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso C_U	1
Vita di riferimento $V_R = V_N * C_U$	50 anni

Per classe d'uso II si intendono 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.

Categoria del suolo di fondazione: **B**
Categoria topografica (vedi tabella sotto): **T 1**

CATEGORIA	CARATTERSTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Le seguenti tabelle riportano, per le categorie individuate nel sito indagato, i valori massimi dei coefficienti di amplificazione stratigrafica (S_s) e topografica (S_t).

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

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

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

I parametri sismici sono stati determinati mediando i valori del reticolo di riferimento della pericolosità sismica (Allegato A, tab. n. 1 delle N.T.C.) in base alle coordinate geografiche della zona in esame.

Si riporta di seguito il report relativo all'elaborazione per la stabilità dei pendii e le fondazioni.

STATO LIMITE DI OPERATIVITA' SLO

PARAMETRI SISMICI		COEFFICIENTI SISMICI	
Probabilità superamento	81 %	Ss	1,200
Tr	30 anni	Cc	1,530
ag	0,026 g	St	1,000
F_0	2,546	Kh	0,006
Tc^*	0,192 s	Kv	0,003
		a_{max}	0,307 g
		Beta	0,200

STATO LIMITE DI DANNO SLD

PARAMETRI SISMICI		COEFFICIENTI SISMICI	
Probabilità superamento	63 %	Ss	1,200
Tr	50 anni	Cc	1,510
ag	0,038 g	St	1,000
F_0	2,623	Kh	0,009
Tc^*	0,206 s	Kv	0,005
		a_{max}	0,446 g
		Beta	0,200

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA SLV

PARAMETRI SISMICI		COEFFICIENTI SISMICI	
Probabilità superamento	10 %	Ss	1,200
Tr	475 anni	Cc	1,410
ag	0,141 g	St	1,000
F_0	2,440	Kh	0,041
Tc^*	0,290 s	Kv	0,020
		a_{max}	1,659 g
		Beta	0,240

STATO LIMITE DI PREVENZIONE DEL COLLASSO SLC

PARAMETRI SISMICI		COEFFICIENTI SISMICI	
Probabilità superamento	5 %	Ss	1,200
Tr	975 anni	Cc	1,400
ag	0,190 g	St	1,000
F_0	2,479	Kh	0,055
Tc^*	0,305 s	Kv	0,027
		a_{max}	2,234 g
		Beta	0,240

9. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO - UNITA' LITO – TECNICHE

I dati sulle caratteristiche geotecniche del suolo e del sottosuolo sono da intendersi come ***valori medi*** e derivano da precedenti esperienze, da valori bibliografici e/o da prove realizzate in aree analoghe opportunamente valutate: dall'interpretazione di tali dati con i vari software in commercio si sono ottenuti i dati (range di valori) di seguito evidenziati.
L'osservazione diretta dei terreni durante il rilevamento geologico e le ricostruzioni lito – stratigrafiche consentono la definizione di tre unità litotecniche.

Nello specifico i terreni che caratterizzano la stratigrafia geologica locale sono:

Coperture superficiali

γ = 14,0 – 17,5 kN/m^3 (peso di volume)
φ = 26 – 29° (angolo di attrito)
c = 0 KPa (coesione)

Ammasso fortemente fratturato

γ = 18,5 – 22,5 kN/m^3 (peso di volume)
φ = 28 – 32° (angolo di attrito)
c = 5 – 15 KPa (coesione)

Ammasso debolmente fratturato

γ = 19,5 – 23,5 kN/m^3 (peso di volume)
φ = 29 – 34° (angolo di attrito)
c = 15 – 50 KPa (coesione)

Il primo livello (coperture superficiali) viene definito come "deposito incoerente", generalmente di scarse caratteristiche fisico – meccaniche, da poco a mediamente addensate. I valori ottenuti dalle prove effettuate in sito portano a considerare questi terreni come scadenti e suscettibili di elevata deformazione. Lo sbancamento interesserà, vista la stratigrafia locale ricostruita, i depositi superficiali e parte dell'ammasso fortemente fratturato.

10. COMPATIBILITA' CON LA PIANIFICAZIONE DI BACINO

Le cartografie tematiche ed gli aggiornamenti del vigente Piano sono state acquisite tramite sito web www.pianidibacino.ambienteinliguria.it.
Il Piano di Bacino denominato "Zona Bordighera - Ospedaletti" classifica l'area di interesse nelle seguenti categorie:

- Carta della pericolosità geologica o suscettività al dissesto: **Pg 3b** a pericolosità e suscettività alta;
- Carta del rischio geomorfologico: **Rg 3 – Rg 4** a rischio elevato;
- Carta delle fasce fluviali: zona delle aree perifluviali inondabili per portate al colmo di piena con tempo di ritorno T = 50, 200 e 500 anni - **non indagata.**

Si riporta, integralmente, quanto contenuto nella Normativa di Piano a caratterizzazione delle aree inserite in classe di suscettività al dissesto Pg 3b:
"Nelle aree a suscettività al dissesto elevata – Pg 3b, oltre al regime normativo applicato nelle aree Pg3a, è consentita anche la nuova edificazione e l'esecuzione di opere infrastrutturali, purché tali interventi siano previsti dallo strumento urbanistico comunale adeguato al presente Piano di bacino. Tale adeguamento comporta l'effettuazione di un'apposita verifica di compatibilità delle previsioni urbanistiche con il quadro dei dissesti del piano di bacino nei termini indicati al successivo articolo 19.
Nelle more dell'adeguamento di cui al comma precedente, l'ammissibilità di nuovi interventi è subordinata all'esecuzione di indagini di maggior dettaglio i cui contenuti minimi sono riportati nell'allegato 1 alla presente normativa.
La Provincia, sulla base delle indagini di maggior dettaglio di cui al comma precedente, trasmesse dal Comune, valuta la compatibilità della realizzazione dell'intervento stesso con le condizioni di suscettività al dissesto accertate ed esprime, a riguardo, parere vincolante. Tale parere, per gli interventi sottoposti anche al regime del vincolo idrogeologico, ai sensi del RD n.3267/1923 e della l.r. n.4/1999, deve essere acquisito preventivamente dall'Autorità competente al rilascio del relativo titolo abilitativo".

Si precisa infine che le opere progettate ricadono in quanto previsto nella carta degli interventi. Nello specifico nel tratto in esame sono segnalati quattro diversi tipi di intervento:

- Gp7 (intervento tipo geologico)
- Gp8 (intervento tipo geologico)
- Gp9 (intervento tipo geologico)
- IB

I codici Gp si riferiscono ad Interventi geologici – geomorfologici strutturali di consolidamento del versante – con priorità primaria, cioè gli interventi di consolidamento versanti ritenuti più urgenti, mentre IB si riferisce ad Interventi idraulico - idrogeologici che prevedono la sistemazione idraulica straordinaria dell'alveo con realizzazione di nuove arginature e/o sistemazione delle attuali, eliminazione delle interferenze costituenti intralcio al corretto deflusso, raccolta fognature e sistemazione tubazioni fognarie nere principali sotto il piano alveo o ai lati delle arginature, rimozione vegetazione e accumuli detritici. Interventi di rinaturalizzazione del corso d'acqua con tecniche di in-gegneria naturalistica dell'alveo con realizzazione del fondo e degli argini.

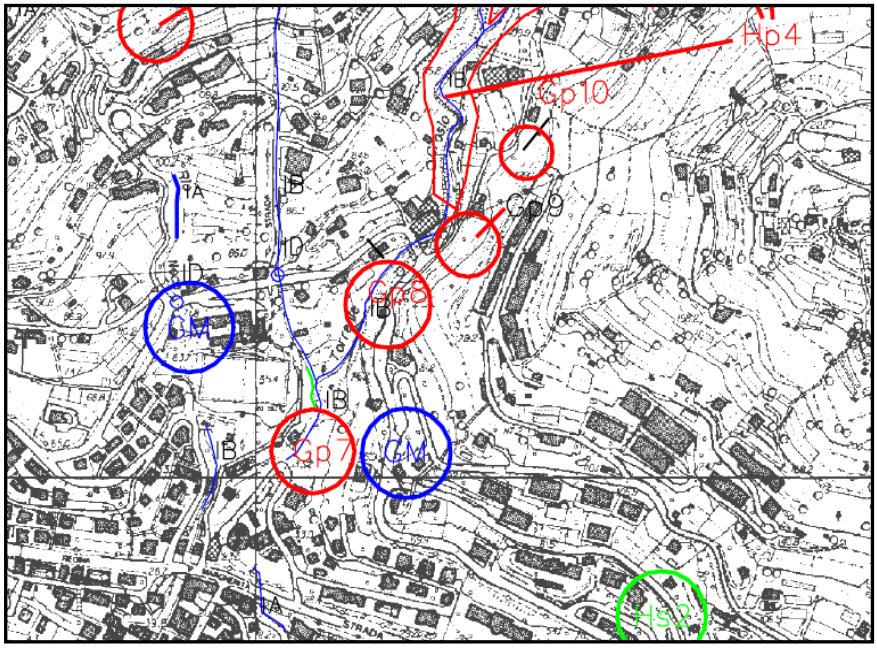


Fig. 31: stralcio Carta degli Interventi

11. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI

In base a quanto riportato nella presente relazione e alle risultanze dei sopralluoghi e delle indagini eseguite, dal punto di vista geologico - geomorfologico ed allo stato attuale, si ritiene fattibile il progetto di *"Grave dissesto idrogeologico di versante interessante l'alveo del Rio Crosio nel tratto compreso fra Corso Marconi (a monte) e la tombinatura a lato di Via della Noria (a valle), in zona di Piano di Bacino classificata come Pg3 B, con grave pericolo per il centro abitato"*, in Comune di Ospedaletti (IM).
Non si ravvisa, quindi, nulla di ostativo alla realizzazione dell'intervento nel rispetto di quanto espressamente specificato con la presente relazione.
Per l'esecuzione delle opere dovranno, comunque, essere rispettate alcune necessarie prescrizioni generali riportate sotto:

- attenersi alle indicazioni contenute all'interno della presente relazione;
- il sedime fondazionale, in relazione ai contenuti della **N.T.C. 2018**, può essere classificato in base agli studi condotti e illustrati nella presente, come suolo di **classe B** con coefficiente topografico **T1**; si esclude, con i dati in possesso, che i terreni rilevati nell'area d'indagine e che accoglieranno le opere a progetto siano potenzialmente soggetti a liquefazione;
- dovranno essere predisposti tutti gli accorgimenti tecnici possibili al fine di garantire la massima sicurezza nel cantiere;
- intestare le opere di sostegno nei livelli adeguatamente competenti del sottosuolo;
- gli scavi con profondità maggiore di 1,5 mt dal piano campagna dovranno essere trattati come disposto al capo III punti 12,13,14 del D.P.R. 7.01.1956 n.164 e ss.mm.ii.;
- in caso di **ALLERTA METEO** e comunque in occasione di avverse condizioni meteorologiche, le operazioni di scavo dovranno essere rimandate o, se già iniziate, dovranno essere immediatamente sospese;

- evitare di produrre sbancamenti non protetti per lungo tempo e, in caso di maltempo, ricoprire gli scavi con teli impermeabili;
- avvalersi della presenza del geologo (**D.L. geologica**) durante tutti i lavori per la verifica dello stato del terreno, delle strutture e per eventuali interventi di varianti che si dovessero rendere necessarie.

Con il rispetto delle indicazioni esecutive definite nella presente relazione si può affermare che gli interventi a progetto **non comporteranno un incremento del livello di pericolosità e non aggraveranno la stabilità dell'area**.

Taggia 11/09/2019

Dott. Geol. Paolo Anfossi

ELENCO ALLEGATI

1) Corografia generale scala 1:25.000
2) Planimetria di rilievo su base C.T.R. e mappa catastale
3) Carta geologica – geomorfologica scala 1:2.000
4) Sezioni idrauliche di rilievo del Rio Crosio / affluente
5) Stralci da Piano di Bacino scala 1:10.000
6) Immagini fotografiche
7) Immagini fotografiche

BIBLIOGRAFIA

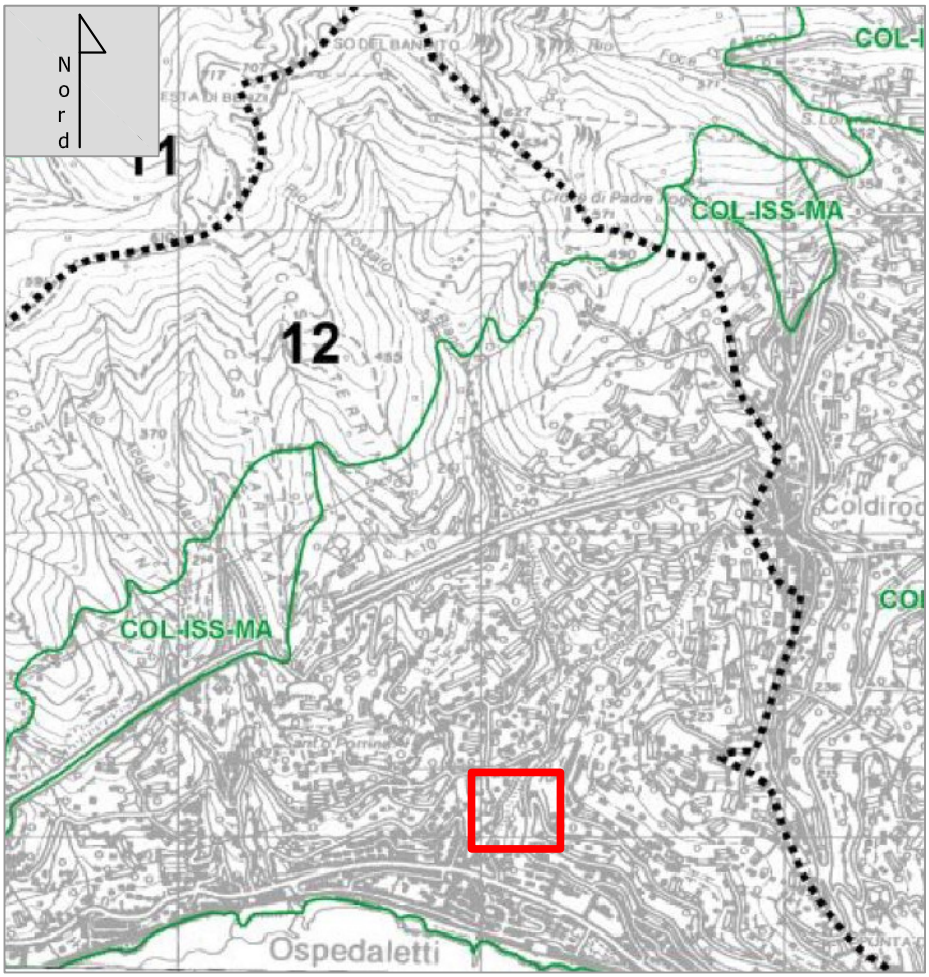
- Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 Foglio Sanremo 258-271 (Giammarino e Altri, 2010) e relative Note Illustrative;
- Piano di Bacino "Zona Bordighera - Ospedaletti";
- Manuale del Geologo (Casadio – Elmi);
- "A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface. – Nakamura" (1989).

Titolo Tavola:

COROGRAFIA GENERALE

TAV. 1

GRAVE DISSESTO IDROGEOLOGICO DI VERSANTE INTERESSANTE L'ALVEO DEL RIO CROSIO NEL TRATTO COMPRESO FRA CORSO MARCONI (A MONTE) E LA TOMBINATURA A LATO DI VIA DELLA NORIA (A VALLE), IN ZONA DI PIANO DI BACINO CLASSIFICATA COME PG 3B, CON GRAVE PERICOLO PER IL CENTRO ABITATO



LEGENDA

Area di interesse su Tavola del P.T.C.P.
della Regione Liguria - assetto vegetazionale.

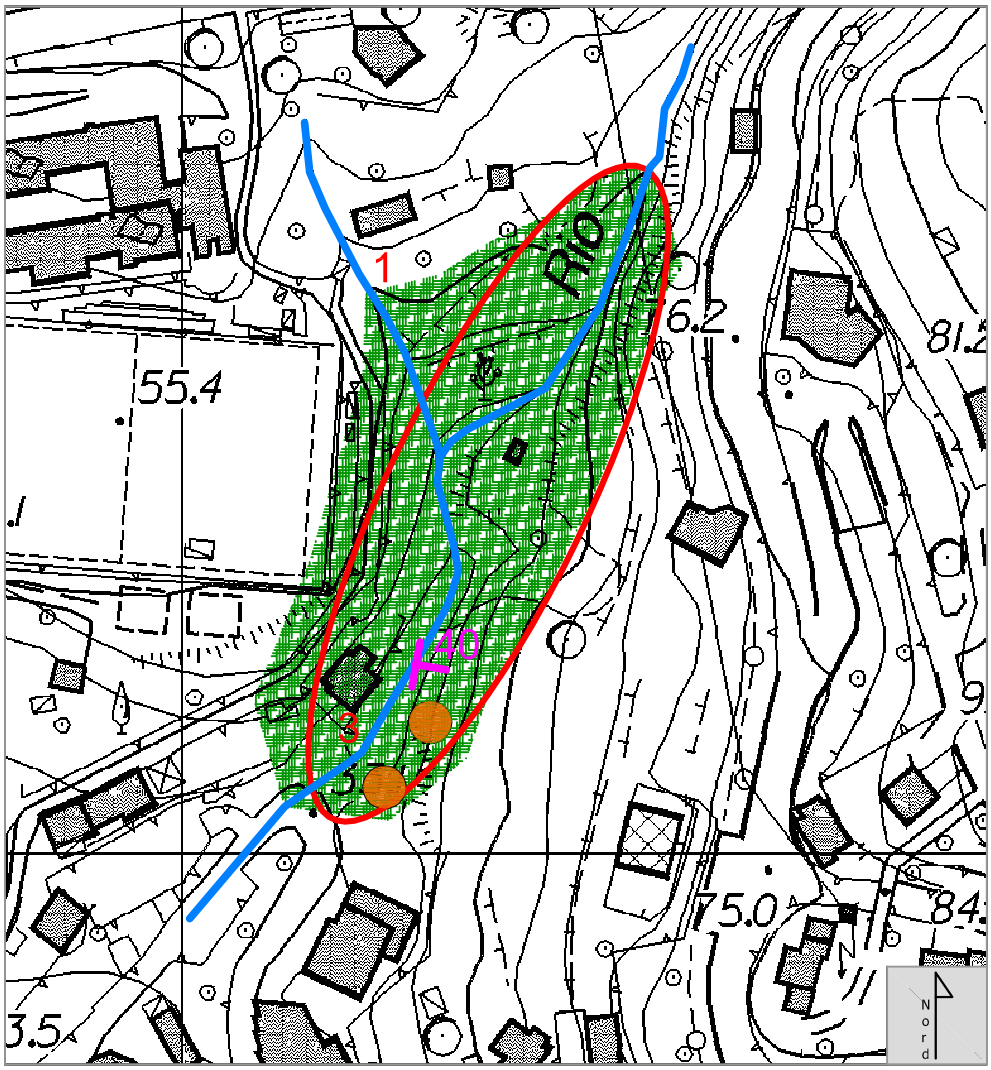
Committente:		a cura di:	Scala:
Comune di OSPEDALETTI		Anfossi Paolo	1: 25.000
			Rif: 019

Titolo Tavola:

CARTA GEOLOGICA - GEOMORFOLOGICA

TAV. 3

GRAVE DISSESTO IDROGEOLOGICO DI VERSANTE INTERESSANTE L'ALVEO DEL RIO CROSIO NEL TRATTO COMPRESO FRA CORSO MARCONI (A MONTE) E LA TOMBINATURA A LATO DI VIA DELLA NORIA (A VALLE), IN ZONA DI PIANO DI BACINO CLASSIFICATA COME PG 3B, CON GRAVE PERICOLO PER IL CENTRO ABITATO



LEGENDA

Area di pertinenza.

Substrato roccioso affiorante o sub - affiorante, riferibile al Flysch di Sanremo (FSM4 facies di San Lorenzo), con presenza di aree localmente interessate da fenomeni di instabilità (vedi anche Tavola 2)

3 Reticolo idrografico con ordine di gerarchizzazione secondo Strahler.

Giacitura degli strati (inclinazione).

Committente:		a cura di:	Scala:
Comune di OSPEDALETTI		Anfossi Paolo	1: 2.000
			Rif: 019

Titolo Tavola:

STRALCI DA PIANO DI BACINO

TAV. 5

GRAVE DISSESTO IDROGEOLOGICO DI VERSANTE INTERESSANTE L'ALVEO DEL RIO CROSIO NEL TRATTO COMPRESO FRA CORSO MARCONI (A MONTE) E LA TOMBINATURA A LATO DI VIA DELLA NORIA (A VALLE), IN ZONA DI PIANO DI BACINO CLASSIFICATA COME PG 3B, CON GRAVE PERICOLO PER IL CENTRO ABITATO



CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO: Pg 3b



CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO: Rg 3 - Rg 4

LEGENDA

Area di pertinenza.

Committente:		a cura di:	Scala:
Comune di OSPEDALETTI		Anfossi Paolo	1: 10.000
			Rif: 019

Titolo Tavola:

IMMAGINI FOTOGRAFICHE

TAV. 6

GRAVE DISSESTO IDROGEOLOGICO DI VERSANTE INTERESSANTE L'ALVEO DEL RIO CROSIO NEL TRATTO COMPRESO FRA CORSO MARCONI (A MONTE) E LA TOMBINATURA A LATO DI VIA DELLA NORIA (A VALLE), IN ZONA DI PIANO DI BACINO CLASSIFICATA COME PG 3B, CON GRAVE PERICOLO PER IL CENTRO ABITATO



Foto n. 1: misura HVSR con tromometro triassiale (prova 1).



Foto n. 2: misura HVSR con tromometro triassiale (prova 2).



Foto n. 3: misura HVSR con tromometro triassiale (prova 3).



Foto n. 4: misura HVSR con tromometro triassiale (prova 4).

Committente:		a cura di:	Scala:
Comune di OSPEDALETTI		Anfossi Paolo	Rif: 019

Titolo Tavola:

IMMAGINI FOTOGRAFICHE

TAV. 7

GRAVE DISSESTO IDROGEOLOGICO DI VERSANTE INTERESSANTE L'ALVEO DEL RIO CROSIO NEL TRATTO COMPRESO FRA CORSO MARCONI (A MONTE) E LA TOMBINATURA A LATO DI VIA DELLA NORIA (A VALLE), IN ZONA DI PIANO DI BACINO CLASSIFICATA COME PG 3B, CON GRAVE PERICOLO PER IL CENTRO ABITATO



Foto n. 5: misura HVSR con tromometro triassiale (prova 5).



Foto n. 6: misura HVSR con tromometro triassiale (prova 6).



Foto n. 7: misura HVSR con tromometro triassiale (prova 7).



Foto n. 8: prove con sclerometro su roccia affiorante in sito.

Committente:		a cura di:	Scala:
Comune di OSPEDALETTI		Anfossi Paolo	Rif: 019