



geoproject@gmail.com

Geologia Urbana e Ambientale

Geologo Dr. Giuseppe Ciavatta
66050 San Salvo (CH)
vico 6° Umberto I, n.2
tel 3398969356 - fax 0872548142



COMUNE DI SAN SALVO



RELAZIONE GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA e GETECNICA-SISMICA

Oggetto

Piano Demaniale Marittimo Comunale
VARIANTE

Località

SAN SALVO MARINA

Committente

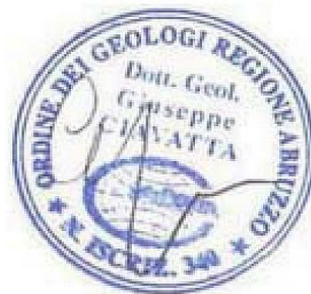
AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Geologo

Dr. Giuseppe Ciavatta

Data

Agosto 2018



INDICE

1.0 PREMESSA	3
1.1 Riferimenti Normativi	4
1.2 Ubicazione Geografica	5
2.0 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA.....	5
2.1 Inquadramento Geologico-Strutturale	5
2.2 Inquadramento Geomorfologico.....	8
2.2.1 Carta Geomorfologica del PAI	9
2.3 Inquadramento Idrogeologico e Circolazione Idrica.....	9
3.0 CLIMA METEOMARINO.....	11
3.1 Ondametrica	11
3.1.1 Carte del Moto ondoso nel paraggio della Marina di San Salvo	12
3.2 Erosione Costiera (Variazione della Linea di costa).....	13
3.2.1 Carte del Moto ondoso nel paraggio della Marina di San Salvo	14
4.0 CARTOGRAFIA E ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO.....	15
4.1 Carta Geolitologica	15
4.2 Carta della Pericolosità da Frana	17
4.3 Carta del Rischio Idraulico.....	18
5.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOFISICA	18
5.1 Carta delle Indagini geognostiche e Geofisiche	18
5.2 Stratigrafia dell'Area	18
5.3 Caratteristiche sedimentologiche della spiaggia	19
5.4 Caratteri Idrologici dei sedimenti	20
5.5 Proprietà Geotecniche dei sedimenti.....	21
5.6 Valori caratteristici dei litotipi.....	23
5.7 Modello geologico	25
6.0 MODELLAZIONE SISMICA	26
6.1 Sismicità dei luoghi	26
6.2 Pericolosità sismica di base.....	28
6.3 Caratterizzazione Sismica Locale	30
6.4 Indagini Sismiche, Categoria di Suolo e Frequenze di Risonanza	33
6.4.1 Profilo Sismico.....	34
6.4.2 Categoria di suolo	36
7.0 MICROZONAZIONE SISMICA (MOPS)	38
7.1 Carta delle M.O.P.S.	39
7.2 Liquefazione	39
8.0 SINTESI E CONSIDERAZIONI FINALI	41
9.0 BIBLIOGRAFIA.....	43

ALLEGATI

Carta Tecnica 1:10.000

Planimetrie Aree in concessione

Carta del PRP 1:10.000

Carta Geolitologica 1:5.000 (Tav.1 e Tav.2)

Carta del Rischio Idraulico 1:10.000

Carta delle M.O.P.S. (Tav. NORD e Tav. SUD)

Carta delle Indagini 1:10.000

QUADERNO DELLE INDAGINI

Sondaggi Stratigrafici

Prove Penetrometriche Dinamiche e Statiche (Relazione di sintesi -Tabelle parametri geotecnici dei sedimenti)

Indagini Sismiche (Relazione di sintesi – prove MASW e HVSR)

INRELAZIONE

Carta Geomorfologica del PAI (foglio 372o)

Schede monografiche del bacino del F. Trigno

Carte del Moto Ondoso nel Paraggio della Marina di San Salvo

Carte della Variazione della linea di Costa nel Paraggio della Marina di San Salvo

Carta Geologica d'Italia (ISPRA Progetto Carg - f. 148 Vasto)

Sezioni Stratigrafiche

Stralcio Carta delle Pericolosità da Frana del PAI (p_372o)

Istogrammi di resistenza dei terreni del sottosuolo

Mappe, Tabelle e Istogrammi Sismici

1.0 PREMESSA

Premesso che il Piano Regolatore Generale del Comune di San Salvo all'art. 47 delle NTA prevede le disposizioni generali che riguardano la fascia di salvaguardia ed uso del demanio marittimo e che con deliberazione di C.C. n. 10 del 16/03/2007 il Comune ha approvato la variante al Piano Demaniale Comunale, precedentemente approvato con atto del Commissario Prefettizio n. 37 del 18/01/1994. La Giunta Regionale d'Abruzzo in ottemperanza a quanto disposto dalla L.R. n. 141/1997 con deliberazione n. 24/C del 20/01/2003 ha proposta all'approvazione del Consiglio Regionale il piano di utilizzazione delle aree del demanio marittimo con finalità turistiche e ricreative (PDM), poi definitivamente approvato con deliberazione del Consiglio Regionale n. 141/1 del 29/07/2004 pubblicata sul BURA ordinario n. 30 del 27/10/2004. Successivamente con delibera di C.R. n. 20/4 del 24/02/2015 pubblicato sul BURA ordinario del 15/04/2015, il Consiglio Regionale d'Abruzzo ha approvato ai sensi dell'art. 6 della L.R. n. 18/1983 il Piano Demaniale Marittimo costituito dalle norme di dettaglio. Ciò premesso, per conto dell'Amministrazione Comunale di San Salvo (CH), è stato effettuato uno studio geologico, geomorfologico, geodinamico e di parametrizzazione del sottosuolo, della fascia costiera della marina a supporto ed integrazione degli atti progettuali di revisione e adeguamento alle previsioni di cui al PDM ed in particolare l'individuazione di n. 6 nuove concessioni sulla spiaggia e, nella zona in concessione al demanio, pineta e aree verdi antistanti il lungomare sud, di n. 6 aree da concedere per punti ricettivi, aree a servizio dello sport, aree per parco attrezzato (strutture facilmente rimovibili da utilizzare solo per i mesi estivi così come da ordinanza di balneazione annuale). (*vedi allegati*).

L'area oggetto di studio nella presente interessa una porzione territoriale della Marina di San Salvo (comprensiva della fascia demaniale) che si estende per circa 2.600 ml tra il limite comunale sud-orientale (canale "Formale del Molino"), e quello nord-occidentale caratterizzato dal T. Buonotte. In riferimento al Piano Regionale Paesistico della Regione Abruzzo ed in particolare alle categorie di tutela e valorizzazione, la stessa ricade in quella di conservazione parziale A2 (fascia di spiaggia in senso stretto) ed in quella di trasformazione condizionata C2 (fascia a sud del lungomare C. Colombo). Nella cartografia del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo (*Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi*), non sono evidenziati fenomeni di dissesto, mentre in riferimento alla Carta delle MOPS del Comune di San Salvo [*Regione Abruzzo – Comune di San Salvo (CH) - Microzonazione Omogenea in Prospettiva Sismica – livello 1 – Relazione illustrativa*], l'area rientra in zona di attenzione per liquefazione di tipo 1 (zona ZA LQ 1).

Tale relazione ha il fine di fornire un quadro generale della situazione allo stato attuale prendendo in considerazione i fattori Geologici e Geostrutturali, Idrogeologici, Ondametrici, Geomorfologici e

Morfometrici, Geodinamici, nonché la successione litostratigrafica e la sismicità locale, al fine di valutare:

- *L'assetto Strutturale e le Caratteristiche Geologiche e Geomorfologiche dell'area.*
- *L'assetto e le Caratteristiche Idrogeologiche dell'area.*
- *Il Locale Assetto Litostratigrafico dei Terreni e le Caratteristiche litotecniche delle Singole Unità.*
- *Le caratteristiche geologiche e geotecniche dei sedimenti presenti.*
- *Le caratteristiche sismiche e dinamiche dell'area e la risposta sismica locale.*
- *Le caratteristiche ondamentriche della zona.*
- *la compatibilità delle previsioni di progetto con le condizioni generali dell'area.*

Lo studio è stato articolato nelle seguenti fasi:

- *Ricerca Bibliografica e Cartografica, di studi geologici, idrogeologici e marini a carattere generale e specifici, attinente il territorio in oggetto.*
- *Raccolta dati e analisi del materiale cartografico messo a disposizione dai siti tematici della Regione Abruzzo e altre autorità competenti.*
- *Sopralluogo e rilevamento della zona.*
- *Elaborazione ed Analisi indagini geognostiche e sismiche pregresse ed in particolare:*
 - N° 9 Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo*
 - N° 4 Prove Penetrometriche Dinamiche superpesanti*
 - N° 1 Prove Penetrometriche Statiche*
 - N° 2 Prospezioni Sismiche MASW (Multichannel Analysis Surface Waves)*
 - N°1 prospezioni Sismiche HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)*
- *Descrizione delle Unità litologiche e delle caratteristiche dei singoli litotipi.*
- *Modellazione geologica, geotecnica e sismica del sottosuolo.*
- *Cartografie, tabelle e grafici*
- *Relazione finale e allegati.*

1.1 Riferimenti Normativi

D.M. 11/03/1988.

D.P.R. 5 giugno 2001 n. 328. (con particolare riferimento Art. 41).

D.M. 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) e Circol. esplicat. n. 617 del 02.02.2009.

L. 18.05.89 n. 183 (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini di rilievo Regionali Abruzzesi e del Bacino Interregionale del fiume Sangro: "fenomeni gravitativi e processi erosivi").

Del. 05.08.15 n.3/REG (Consiglio regionale dell'Abruzzo - Regolamento attuativo della legge regionale 11/08/11 n. 28: norme per la riduzione del rischio sismico ...).

D.M. 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni).

Del. 24/02/2015 n.20/4 Regione Abruzzo (Piano Demaniale Marittimo)

P.R.G. Comunale di San Salvo.

1.2 Ubicazione Geografica

L'area si localizza all'estremità sud-orientale del territorio abruzzese, nella provincia di Chieti, e più precisamente nella fascia costiera della Marina di San Salvo. Per quel che concerne la localizzazione topografica, ricade nel foglio 372 tav. ovest (quadro unione ED50 25K della CTR) e nell'elemento 372100 (quadro unione ED50 10K della CTR).

Il limite territoriale comunale della marina si estende, da nord-ovest a sud-est, tra le coordinate geografiche *lat 42.0800 – lon 14.7518* e *Lat 42.0701 – lon 14.7792* (sistema di riferimento WGS84) e *Lat 42.0809 - Lon 14.7526* e *Lat 42.0711 - Lon 14.7800* (sistema di riferimento ED50).

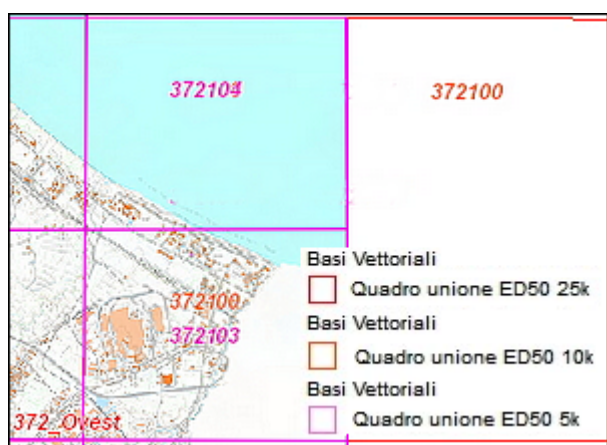


fig 1) Stralcio Quadro Unione CTR (geoportale regione abruzzo)

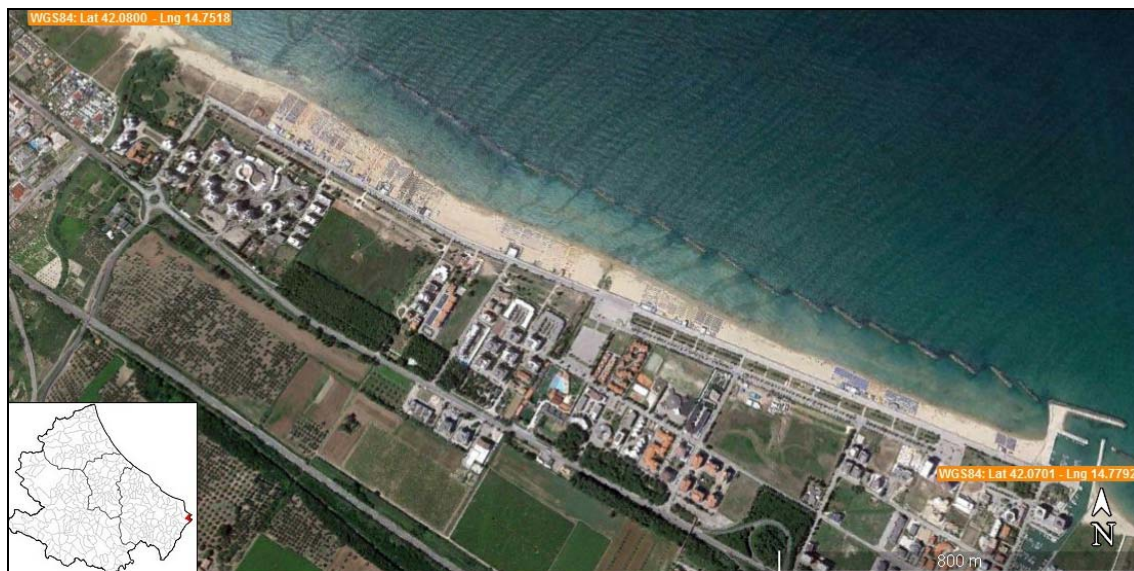


fig 2) Marina di San Salvo (CH) - Immagine Satellitare (Google Earth)

2.0 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

2.1 Inquadramento Geologico-Strutturale

Il settore abruzzese è caratterizzato dalla presenza di diverse unità paleogeografico-strutturali che risultano incorporate nel sistema catena-avanfossa-avampaese. Risulta ben distinguibile una migrazione temporale e spaziale degli sforzi compressivi dai settori occidentali a quelli orientali (*Bally*

et alii, 1986; Boccaletti et alii, 1990; Patacca et alii, 1992; Casero et alii, 1992;), accompagnati e spesso seguiti, a partire dal Miocene superiore, da una tettonica di natura distensiva che ha riattivato le preesistenti discontinuità di natura compressiva (*La Vecchia et alii, 1984; Bally et alii, 1986; La Vecchia, 1988*) e da una componente trascorrente (*Corrado et alii, 1992; Ghisetti et alii, 1993; Miccadei e Parotto, 1999*). Quindi in un contesto strutturale generale, il territorio può essere inserito in quella che è stata l'evoluzione neotettonica che, dal Pliocene medio ad oggi, ha interessato tutta l'area che va dalla base dell'Appennino alla linea di costa attuale (zona intermedia), quando alla subsidenza iniziale sono succeduti il sollevamento e l'emersione. Infatti nella zona compresa tra l'Avanpaese a est ed i massicci appenninici ad ovest, si individuano due aree subsidenti (Pliocene) che sono il bacino abruzzese, con asse orientato NW-SE e quello molisano con asse NNW-SSE a sud. I due bacini sono separati da un alto strutturale localizzato nella zona di Villalfonsina-Casoli. Il bacino abruzzese è caratterizzato, da una fossa subsidente, nella quale si sedimentano, tra il Pliocene ed il Pleistocene, in continuità, materiali pelitici, mentre il bacino molisano, durante il Pliocene medio, è caratterizzato da una nuova spinta tettonica, che sposta verso Est le coltri alloctone e i terreni flisciodi, che di conseguenza vanno a ricoprire, almeno in parte, i sedimenti, che si andavano depositando nell'avanfossa adriatica. Nel Quaternario antico si chiude il ciclo deposizionale marino e al tetto delle argille grigio azzurre si depositano sedimenti a grana medio-grossa, sabbie e conglomerati (*Cantalamessa et alii, 1986; Bigi et alii, 1995; 1996*), che formano piastre sommitali pianeggianti, debolmente inclinate verso il mare e delimitate, a volte, da versanti molto ripidi tipo falesia. Questi due bacini, in cui è stata suddivisa l'avanfossa adriatica, sono delimitati, in direzione E-O, dal fiume Sangro e in direzione NO-SE dall'allineamento Paglieta-Scerni-Fiume Trigno. Nel settore di Vasto-San Salvo, le strutture tettoniche presenti sono quindi legate a fenomeni compressivi e l'assetto strutturale è di una monoclinale immergente a Nord-Est con inclinazione di pochi gradi. I litotipi presenti, sono costituiti dal complesso di sedimenti marini, rappresentati essenzialmente da argille grigio-azzurre alla base e da sabbie stratificate in alto. Tra queste due formazioni è presente un orizzonte intermedio costituito da alternanze stratificate di argille e sabbie di spessore variabile da luogo a luogo (*Bergomi C, Valletta M., Malatesta A. 1968*).

Tali depositi plio-pleistocenici possono essere assimilati alla Formazione di Mutignano litologicamente riferibile ad ambienti che vanno dall'offshore allo shoreface [(*F. Calamita, T. Piacentini, A. Pizzi, G. Rusciadelli, F. Trincardi - 2011*)]. Seguono poi, verso l'alto, i sedimenti continentali e di transizione del Pleistocene-Olocene come le alluvioni ghiaioso-sabbiose e i sedimenti di piana deltizia quali sabbie fluviali e/o di elaborazione litorale, terre nere e sedimenti limno-palustri. Al tetto troviamo poi le ghiaie e sabbie della spiaggia attuale.

Nella zona territoriale in cui si inserisce il sito in oggetto sono presenti i depositi olocenici continentali costituiti da: sabbie e ghiaie alluvionali con livelli e lenti di argille e torbe, con intercalazioni di limi sabbiosi bruni e grigi prevalenti verso l'alto riferibili ad ambiente di piana esondabile; alternanze di ghiaie e sabbie di conoide alluvionale; coltri eluvio-colluviali costituite da limi, argille e sabbie con intercalazioni ghiaiose, limi e argille brune e grigie laminate e bioturbate; sabbie eoliche medio-fini da sciolte a mediamente addensate; peliti e peliti sabbioso-ciottolose palustri, terreni di bonifica, torbe e sedimenti limno-palustri; sabbie di spiaggia a granulometria medio-fine sciolte, ghiaie con ciottoli eterometrici di forma generalmente discoidale, da arrotondati e sub-arrotondati; depositi antropici costituiti da ghiaia, sabbia, limo e argilla e da frammenti di manufatti (fonte: ISPRA-Progetto Carg-Carta Geologica d'Italia-foglio 372 Vasto).

In dettaglio nell'area oggetto di studio sono presenti depositi di spiaggia, eolici e di elaborazione litorale, piana deltizia costiera attuali e sub-attuali, sedimenti limno-palustri. Tali litotipi passano in profondità alle Argille plio-pleistoceniche (F.ne di Mutignano) che rappresentano il "substrato locale" e sono costituite da sedimenti coesivi sovraconsolidati di colore tendenzialmente grigio/azzurro in cui localmente si intercalano sottilissimi livelli sabbiosi che a volte contribuiscono alla granulometria del prevalente materiale argilloso; sono impermeabili, consistenti ed il loro spessore varia fino ad un massimo di alcune centinaia di metri.

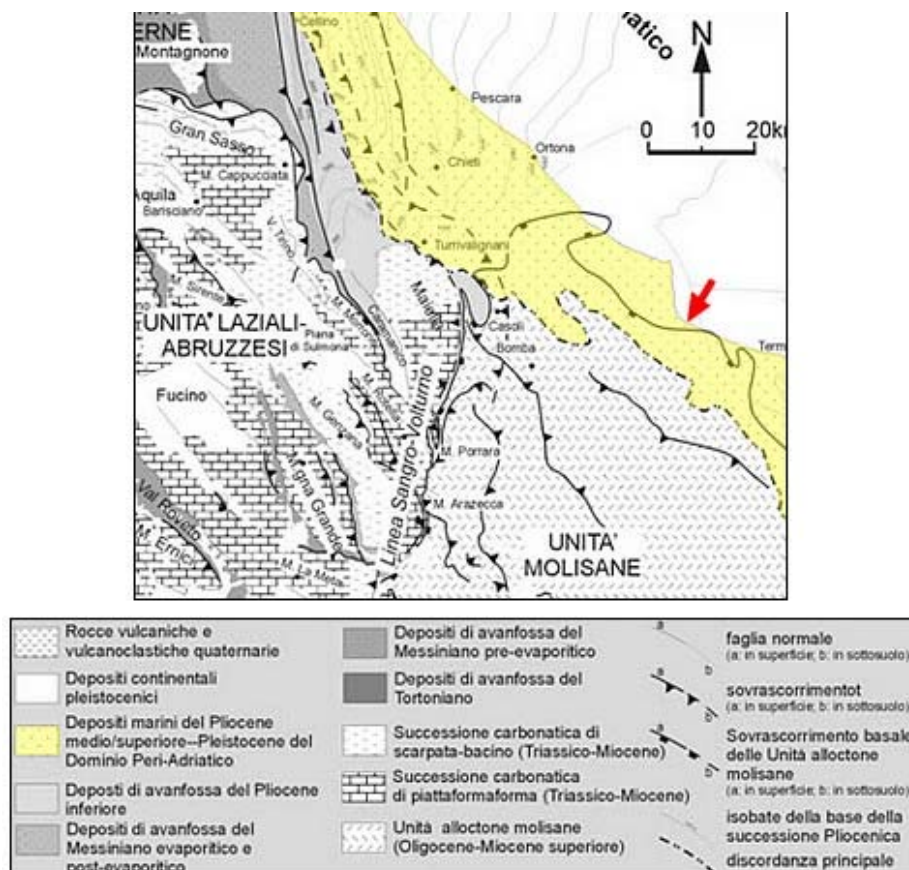


fig 3) Schema strutturale dell'Appennino centrale esterno (da Calamita et Alii, 2004)

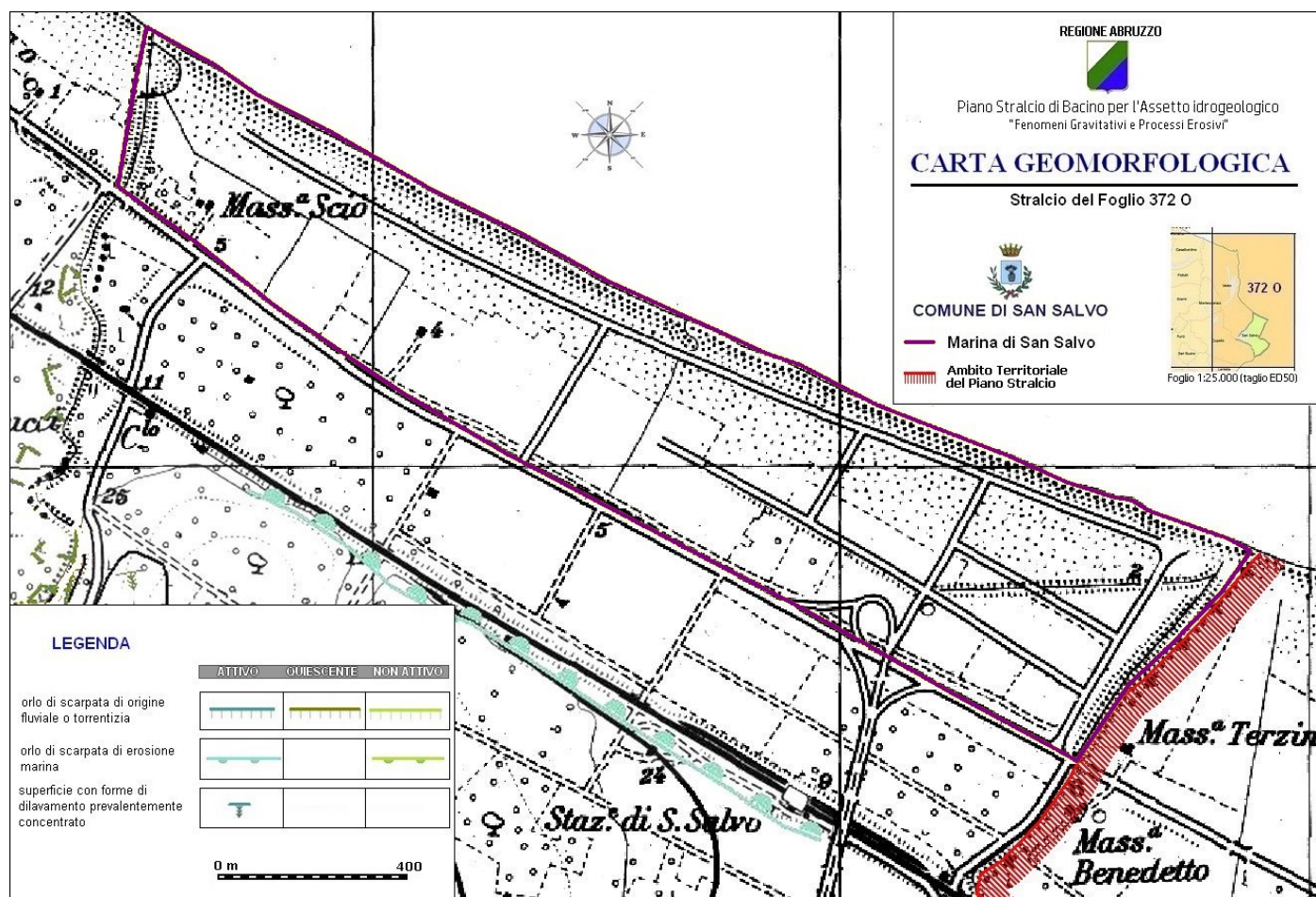
2.2 Inquadramento Geomorfologico

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio rispecchia le caratteristiche geolitologiche delle formazioni affioranti, in quanto l'evoluzione morfodinamica ha selezionato ed esaltato le differenze di erodibilità e conservazione delle stesse. In generale, per quanto riguarda il territorio comunale di San Salvo, ci troviamo in un ambito che può essere definito sistema dei colluvi dei terrazzi che si estendono lungo una direttrice SO-NE e degradano in direzione NE con una pendenza media di circa 1,5%. In questo contesto si hanno pertanto delle ampie spianate sommitali e profili dei pendii abbastanza dolci, fatta eccezione per quelle aree direttamente interessate da incisioni di corsi d'acqua a regime torrentizio (t.n.te Buonanotte, f.sso della Selva) che hanno esasperato le forme a seguito dell'intensa azione erosiva prodotta. Tale sistema è diviso dalla piana alluvionale più recente da scarpate di origine morfologiche.

L'area in studio insiste nel settore costiero sud-orientale della Regione Abruzzo che, rispetto alle aree più interne, è caratterizzato da più bassa energia di rilievo e da minore acclività. In particolare, la costa della Marina di San Salvo, lunga circa 2.60 Km, si trova quasi al centro di un morbido golfo limitato agli estremi dalla così chiamata Punta Penna e dalla Punta di Termoli (Regione Molise). Ricade nella fascia del Medio Adriatico ed analogamente alla maggior parte della restante costa adriatica di versante italiano, si presenta prevalentemente bassa ed a debole inclinazione (le pendenze si accentuano da sud verso nord senza risparmiare la fascia di tre miglia della costa che possiede infatti isobate di 25-100 m nel Basso Adriatico, di 15-25 m nel Medio Adriatico e di 10-15 m nell'Alto Adriatico), sabbiosa di sabbia silicea medio-fine e di colore chiaro.

Non si individuano nei dintorni dell'area significative discontinuità morfologiche, non sono stati evidenziati particolari segni di dissesto e non esistono elementi geomorfologici significativi (quali corpi di frana, instabilità di versante, aree di contatto tra formazioni con caratteristiche litologiche e meccaniche molto differenti). Nell'ambito del P.A.I. (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo) ricade in zona in cui non sono stati rilevati dissesti e la morfologia pianeggiante dell'area fa sì che per quanto concerne la condizione topografica, si identifichi con la categoria T1 delle norme tecniche [D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni], ossia superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$. Di seguito si riporta uno stralcio della Carta Geomorfologica del PAI (Regione Abruzzo – Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico - Autorità dei Bacini di rilievo regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro – foglio 1:25.000 taglio ED50).

2.2.1 Carta Geomorfológica del PAI



2.3 Inquadramento Idrogeologico e Circolazione Idrica

Il sistema Idrografico ed idrogeologico rispecchia la diversità di litologia del territorio, in quanto la densità del reticolo, la forma e l'andamento dei corsi d'acqua sono parametri determinati primariamente dalla natura dei sedimenti che costituiscono le formazioni geologiche. In corrispondenza di formazioni argillose, si osserva una densità piuttosto alta del reticolo idrografico ed una sua evoluzione verso geometrie ramificate, dovuta alla scarsa permeabilità dei terreni. Situazione diversa si riscontra invece nelle aree dei depositi alluvionali clastici che caratterizzano il territorio comunale di San Salvo, la cui permeabilità piuttosto alta determina un deciso calo del numero di corsi d'acqua. Questa permeabilità, sempre legata al grado di cementazione e di porosità dei sedimenti, è condizionata dalla presenza di orizzonti argillosi che si trovano intercalati ai termini a granulometria maggiore, cosa che rende il deflusso variabile sia in verticale sia in orizzontale.

L'idrografia superficiale territoriale è rappresentata da due collettori principali quali il fiume Trigno ed il torrente Buonanotte (la foce del torrente Buonanotte rappresenta il limite nord-occidentale della Marina di San Salvo), rispettivamente a sud-est e nord-ovest dell'area in studio, oltre una serie di fossi affluenti. Tali corsi d'acqua principali hanno un andamento antiappenninico e scorrendo in direzione nord-est, sfociano perpendicolarmente alla costa e sono caratterizzati, nella loro parte

terminale, da un profilo trasversale asimmetrico con terrazzi solo in sinistra idrografica. Quest'ultima caratteristica si osserva facilmente soprattutto lungo il fiume Trigno. Le alluvioni fluviali attuali, sono costituiti prevalentemente da depositi ghiaioso-sabbiosi, con lenti limoso-sabbioso-argillose ed intercalazioni di paleosuoli bruno-nerastri, mentre in prossimità della costa sono presenti depositi sabbiosi di spiaggia recenti e ghiaioso-sabbiosi fluviali, e di elaborazione litorale. Tra questi due collettori si inseriscono sub-parallelamente, lo scolo di bonifica *Marinelle* e il canale denominato "*Formale del Molino*" che delimita il confine meridionale comunale nonché regionale.

La circolazione idrica sotterranea territoriale è riconducibile ad un acquifero rappresentato dai depositi alluvionali e quindi eterogenei, dovuti ad una sedimentazione fluviale rapida e discontinua che ha differenziato e selezionato i litotipi in senso longitudinale, trasversale e verticale. In conseguenza di questi e di altri fenomeni di minore interesse idrogeologico, l'acquifero è caratterizzato dalla giustapposizione di termini litologici di varia granulometria, aggregati in lenti allungate nel senso della corrente che le ha depositate. Ciò si traduce in una circolazione idrica per falde sovrapposte con deflusso dell'acqua nei litotipi a più alta permeabilità relativa. Tuttavia nell'insieme è riconducibile ad un'unica circolazione idrica sotterranea perché si hanno moltissime soluzioni di continuità tra depositi permeabili e quelli meno permeabili oltre agli interscambi verticali dovuti al fenomeno della drenanza. Nell'area della marina comunque, siamo in presenza di un acquifero omogeneo e anisotropo (litotipi incoerenti a granulometria decrescente verso l'alto), la cui superficie di falda è rilevabile ad una profondità variabile tra 1.0-2.0 m dal piano campagna nelle aree più interne rispetto alla spiaggia in senso stretto e risale tra 40-80 cm (localmente si hanno affioramenti anche al piano campagna soprattutto in aree più depresse durante la stagione piovosa).

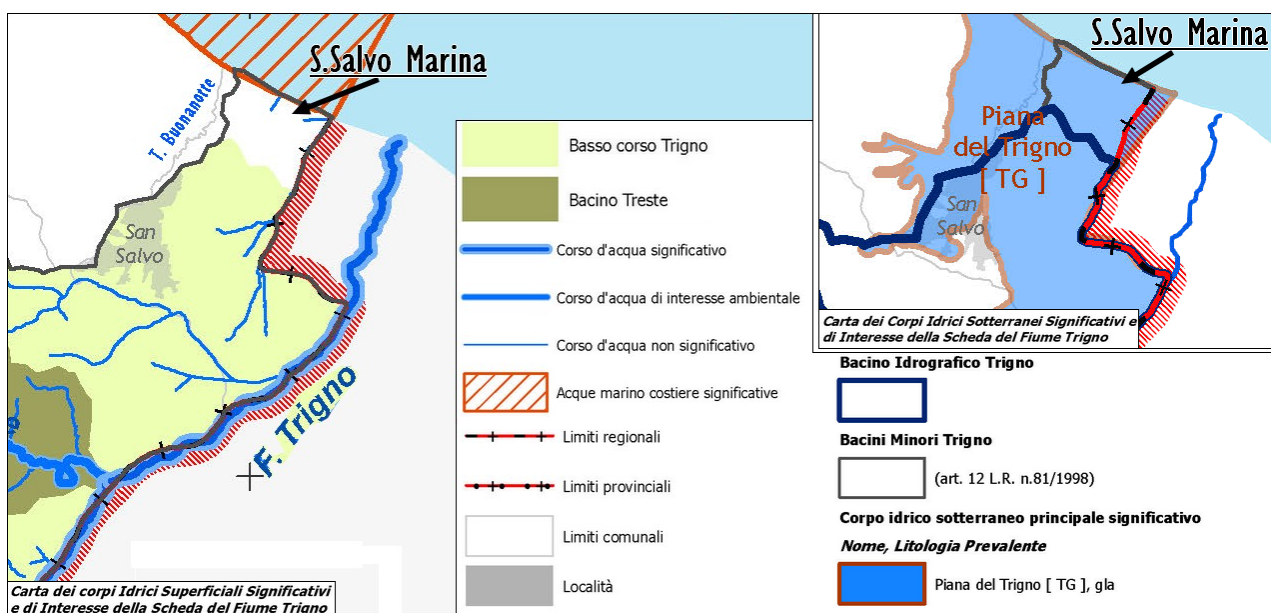


fig 4) Stralcio Schede Monografiche Bacino F.Trigno [(Regione Abruzzo – Piano di Tutela delle Acque (D.L. 03 aprile 2006, n.152 e s.m.i.))]

3.0 CLIMA METEOMARINO

3.1 Ondametria

Il moto ondoso frangente costituisce il principale “motore” del trasporto solido litoraneo nei nostri mari. Lungo i 120 km di costa regionale, vengono eseguite sistematicamente misure direzionali di moto ondoso alla boa ondometrica della Rete Ondometrica Nazionale (RON) posta al largo di Ortona ($42^{\circ}24'02''$ N; $14^{\circ}32'01''$ E). La boa, contraddistinta da un settore di traversia geografico delimitato dal Gargano a SE e dal Conero a NO, è esposta al mare aperto per un settore di traversia compreso tra i 330° e i 110° N. La figura successiva riporta la rosa rappresentativa del clima di moto ondoso medio annuale al largo di Ortona. La rosa ondometrica esprime la distribuzione polare della frequenza di occorrenza degli stati di mare per settori di provenienza delle onde. Per ciascun settore direzionale, la differente colorazione radiale indica la frequenza percentuale di occorrenza delle onde per classi di altezza d'onda significativa.

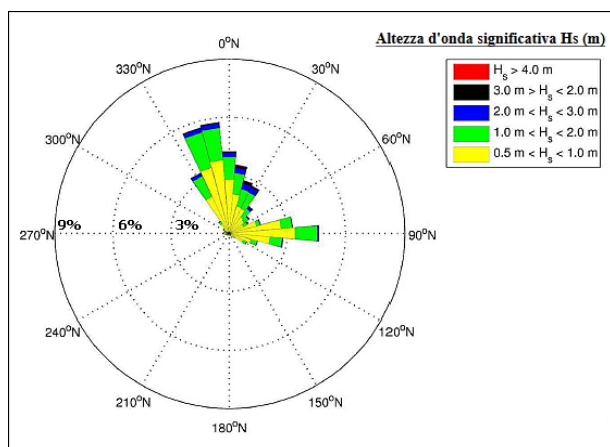


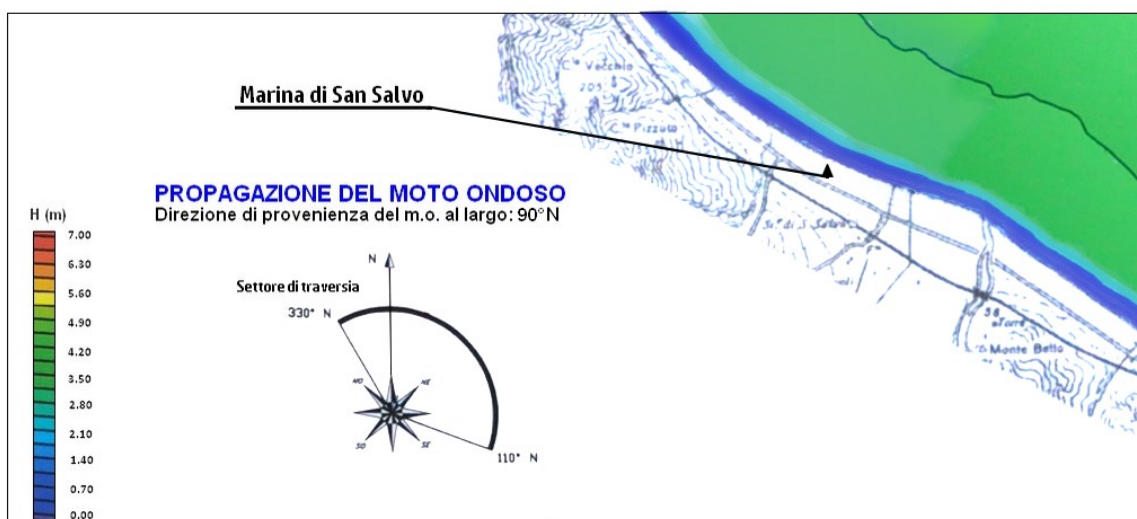
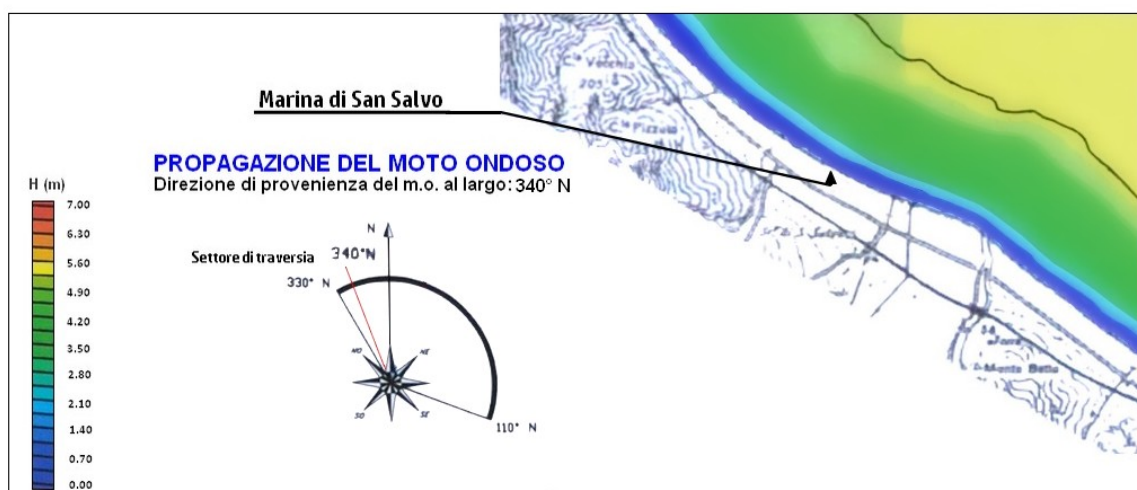
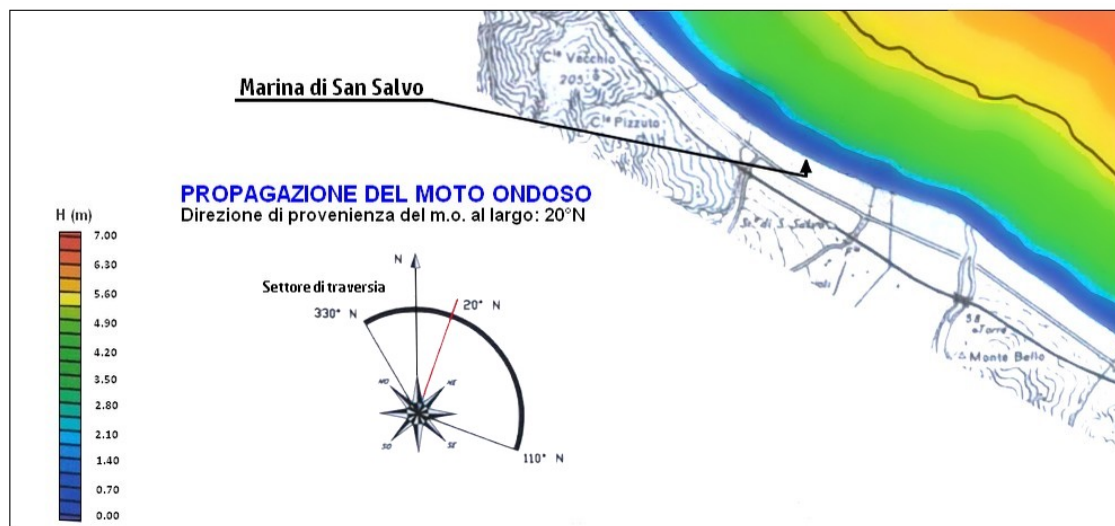
fig 5) clima di moto ondoso medio annuale alla boa di Ortona

Lo studio della dinamica marittima del paraggio della Marina di San Salvo è stato sviluppato da diversi autori in diverso ambito progettuale, tra cui quello di impatto ambientale per il progetto di darsena alla Marina di San Salvo (*Ing. M. Vitellozzi, Ing. G. Marfoli, Dott.ssa C. Guidi, Geol. G. Ciavatta*). Per quanto riguarda il cosiddetto clima ondametrico, i risultati hanno mostrato che in linea generale gli eventi da N-NE sono preponderanti, con un picco di frequenza in corrispondenza delle direzioni 350° N e 340° N. Per quanto riguarda i valori energetici rappresentativi al largo, sono stati ricavati i seguenti dati: $H_{onda} = 0.93\ m$ $Periodo = 5.90\ sec$ $Direzione = 17.80^\circ\ N$ Le mareggiate maggiormente gravose sono risultate quelle provenienti dal mare aperto secondo le seguenti direzioni:

	SETTORE ANGOLARE (gradi N)	DIREZIONI RAPPRESENTATIVE (gradi N)
I	330° - 40°	340° - 20°
II	40° - 110°	90°

Per le variazioni del livello marino dovute alla componente astronomica e barica teorica, nonché ai dati mareografici delle stazioni Ancona ed Ortona, si quantizza: *livello massimo previsto in 50 anni = + 60.0 cm; livello minimo previsto in 50 anni = - 50.0 cm*; a cui si dovrà sommare il fenomeno eustatico di difficile valutazione e ipotizzato tra 20-55 cm.

3.1.1 Carte del Moto ondoso nel paraggio della Marina di San Salvo



Al moto ondoso è dovuto in prevalenza il trasporto del materiale costituente il fondo marino e la variazione morfologica della linea di costa dove il trasporto solido si manifesta maggiormente. Il fondo è irregolare, con presenza di dossi e cavità accentuate dovute all'azione dei frangenti presenti. Il grado di turbolenza è elevato ed il canale che si forma tra la linea dei frangenti e la riva, è sede di correnti longitudinali generate dal frangimento delle onde con incidenza obliqua.

3.2 Erosione Costiera (Variazione della Linea di costa)

L'erosione costiera è il risultato di alterazioni del ciclo dei sedimenti, determinate da cause sia naturali che antropiche. Il ridotto apporto dei sedimenti al mare e l'irrigidimento dei litorali hanno determinato negli ultimi decenni importanti e preoccupanti cambiamenti delle morfologie di spiaggia emersa e sommersa delle coste italiane e la conseguente instabilità degli arenili.

Gli effetti più eclatanti si osservano soprattutto dopo il manifestarsi di mareggiate con conseguente arretramento della linea di riva. Il bilancio delle variazioni della linea di costa è stato effettuato da uno studio del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ponendo a confronto la linea di costa del 1960, quella del 1994 e quella del 2012.

Le elaborazioni derivate definiscono un ordine di grandezza delle superfici e dei tratti costieri che hanno subito arretramento o avanzamento nei tre periodi di osservazione in cui il territorio italiano ha subito forti antropizzazioni e importanti modifiche dell'assetto naturale (1960-1994) e nel periodo successivo in cui sono stati avviate riduzioni delle estrazioni in alveo e i primi ripascimenti artificiali (1994-2012).

Di seguito (*fig. 6 e 7*) si riportano le variazioni della linea di costa che hanno interessato il litorale della marina di San Salvo con la rappresentazione grafica dei tratti in arretramento e avanzamento riferiti ai tre periodi di osservazione [(*Geoportale Nazionale – Progetto Coste (Lo stato delle coste italiane e gli ambiti costieri)*)]. Si osserva che allo “stato attuale” il tratto di litorale verso sud, tra p.zza C. Colombo e il porto turistico “Le Marinelle” è in fase di arretramento, mentre quello verso nord, fino alla foce del T. Buonanotte, è in fase di avanzamento.

3.2.1 Carte del Moto ondoso nel paraggio della Marina di San Salvo



fig 6) Carta della Variazione della linea di costa della Marina di S. Salvo dal 1960 al 2012 [(Geoportale Nazionale – Progetto Coste (Lo stato delle coste italiane e gli ambiti costieri))]

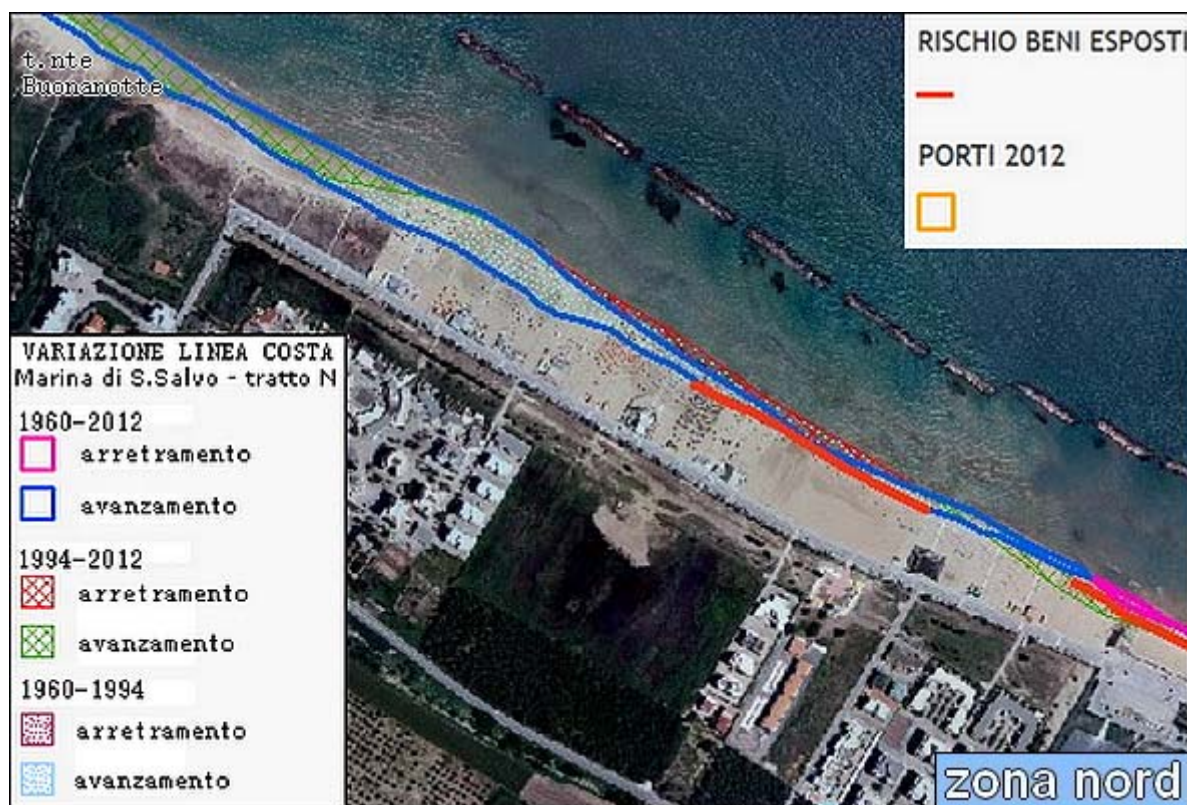


fig 7) Carta della Variazione della linea di costa della Marina di S. Salvo dal 1960 al 2012 [(Geoportale Nazionale – Progetto Coste (Lo stato delle coste italiane e gli ambiti costieri))]

4.0 CARTOGRAFIA E ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

La zona in oggetto rientra nel foglio Est della Carta Geologica d'Abruzzo (Vezzani & Ghisetti, scala 1:100.000), nel Foglio 148 "Vasto" (Servizio Geologico d'Italia, scala 1:100.000), nella Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - Foglio 148 – VASTO (BERGOMI C, VALLETTA M., MALATESTA A. 1968), nel Foglio 372 "Vasto" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (ISPRA – Progetto CARG) e nel Foglio 372o della Carta del P.A.I. (taglio ED50, scala 1:25.000).

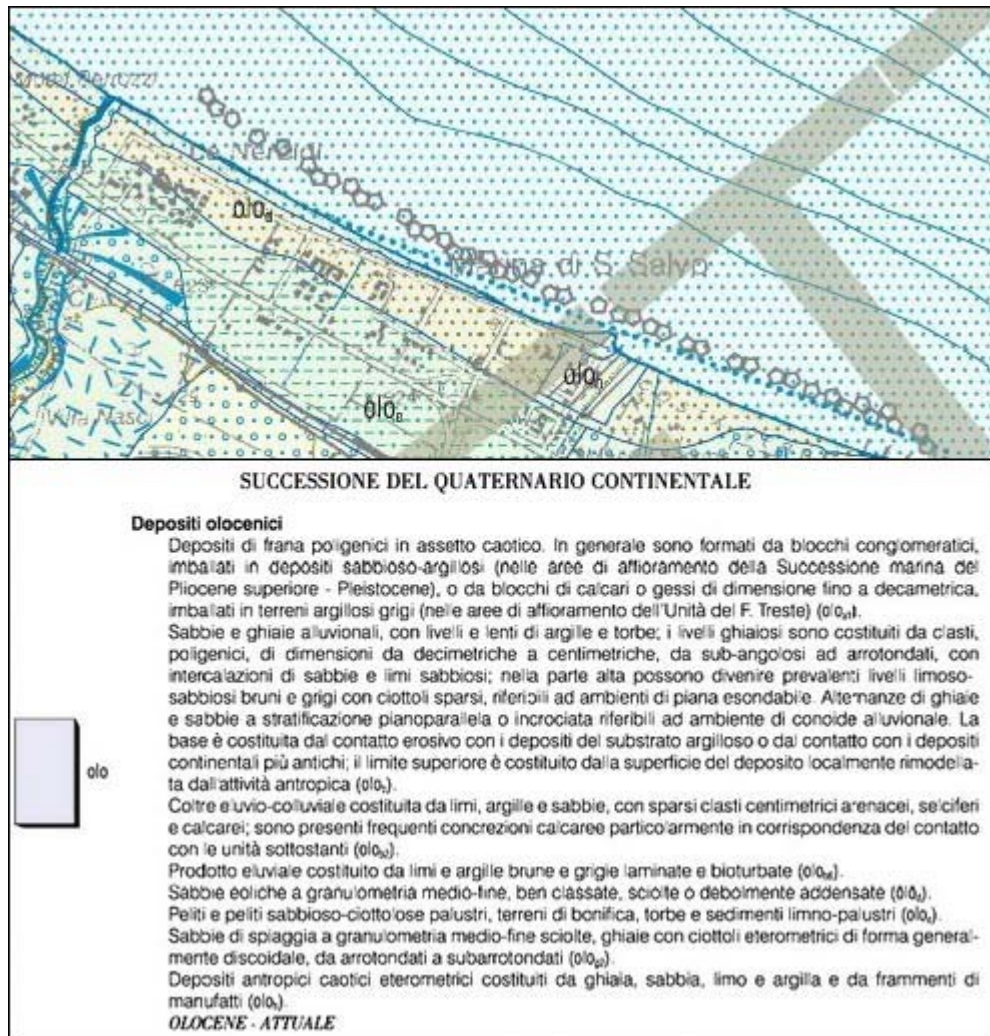


Fig.8) Stralcio nel Foglio 372 "Vasto" (ISPRA – progetto CARG)

4.1 Carta Geolitologica

La Carta Geolitologica riportata in allegati [(Tav. 1 (zona sud), Tav. 2 (zona nord))] è stata elaborata sulla base di rilievi di campagna e delle indagini geognostiche effettuate in situ e nella zona, integrati con le informazioni riportate sulla cartografia ufficiale esistente e nella Carta Geologica-Tecnica allegata allo studio di microzonazione sismica del Comune di San Salvo. Si individuano in particolare le seguenti Formazioni geologiche-stratigrafiche che caratterizzano la zona e le unità litotecniche corrispondenti:

(r) Terreni e materiale antropico.

(s) Depositi della spiaggia attuale, costituiti da sabbie da medio/fini a finissima, sciolte, con resti conchigliari e saltuari livelli di ghiaietto minuto.

(el) Depositi eolici e di elaborazione litorale e/o deltizia costituiti da sabbie da medio-fini-finissime a grossolane di colore dal giallo ocre al grigio sciolte o mediamente addensate passanti a ghiaie eterometriche in clasti da sub-arrotondati a sub-spigolosi, con resti di gusci conchigliari. Localmente sono ricoperti da modesti spessori (< 2 m) di sedimenti eluviali limo-argillosi di colore dal bruno al grigio-avana.

(lp) Peliti e peliti sabbiose-ciottolose palustre e/o di piana costiera, sedimenti limno-palustri e Terreni di bonifica, con locali resti vegetali e conchigliari continentali.

(al) Depositi alluvionali recenti di ghiaie in matrice limo-sabbiosa e sabbie più o meno limose. Le ghiaie sono costituite da clasti poligenici sub-arrotondati e dimensioni da centimetriche a decimetriche. Nella parte alta possono divenire prevalenti sedimenti limosi bruni e/o avana con ciottoli sparsi. La base è in contatto erosivo con il substrato argilloso.

Limi e argille: **Unità litotecniche coesive**

Ghiaie e Sabbie: **Unità litotecniche granulari**

Nota: tali sedimenti passano in profondità alle Argille plio-pleistoceniche (da consistenti a molto consistenti) che rappresentano il substrato locale ("F.ne di Mutignano"), unità litotecniche coesive.

4.1.1 Sezioni Stratigrafiche

Nella Carta Geolitologica sono indicate anche le tracce delle sezioni stratigrafiche A-A' e B-B' di seguito riportate.

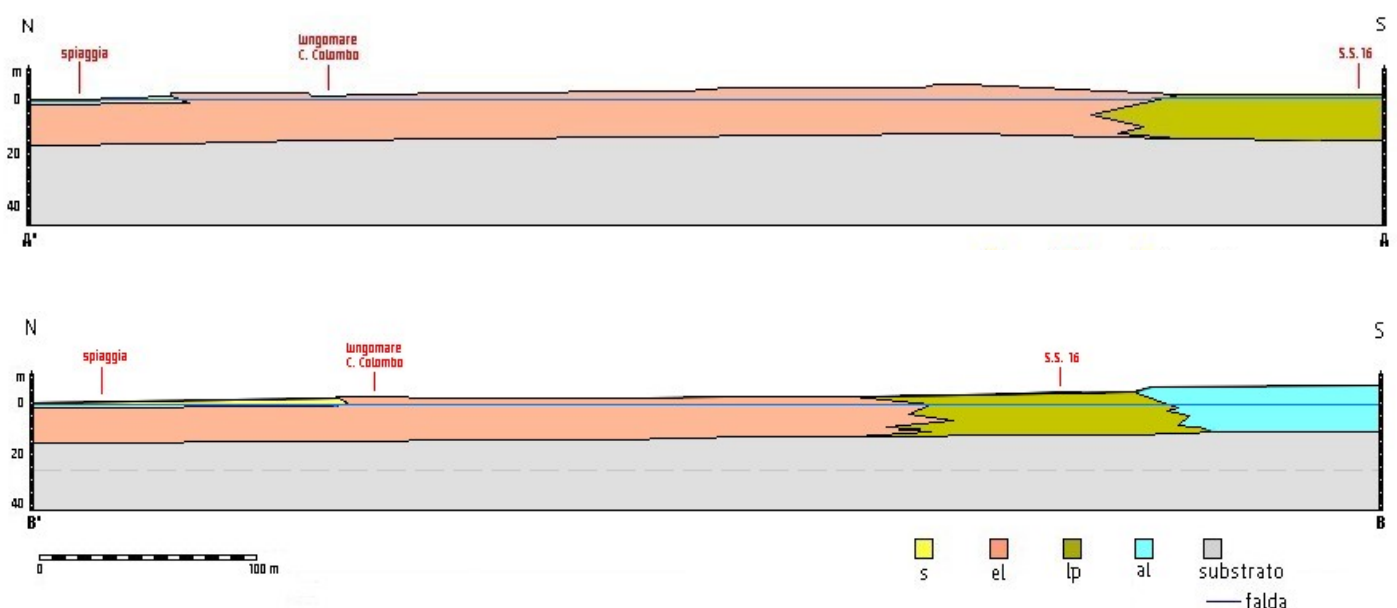






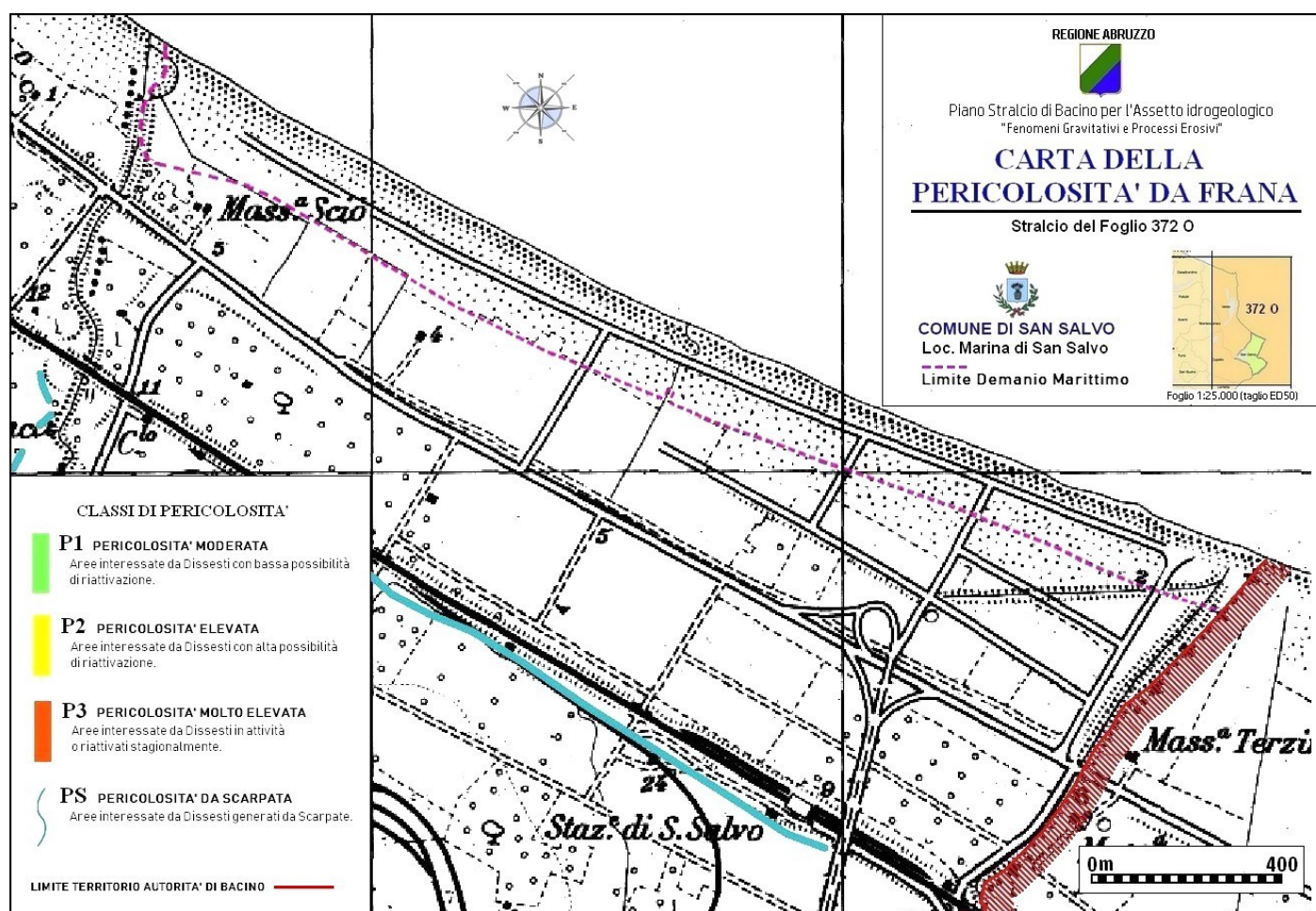
Fig9) Sezioni Stratigrafiche

4.2 Carta della Pericolosità da Frana

La Carta della Pericolosità da Frana del P.A.I. della Regione Abruzzo (*Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto idrogeologico - fenomeni gravitativi e processi erosivi*) riporta la distribuzione geografica delle aree esposte a frane e erosioni. Vi sono definite quattro classi di pericolosità denominate:

- | | |
|---|---|
|  | P3 – Pericolosità molto elevata: aree interessate da dissesti in attività o riattivati stagionalmente; |
|  | P2 – Pericolosità elevata: aree interessate da dissesti con alta possibilità di riattivazione; |
|  | P1 – Pericolosità Moderata: aree interessate da dissesti con bassa possibilità di riattivazione; |
|  | PS – Pericolosità da scarpate: aree interessate da dissesti generati da scarpate; |

L'area oggetto della presente, ricade in zona non interessata dai dissesti.



4.3 Carta del Rischio Idraulico

L'Autorità dei Bacini di Rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro ha disposto, ai sensi dell'art. 17, comma 6-ter della Legge 18.05.1989 n. 183, la redazione del Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni, in attuazione della Direttiva 2007/60/CE Distretto Appennino Centrale UoM-Cod ITR131 e ITI023. In particolare il PSDA individua e perimetrale aree di pericolosità idraulica attraverso la determinazione dei livelli corrispondenti a condizioni di massima piena valutati con i metodi scientifici dell'idraulica. Allo scopo di individuare esclusivamente ambiti e ordini di priorità tra gli interventi di mitigazione del rischio, all'interno delle aree di pericolosità, il PSDA perimetra le aree a rischio idraulico secondo le classi definite dal D.P.C.M. del 29.09.1998. In allegati si riporta la Carta della pericolosità e Rischio Idraulico per l'area della Marina di San Salvo, in cui non si evidenziano situazioni di rischio [(fonte: geoportale.regione.abruzzo.it/cartanet: pianificazione e vincoli (PSDA pericolosità, PSDA rischio)].

5.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOFISICA

5.1 Carta delle Indagini geognostiche e Geofisiche

Ai fini della modellazione geologica e caratterizzazione del sottosuolo della zona in oggetto, sono state prese in considerazione indagini geognostiche e sismiche pregresse eseguite sulla spiaggia e nell'area della marina, in diverso ambito progettuale (privato e pubblico) ed in particolare *N°9 Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo*, *N°4 Prove Penetrometriche Dinamiche superpesanti*, *N°1 Prove Penetrometriche Statiche*, *N°2 Prospezioni Sismiche MASW (Multichannel Analysis Surface Waves)*, *N°1 prospezioni Sismiche HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)*. Ubicazione e dettagli sono riportati nella Carta delle Indagini allegata alla presente, in cui si riportano con diverse simbologie la tipologia delle stesse.

5.2 Stratigrafia dell'Area

La caratterizzazione stratigrafica è stata fatta dai sondaggi pregressi eseguiti, che hanno permesso l'identificazione dei litotipi presenti nel sottosuolo dell'area. Le perforazioni sono state eseguite con il sistema a rotazione con carotiere semplice \varnothing 101 mm e tubo di rivestimento per il tratto in falda. La descrizione stratigrafica dei termini rinvenuti durante le operazioni di perforazione è stata effettuata in maniera tale da mettere in evidenza i seguenti caratteri:

- *composizione granulometrica;*
- *colore dominante ed eventuali screziature di ciascun litotipo;*
- *consistenza dei terreni coesivi e semicoesivi, valutata con il pocket penetrometer;*
- *grado di arrotondamento e diametro dei clasti a granulometria grossolana;*
- *grado di alterazione;*
- *presenza di materiale di origine organica, riporti, ecc.;*

a) FASCIA DEL LITORALE

Sabbie in prevalenza da medio-fini a grossolane di colore dal giallo ocra al grigio, sciolte o mediamente addensate, con resti di gusci conchigliari. Saltuariamente e a diverse profondità si rinvencono livelli sabbioso-limosi e intercalazioni ghiaiose minute. Lo spessore complessivo è di circa 10-11 m. Livello d'acqua a profondità variabile tra 0,40-0,80 m.

Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa fine di colore avana chiaro, ben addensate, in clasti da sub-arrotondati a sub-spigolosi. Passano in profondità (> 15 m) alle argille pilo-pleistoceniche. Sature.

.a) FASCIA INTERNA AL LITORALE

Terreni di riporto e/o sedimenti limo-argillosi e/o sabbiosi di colore dal bruno all'avana, con tracce unifere nerastre. Lo spessore varia all'incirca tra 1.00-2.40 m.

Sabbie in prevalenza da medio-fini a grossolane di colore dal giallo ocra al grigio, sciolte o mediamente addensate, con resti di gusci conchigliari. Saltuariamente e a diverse profondità si rinvencono livelli sabbioso-limosi e intercalazioni ghiaiose minute. Si rinvencono fino alla profondità compresa all'incirca tra 9-11 m dal piano campagna. Al tetto si rinviene il livello d'acqua.

Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa fine di colore avana chiaro, ben addensate, in clasti da sub-arrotondati a sub-spigolosi. Lo spessore varia all'incirca tra 1.60 – 5.00 m. Sature.

Argille limose grigio-azzurre del substrato.

**5.3 Caratteristiche sedimentologiche della spiaggia**

Da campionature effettuate in sito in diverso ambito progettuale (Abruzzo - ARTA Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente) e dalla bibliografia disponibile, il diametro medio D50 della spiaggia emersa e sommersa in prossimità della battigia, è individuato in 0.25 mm. Andando verso il largo il diametro medio diminuisce ed intorno a – 5.0 m i sedimenti hanno un D50 compreso tra 0.18 e 0.13 mm; tale fascia ha un'estensione piuttosto costante ed un andamento parallelo alla costa. Essa non subisce sostanziali variazioni in prossimità delle foci fluviali. Ciò è dovuto al fatto che l'attuale apporto fluviale di materiale grossolano è tale da non influire in maniera evidente sul diametro medio dei fondali sottocosta.

5.4 Caratteri Idrologici dei sedimenti

VALORI INDICATIVI DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ K PER VARI TERRENI

K (m/s)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
DRENAGGIO	BUONO					POVERO			IMPERMEABILE			
	Ghiaia pulita		Sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			Sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			Terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
					Terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo							

CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI SULLA BASE DELLA PERMEABILITÀ

GRADO DI PERMEABILITÀ'	K (m/s)
Alto	$> 10^{-3}$
Medio	$10^{-3} - 10^{-5}$
Basso	$10^{-5} - 10^{-7}$
Molto Basso	$10^{-7} - 10^{-9}$
Impermeabile	$< 10^{-9}$

GRADO DI PERMEABILITÀ' INDICATIVO DEI SEDIMENTI DELL'AREA

LITOTIPO	K (m/s)	GRADO PERMEABILITÀ'
I) limi argillosi superficiali più o meno alterati	$10^{-9} < K \leq 10^{-5}$	Basso/Molto Basso
II) Sabbie e Ghiaie	$10^{-5} \leq K \leq 10^{-2}$	Alto/Medio
III) Argille azzurre del substrato	$K \leq 10^{-9}$	Impermeabile

5.5 Proprietà Geotecniche dei sedimenti

Al fine di valutare le caratteristiche di resistenza e compressibilità dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area in oggetto, sono stati rielaborati i risultati di n° 4 prove penetrometriche dinamiche (SCPT) e n°1 prove penetrometriche statiche (CPT), pregresse, eseguite in situ con penetrometro TG63 Pagani che presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

CARATTERISTICHE TECNICHE-STRUMENTALI SONDA

Prove SCPT		Prove CPT	
<i>Peso Massa battente</i>	73 Kg	<i>Diametro Punta conica meccanica</i>	35,7 mm
<i>Altezza di caduta libera</i>	0,75 m	<i>Angolo di apertura punta</i>	60°
<i>Diametro punta conica</i>	50,46 mm	<i>Area punta</i>	10 cm ²
<i>Area di base punta</i>	20,43 cm ²	<i>Superficie manicotto</i>	150 cm ²
<i>Lunghezza delle aste</i>	1,5 m	<i>Passo letture (cm)</i>	20
<i>Avanzamento punta</i>	0,30 m	<i>Costante di trasformazione Ct</i>	10
<i>Numero colpi per punta</i>	N (30)		
<i>Coeff. Correlazione</i>	1,15		

Di seguito si riportano gli istogrammi di resistenza ottenuti dall'elaborazione dei dati rilevati nei punti di indagine riportati nella Carta delle Indagini allegata alla presente.

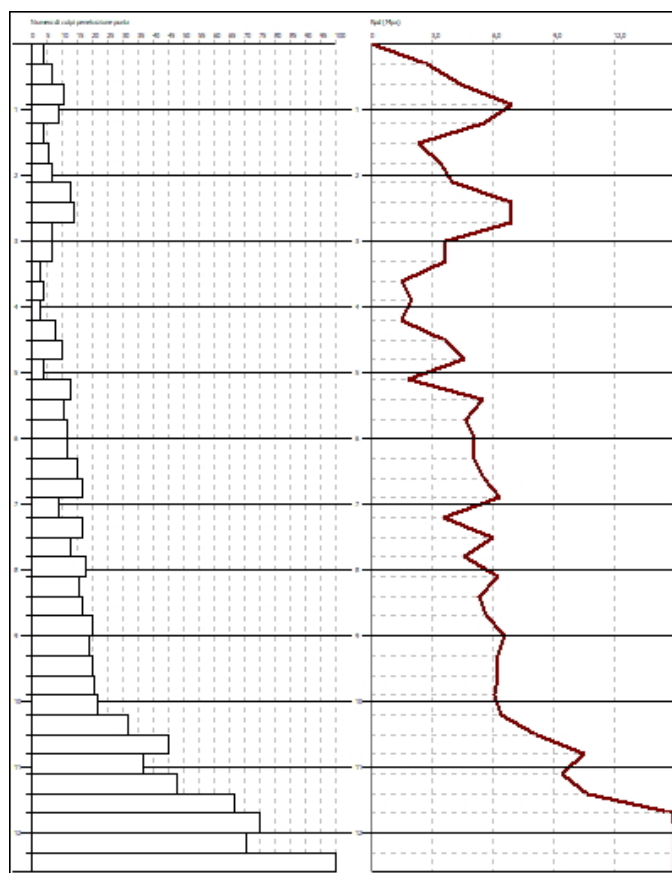


Fig.11) Istogramma Prova Penetrometrica Dinamica dp1

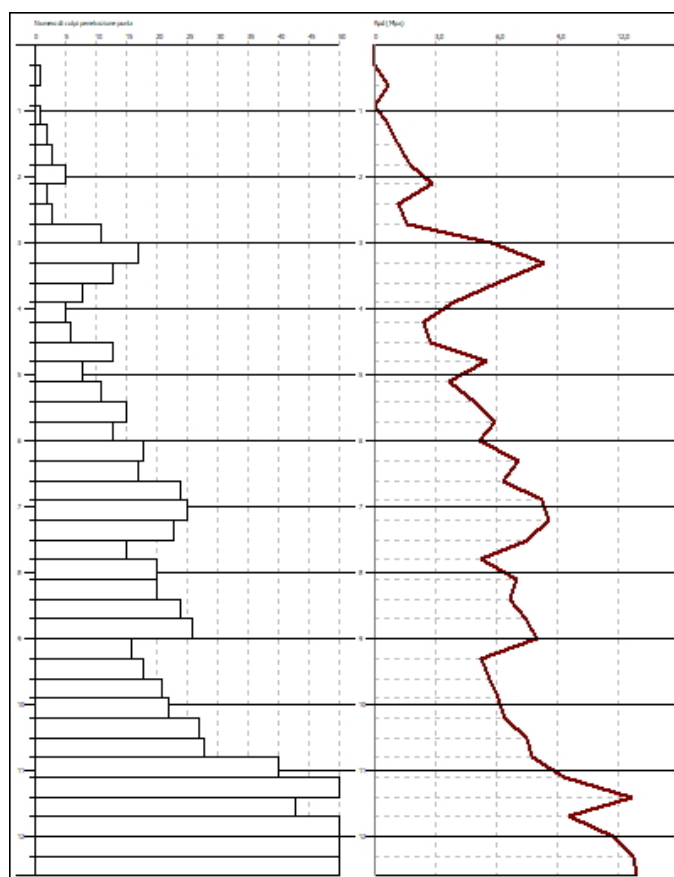


Fig.12) Istogramma Prova Penetrometrica Dinamica dp2

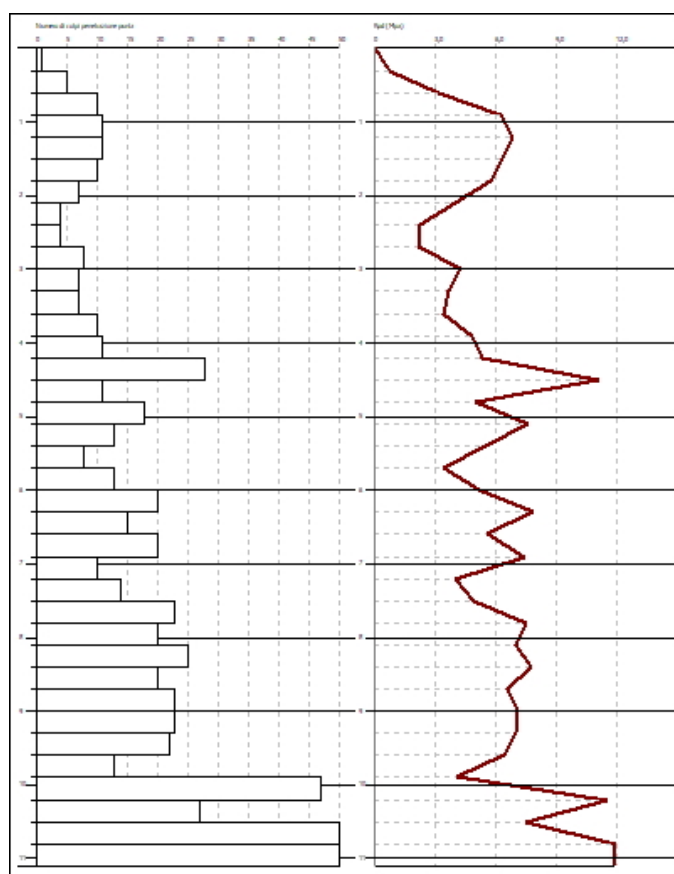


Fig.13) Istogramma Prova Penetrometrica Dinamica dp3

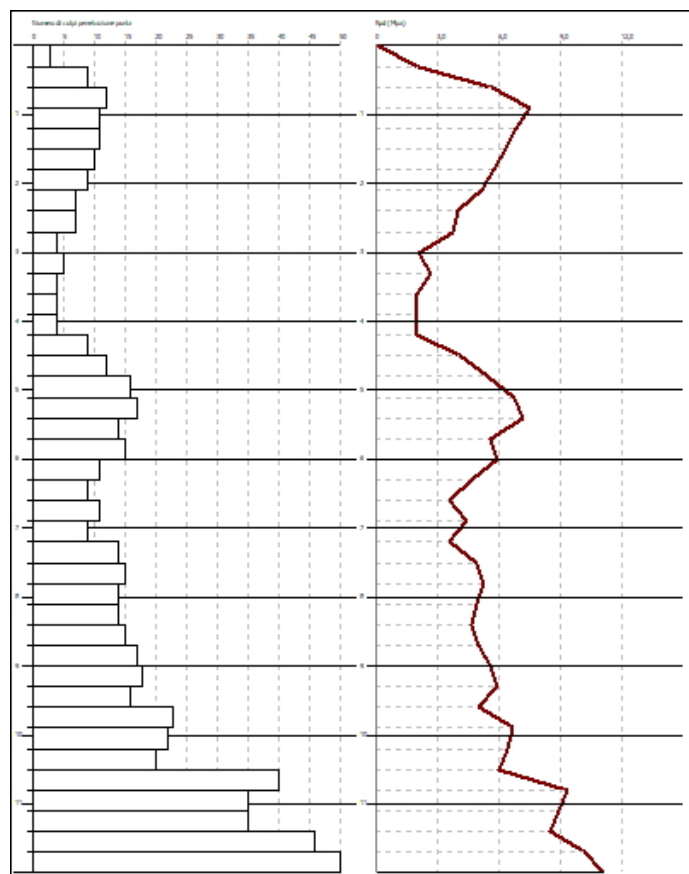


Fig.14) Istogramma Prova Penetrometrica Dinamica dp4

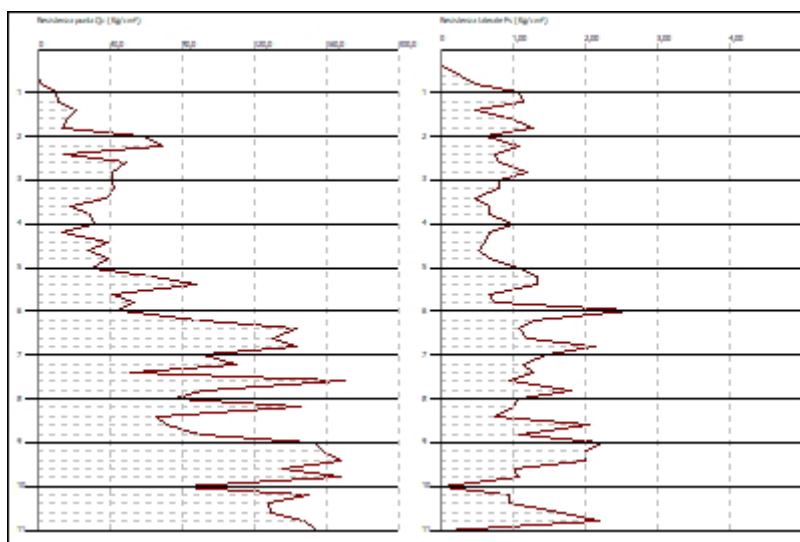


Fig.15) Istogramma Prova Penetrometrica Statica sp1

5.6 Valori caratteristici dei litotipi

Per quanto riguarda i parametri geotecnici dei terreni del sottosuolo, le nuove N.T.C. indicano di rappresentare la resistenza e le azioni con valori caratteristici degli stessi. Nella determinazione dei valori caratteristici appare giustificato il riferimento ai valori medi quando nello stato limite è coinvolto un elevato volume di terreno con possibili compensazioni delle eterogeneità (terreno di sedime di fondazioni superficiali, pali per la portata laterale, pendii e fronti di scavo, opere di

contenimento di notevole altezza, struttura rigida) o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Valori caratteristici più prossimi a quelli minimi, appaiono invece giustificati nel caso invece siano coinvolti modesti o piccoli volumi di terreno (base di un palo, plinti e travi non collegati, fronti di scavo di modesta ampiezza e muri di H contenuti, verifica a scorrimento di un muro, struttura con insufficiente rigidità). La scelta dei valori caratteristici prossimi a quelli minimi può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni (esempio: effetto della discontinuità sul valore operativo della coesione non drenata). Nelle indicazioni degli Eurocodici invece, il valore caratteristico è inteso come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite, ossia di una determinata superficie di rottura. Una stima consiste quindi nel 5° percentile della distribuzione della media.

VALORE CARATTERISTICO:

$$(EC7): X_k = X_m (1 + \xi \cdot CV_x)$$

X_k = valore caratteristico

X_m = valore medio

ξ = parametro dipendente dalla legge di distribuzione (l'Eurocodice 7 fissa, per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di $\xi = -1,645$). CV_x = coefficiente di variazione di X

$$\text{Approccio Bayesano (Cherubini e Orr (1999)): } X_k = X_m (1 - (CV_x)/2)$$

X_k = valore caratteristico

X_m = valore medio

CV_x = coefficiente di variazione di X

A partire dai dati ottenuti in situ, sono stati stimati, tramite il programma Dynamic Probing e Static Probing della Geostru, i parametri geotecnici dei sedimenti al disotto dei punti d'indagine. La relazione illustrativa e i valori tabellati sono riportati in allegati. Nelle tabelle successive si riportano le stime di alcuni parametri medi dei litotipi presenti nel sottosuolo dell'area.

LITOTIPI	Ed (MPa)	ϕ' (°)	Cu (KPa)	MY (MPa)	Y (T/m³)	Y _{sat} (T/m³)	STATO DI ADDENSAMENTO
Terreni limo argillosi superficiali	1,7 – 4,5	16 - 20	0 - 11	---	1,60 – 1,80	1,85 – 2,00	poco consistente
Sabbie	6,5 - 10	27 - 32	0	5 - 12	1,65 – 1,70	1,90 - 2,00	Da sciolte a Moderatamente addensate
Ghiaie sabbiose	25 - 50	35 - 40	0	35 - 63	1,80 – 1,85	2,00 – 2,10	Da Moderatamente addensate a molto addensate

ϕ' (°) = angolo d'attrito efficace Cu (KPa) = coesione non drenata MY (MPa) = modulo di Young Ed (MPa) = modulo edometrico

Y_{sat} (T/m³) = peso di volume saturo Y (T/m³) = peso di volume

(1KPa \approx 0,01 Kg/cm²).

Le Argille che caratterizzano il substrato locale sono in prevalenza Argille plio-pleistoceniche più o meno limose, di colore grigio-azzurro, sovraconsolidate e in genere impermeabili. Complessivamente, tali terreni possono essere classificati come “argille di medio-alta plasticità”. Il grado di saturazione S_r è generalmente prossimo all'unità (0.95- 1.0), il peso di volume secco varia da 15 a 18 kN/m³, mentre il peso di volume naturale varia da 19 a 21 kN/m³. Tutti i depositi plio-pleistocenici mostrano chiaramente di essere stati sovraconsolidati per carico; *Esu e Martinetti* (1965) hanno trovato valori del carico di preconsolidazione di circa 1.000-1.200 kPa per le argille pleistoceniche e superiori a 2.000 kPa per quelle plioceniche; risultati analoghi sono stati ottenuti da *Colleselli e Colosimo* (1977). Al riguardo si fa presente che, per campioni superficiali, sono state osservate pressioni inferiori a 1.000 kPa attribuibili a fenomeni di “softening”. *Esu e Martinetti* hanno trovato che la resistenza non drenata tende ad aumentare con la profondità nello strato superficiale allentato e rammollito (cioè fino a 10- 15 m), rimanendo poi all'incirca costante, con valori della resistenza sempre superiore a 100 kPa. La resistenza non drenata tende inoltre a diminuire, per la medesima ragione, in prossimità dei fronti di scavo. Alla coesione non drenata (C_u) possono pertanto essere attribuiti i seguenti valori estremi: C_u = 50- 250 kPa con i valori più bassi relativi ai terreni più superficiali e quelli più elevati relativi al substrato inalterato. Le risultanze di prove penetrometriche (CPT) pregresse eseguite sul territorio comunale di San Salvo sugli stessi litotipi, indicano valori di C_u compresi tra 100-180 Kpa. In condizioni drenate, in base ai numerosi risultati di prove di laboratorio pubblicati da *Esu e Martinetti* le argille plio-pleistoceniche presentano i seguenti parametri di resistenza: angolo d'attrito: $\phi' = 24-30^\circ$ coesione intercetta: $c' = 50-60$ kPa coefficiente di compressibilità $C_c = 0.04 - 0.15$.

L'alto valore della coesione intercetta trova riscontro solo nella presenza di legami di tipo cementizio e comunque solo in esami su campioni molto profondi (≥ 30 m) [(*caratteristiche tecniche delle argille plio-pleistoceniche della fascia costiera adriatica tra Rimini e Vasto* (F. Esu – S. Martinetti)]. Indagini di laboratorio sugli stessi litotipi a profondità inferiori e/o limitate, hanno dato valori sempre inferiori compresi tra 10-25 Kpa. Mediamente è da considerare in fase di progettazione una coesione intercetta $c' = 15$ kPa.

5.7 Modello geologico

L'elaborazione dei dati ottenuti da prove penetrometriche consentono in prima analisi di definire le litologie attraversate dall'indagine. Dal confronto con la stratigrafia della zona, si è potuto rapportare i valori ottenuti, con i litotipi presenti nel sottosuolo per una caratterizzazione degli stessi. Da quanto emerso, è possibile definire un modello geologico dell'area in oggetto caratterizzato da due orizzonti litotecnici a comportamento prevalentemente incoerente.

I) quello superiore, costituito prevalentemente da litotipi sabbiosi medio/fini da sciolti a mediamente addensati, in cui si intercalano localmente strati sabbiosi/limosi poco consistenti di modestissimo spessore (come evidenziato dai picchi poco pronunciati dell'istogramma di resistenza).

II) quello inferiore, caratterizzato da valori di resistenza maggiori e da picchi dell'istogramma molto pronunciati, in rapporto ad un maggiore addensamento dei depositi sabbiosi, fino all'orizzonte ghiaioso addensato dove si è avuto un notevole sbalzo in avanti della curva e il rifiuto all'avanzamento della punta del penetrometro.

Tali orizzonti litologici passano in profondità alla F.ne delle Argille plio-pleistoceniche che rappresentano il "substrato locale".

6.0 MODELLAZIONE SISMICA

6.1 Sismicità dei luoghi

Il territorio comunale di San Salvo risulta esterno alle province sismotettoniche, riportate nello "Studio della Pericolosità Sismica dell'Abruzzo" (LAVECCHIA ET AL., 2006), definite come ampi domini strutturali, omogenei in termini di tettonica attiva, come pure risulta esterno, alla fascia della sorgente sismogenetica DISS ITCS059 Tocco da Casauria – Tremiti del progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) dell'INGV. Questa sorgente composita si estende dal settore della catena del Gran Sasso confinante con il Massiccio della Maiella ad ovest sino alle Isole Tremiti ad Est, attraverso l'alta regione Vastese, ed appartiene al sistema trascorrente destro che interessa l'Adriatico centrale e meridionale. Alla sorgente è associata una magnitudo massima 6 Mw.

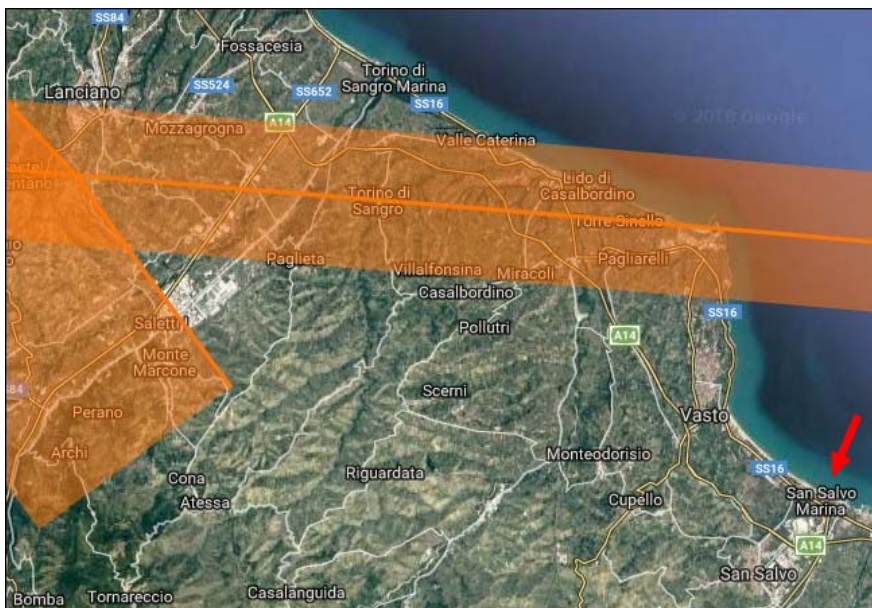


Fig.16) sorgente sismogenetica DISS ITCS059 Tocco da Casauria – Tremiti del progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) dell'INGV.

Dalla tabella della lista dei terremoti che hanno interessato la zona, si può comprendere quella che è stata la storia sismica del territorio di San Salvo (CH), evidenziando i terremoti con le intensità maggiori.

Storia Sismica di San Salvo (CH)

PlaceID IT_58112 Numero di eventi: 15										
Int	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AREA EPICENTRALE	NMDP	Io	Mw
4	1873	03	12	20	04		Appennino Marchigiano	196	8	5.85
3	1893	08	10	20	52		Gargano	69	8	5.39
5-6	1895	08	09	17	38	2	Adriatico centrale	103	6	5.11
5	1933	09	26	03	33	2	Maiella	325	9	5.90
5	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
5	1984	05	07	17	49		Monti della Meta	912	8	5.86
NF	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
5	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
5	2002	11	12	09	27	4	Molise	174	5-6	4.57
3-4	2003	01	27	04	03	4	Molise	60	5	3.84
3-4	2003	03	29	17	42	1	Adriatico centrale	68		5.43
NF	2005	03	01	05	41	3	Molise	136	4	3.68
3-4	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64
NF	2006	10	04	17	34	2	Adriatico centrale	98	4-5	4.30

fig 17) eventi sismici storici in occasione dei terremoti in varie località. *Is*: intensità al sito; *NMDP*: numero di osservazioni macroscopiche del terremoto; *Io*: intensità massima (MCS); *Mw*: magnitudo momento [Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). Dbmi15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>]

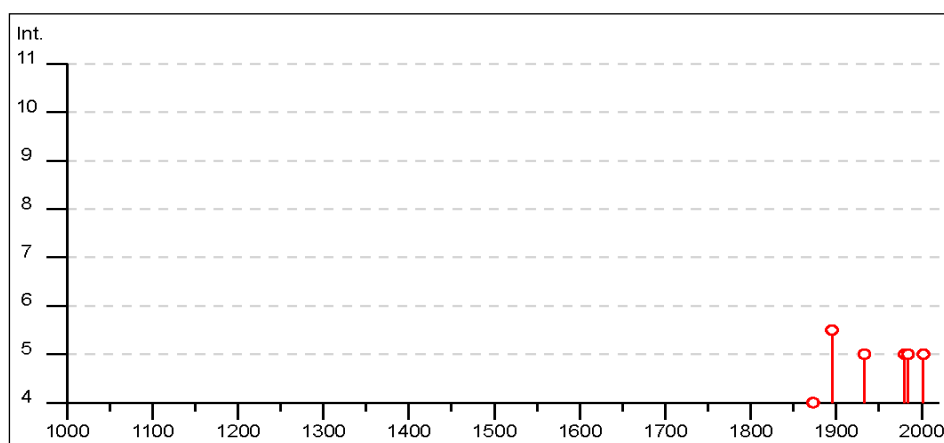


fig. 18) Grafico Intensità (*Is*) – tempo

Per il Comune di San Salvo sono stati riportati 15 eventi dal 1873 al 2006 nel database macrosismico Italiano DBMI15 dell'I.N.G.V. L'intensità macrosismica massima osservata nel passato è attribuita al terremoto dell'Adriatico centrale nel 1895, della Maiella avvenuto nel 1933, dei Monti della Meta nel 1984, del Molise nel 2002.

6.2 Pericolosità sismica di base

Secondo quanto riportato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto di diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito in condizioni ideali.

La Pericolosità Sismica di Base serve a definire il terremoto di riferimento, ossia l'evento sismico che ci si attende in una determinata area in un certo intervallo di tempo. La pericolosità varia in funzione dei tempi di ritorno attesi per un fenomeno ed è estremamente elevata per fenomeni ricorrenti con tempi bassi o con fenomeni potenzialmente distruttivi: assume una notevole importanza per la predisposizione delle misure atte a mitigare l'effetto atteso sulle strutture. Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, che è funzione dell'assetto strutturale dell'area e della distanza dalle principali zone sismogenetiche, è necessario conoscere quali possano essere gli effetti cosismici che accompagnano l'evento naturale e, tra questi, la reazione del terreno in termini di amplificazione/smorzamento dell'onda sismica e la perdita o la modificazione delle sue caratteristiche statiche di resistenza. In un generico sito la pericolosità di base deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente e dalla morfologia della superficie (risposta sismica locale). Attualmente si tende ad analizzare preventivamente un territorio al fine di discretizzarlo in areali in cui le condizioni strutturali e litostratigrafiche sono tali da far attendere un comportamento, nei confronti dell'ampiezza dell'onda sismica, omogeneo in termini di amplificazione o di smorzamento. Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

In particolare, il parametro di pericolosità utilizzato è l'accelerazione orizzontale massima al suolo a_g , ossia quella relativa al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10%. Secondo la più recente normativa sismica, il territorio nazionale è suddiviso in quattro zone sismiche:

Zona 1 – territori dove possono verificarsi forti terremoti

Zona 2 – possono verificarsi terremoti abbastanza forti

Zona 3 – territori soggetti a scuotimenti modesti

Zona 4 – territori soggetti a bassa sismicità con lievi risentimenti.

A ciascuna zona viene attribuito un valore di azione sismica utile in chiave di progettazione, valore espresso da un intervallo accelerazione massima (a_g) su suolo rigido (bedrock o suolo rigido con $V_s > 800$ m/s), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona 1) $a_g < 0.25$

Zona 2) $0.15 < a_g \leq 0.25$

Zona 3) $0.05 < a_g \leq 0.25$

Zona 4) $a_g \leq 0.05$

Nel caso specifico il Comune di San Salvo rientra in zona 3 di bassa pericolosità sismica.

Codice ISTAT 2001	Denominazione	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi dell'OPCM 3274 (2003)	Classificazione sismica comuni italiani (2014)
13069083	San Salvo	N.C.	III	3	3

Fonte: INGV Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia

fig. 19) Classificazione sismica dei Comuni Italiani 2015 (protezionecivile.gov.it).

Più dettagliatamente la pericolosità sismica nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, e il territorio comunale di San Salvo presenta valori di accelerazione di picco orizzontali del suolo compreso tra $0.075 < a_g < 0.125$.

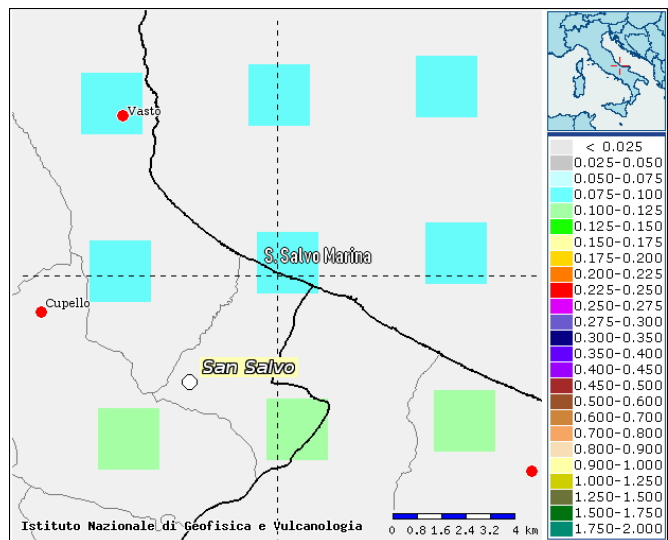


Fig 20) Mappa dello scuotimento atteso in termini di accelerazione con tempo di ritorno di 50 anni e probabilità di eccedenza del 10%. (accelerazione massima del suolo come definita dall'OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che internazionalmente è chiamata PGA). (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>). Per San Salvo i valori attesi sono compresi tra 0.075 e 0.125, per l'area in oggetto tra 0.075 e 0.100.

Questo dato di accelerazione, non considera tuttavia che nel caso si verifichi un evento

sismico, si possono avere degli effetti di amplificazione locale del terremoto dovuti alle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche dei terreni che vengono attraversati dalle onde sismiche; inoltre, lo stesso dato, non considera gli eventi come ad esempio i fenomeni di liquefazione oppure quelli di frana, ecc.

6.3 Caratterizzazione Sismica Locale

L'entità delle vibrazioni della parte superficiale del terreno causate dal moto sismico, dipende da fattori quali magnitudo, tipologia di faglia, distanza dall'epicentro e da come le onde si trasmettono attraversando le varie tipologie di terreni con amplificazione e smorzamento. Per la stima della magnitudo massima attesa, non ricadendo il sito all'interno di una delle 36 zone sismogenetiche ZS9 (*Gruppo di Lavoro MPS, Marzo 2004 - INGV*), si è proceduto con il metodo della disaggregazione della magnitudo. La disaggregazione consente di definire il contributo alla pericolosità di un sito di diverse sorgenti sismogenetiche a distanza D capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-D fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza D dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Per il sito in oggetto sono stati ottenuti i valori riportati nelle tabelle successive.

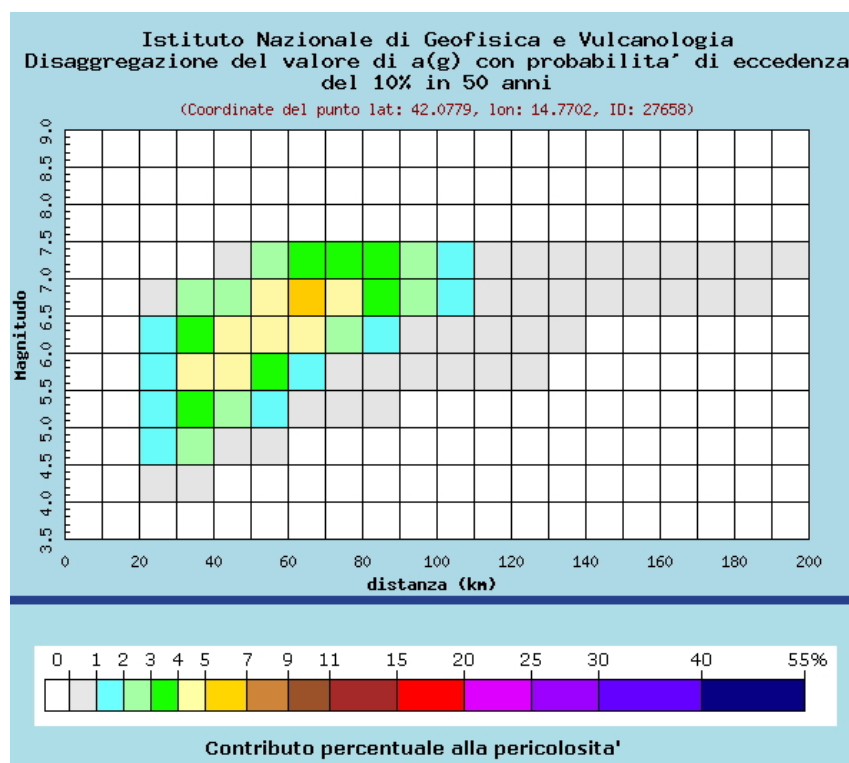


fig 21) Grafico di disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni in termini di distanza epicentrale (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>)

Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.0779, lon: 14.7702, ID: 27658)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.291	1.210	1.550	1.470	1.090	0.653	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.173	2.040	3.810	4.440	3.790	2.180	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.535	2.650	4.170	4.210	2.360	0.127	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.014	1.050	3.330	4.890	4.920	2.530	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.162	1.890	4.030	5.420	3.970	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.010	0.752	2.640	4.300	3.680	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.001	0.221	1.660	3.300	3.120	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038	0.838	2.130	2.010	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.348	1.290	1.210	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.112	0.688	0.639	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.420	0.409	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.251	0.274	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.128	0.187	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.059	0.125	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.082	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.035	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.017	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.340	60.800	1.720

Fig.22) Dati tabellari di disaggregazione del valore di a_g distanza epicentrale (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>)

Il moto sismico alla superficie di un sito, si rappresenta con lo spettro di risposta, considerando i fenomeni di amplificazione che si verificano durante il trasferimento di energia dal bedrock al piano campagna attraverso le tipologie di terreni superficiali. Come gi  detto, le forme spettrali sono definite in funzione dei valori di tre parametri:

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno.

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocit  costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali valori riferiti al sito di progetto, vengono calcolati ai nodi di un reticolo di riferimento (<http://esse1.mi.ingv.it> e tabella 1 in allegato alle NTC). Per un qualunque altro punto del territorio nazionale non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei suddetti parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto, possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti dagli stessi nei quattro vertici della maglia elementare contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici

attraverso l'espressione:

$$p = \sum (p_i : d_i) / \sum (1 : d_i), \text{ con } i \text{ da } 1 \text{ a } 4.$$

dove:

p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame;

p_i è il valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;

d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

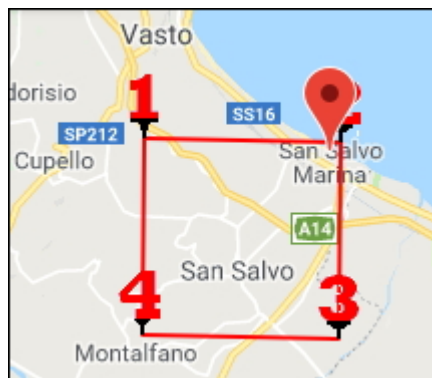


Fig 23) Vertici maglia di appartenenza zona centrale S. Salvo Marina

SITI DI RIFERIMENTO

Sito 1	ID: 27657	Lat: 42,0787	Lon: 14,7028	Distanza: 5277,505 m
Sito 2	ID: 27658	Lat: 42,0779	Lon: 14,7702	Distanza: 424,770 m
Sito 3	ID: 27880	Lat: 42,0279	Lon: 14,7691	Distanza: 5257,804 m
Sito 4	ID: 27879	Lat: 42,0287	Lon: 14,7018	Distanza: 7441,304 m

COORDINATE SITO

ED50

Lat. 42.075177

Lon. 14.765725

WGS84

Lat. 42.074209

Lon. 14.765725

CLASSI E COEFFICIENTI D'USO

Secondo quanto riportato nelle nuove norme tecniche (*cap. 2.4.2 NTC 2018*), gli interventi proposti in concessione nella variante al PDMC rientrano in *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.*

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Tab. 2.4.II NTC 2018 (Classe d'uso II, $C_u = 1,0$)

CATEGORIA TOPOGRAFICA

Sempre secondo quanto riportato nelle nuove norme tecniche per la condizione topografica, l'area in oggetto si inserisce in categoria T1

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

Tab. 3.2.III NTC 2018 (ara in oggetto: categoria topografica T1)

6.4 Indagini Sismiche, Categoria di Suolo e Frequenze di Risonanza

Per quanto riguarda la tipologia di suolo che determina la risposta sismica locale, cercando di verificare l'omogeneità della risposta al moto della zona in oggetto in mancanza di specifiche analisi la normativa definisce l'azione sismica attraverso dei profili stratigrafici di riferimento che prevedono cinque categorie (A - B - C - D - E) caratterizzate da determinati valori di velocità delle onde di taglio.

Categoria	Caratteristiche
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti</i> , 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 fine 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti</i> , 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 m/s 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.

Tab. 3.2.II NTC 2018

Qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (NTC 2018), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s . I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito.

6.4.1 Profilo Sismico

Per accertare le caratteristiche sismiche del sottosuolo dell'area sono stati considerati e analizzati i risultati di n.2 profili sismici ed elaborazione dati con metodologia d'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e n. 1 prospezioni Sismiche HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), eseguiti in loco. Tutti i dettagli ed elaborati sono riportati negli allegati alla presente.

PROFILO SISMICO MASW [P2 e P3]

Le prove MASW consentono di ricavare il parametro Vs30, richiesto dalla nuova normativa sismica tramite la misura delle velocità sismiche delle onde superficiali dette di Rayleigh (VR) a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione geologica, i cui valori sono ricavabili da un successivo processo di inversione numerica.

L'indagine geofisica **P2** (*vedi allegati*) è stata condotta mediante profilo sismico di ml 23.0, con n.12 end- shots ad una distanza di -3 m, -5 m, -7 m dal primo e dall'ultimo geofono, per la determinazione delle Vs30, con l'intento di determinare i principali parametri elastomeccanici dei terreni del sottosuolo. Le coordinate del punto medio del sito d'indagine in WGS 84 sono: 42° 04' 14.10" N – 14° 46' 24.63" E. Per l'elaborazione dei dati sono stati utilizzati i seguenti software: *Easy MASW della Geostru Software* e *"Geopsy" sviluppato dall'Università "Joseph Fourier(France)-Liegi (Belgium)"*. Di seguito è riportato il grafico del sismogramma e il profilo delle velocità-profondità del sottosuolo per il relativo punto di indagine.

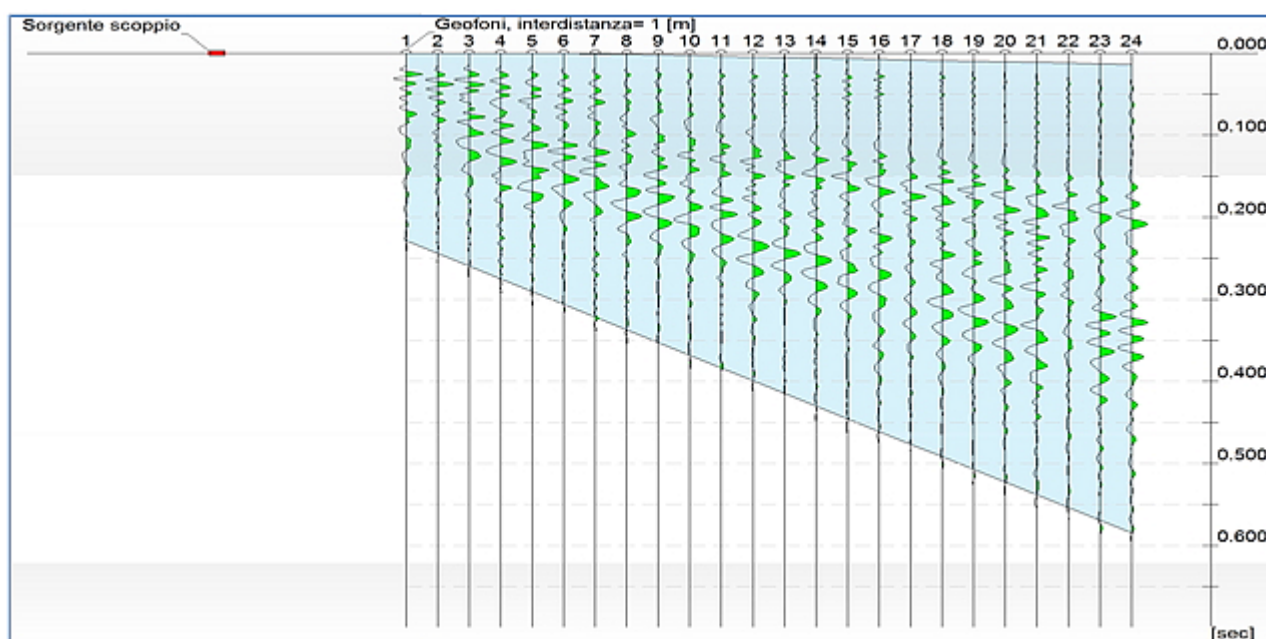


Fig 24) Sismogramma ottenuto dall'indagine MASW P2

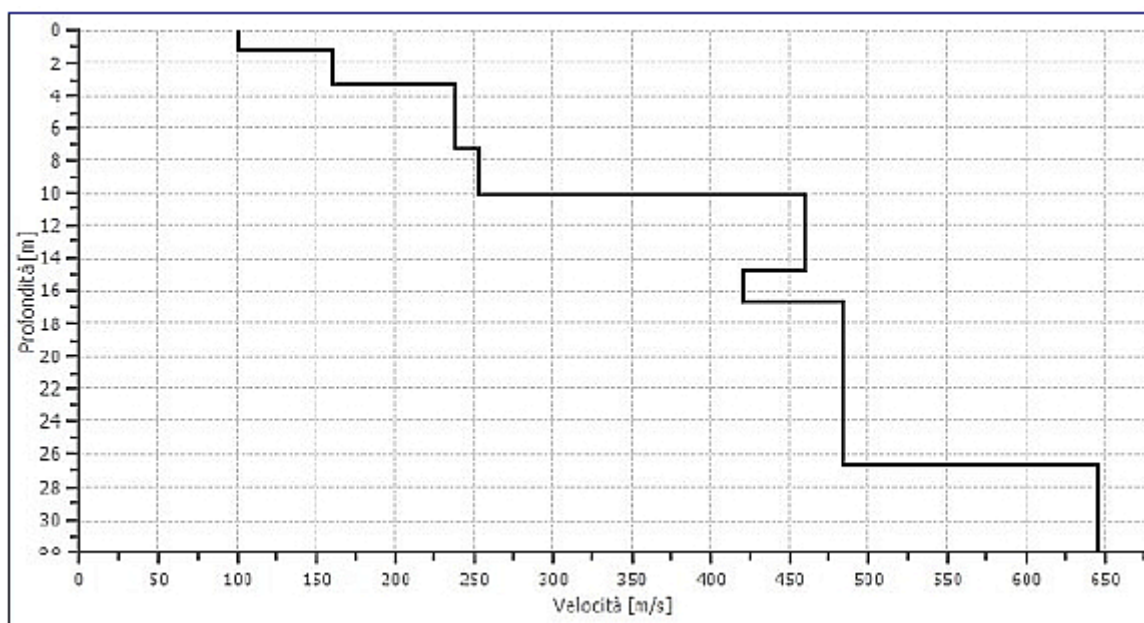


Fig25) Modello di velocità del sottosuolo Vs-Profondità (MASW - P2)

Tabella Vs-Profondità

Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
Sismo strato n.1	1.19	1.19	100.77
Sismo strato n.2	3.34	2.15	160.46
Sismo strato n.3	7.33	3.98	238.80
Sismo strato n.4	10.09	2.77	253.70
Sismo strato n.5	14.90	4.80	460.00
Sismo strato n.6	16.71	1.81	420.00
Sismo strato n.7	26.67	9.96	483.68
Sismo strato n.8	oo	oo	645.85

Per i primi sismostrati, la possibilità di amplificazione del danno dovuto ad un evento sismico, espressa dalla rigidità sismica, è riportata nella tabella successiva:

Tabella rigidità strati

Sismo strati	RIGIDITA' m/sec*KN/m ³
Sismo strato 1	1813.86
Sismo strato 2	2968.51
Sismo strato 3	4537.20
Sismo strato 4	4947.15
Sismo strato 5	8970.00

Dall'analisi dei risultati ottenuti nel sito di indagine, dal piano campagna fino alla profondità di circa 3.30 m di media si ha uno strato scarsamente o poco rigido. Questa esigua rigidità è espressa come valore mediato lungo tutto il profilo ed è dovuta a materiali scarsamente consistenti o poco addensati della parte superficiale rispetto alla sottostante formazione.

Successivamente si annovera un aumento delle velocità delle onde di taglio, che si portano su valori di 238 m/s e 253 m/s. A questi sismostrati segue un orizzonte, caratterizzato da un consistente aumento della velocità delle onde Vs che si attestano su valori di circa 460 m/s, per uno spessore relativo di 4.80 m. Trattasi probabilmente dell'attraversamento della formazione ghiaiosa. Al disotto la velocità delle onde di taglio cresce linearmente con l'aumentare della profondità, e superata quella utile e necessaria per ottenere il parametro delle Vs,30, caratterizza il semispazio attestandosi su valori superiori ai 600 m/s circa.

L'indagine geofisica **P3** (*vedi allegati*) è stata condotta con Sismografo Sismatrack 24 bit della M.A.E. srl, 24 geofoni verticali da 4,5 Hz con lunghezza stendimento 46 m e interdistanza geofoni di 2.0 m. Le coordinate del punto medio del sito in "WGS 84" sono: 42° 04' 30,05" N; 14°45' 34,80" E. Di seguito è riportato il profilo delle velocità-profondità del sottosuolo per il relativo punto di indagine.

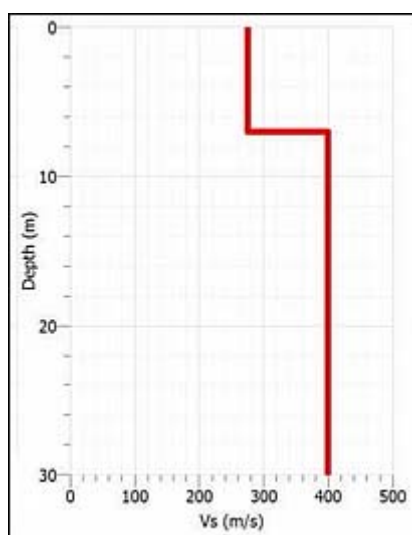


Fig25) Modello di velocità del sottosuolo Vs-Profondità (MASW – P3)

6.4.2 Categoria di suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dalla seguente espressione (NTC 2018):

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

h_i = (spessore in metri) dell'iesimo strato; $V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'iesimo 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 valori di velocità $V_{s,eq}$ calcolati per 30 m di profondità (V_{s30}) a partire dal piano campagna, e la relativa categoria di suolo sismico, sono riportati nella tabella successiva.

Prova MASW	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria di Suolo
P2	321.49	C
P3	335	C

PROFILO SISMICO HVSR [P1]

L'indagine geofisica P1 (vedi allegati) è stata condotta con la tecnica di indagine geofisica di sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o H.V.S.R. (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio–Metodo di Nakamura 1989*), finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza del sito e delle discontinuità sismiche correlabili ai cambi litologici del sottosuolo presenti su una verticale di investigazione. Le coordinate del punto medio del sito in WGS 84 sono: Lat. 42.0701 Long. 14.7783. L'elaborazione dei dati è stata fatta con il programma: *Hvsr della Geostru Software e comparati con il software "Geopsy" sviluppato dall'Università "Joseph Fourier(France)-Liegi (Belgium)"*. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sensore da superficie S3S della ditta MAE S.r.l. applicato al sismografo tipo MAE A6000S. Esso è costituito da n.3 velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 512 Hz, un digitalizzatore a 24 bit ed un sistema di archiviazione su flash memory. Di seguito si riportano i grafici delle tracce di input nelle direzioni nord-sud, est-ovest e verticale, il grafico degli spettri medi nelle tre direzioni e del rapporto spettrale H/V ottenuti.

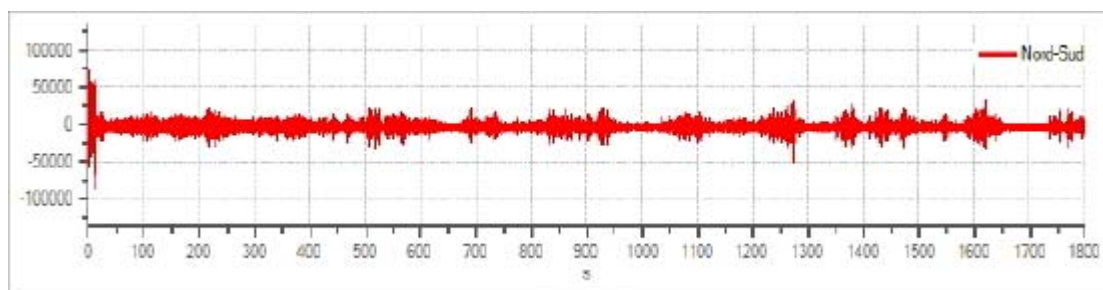


Fig26) traccia in direzione nord-sud

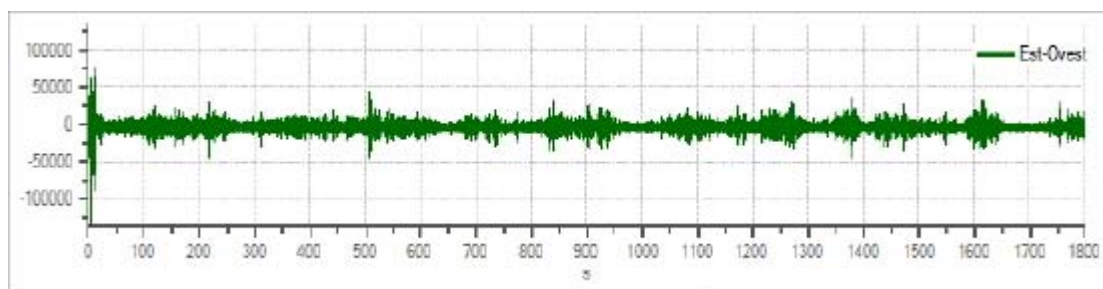


Fig27) traccia in direzione est-ovest

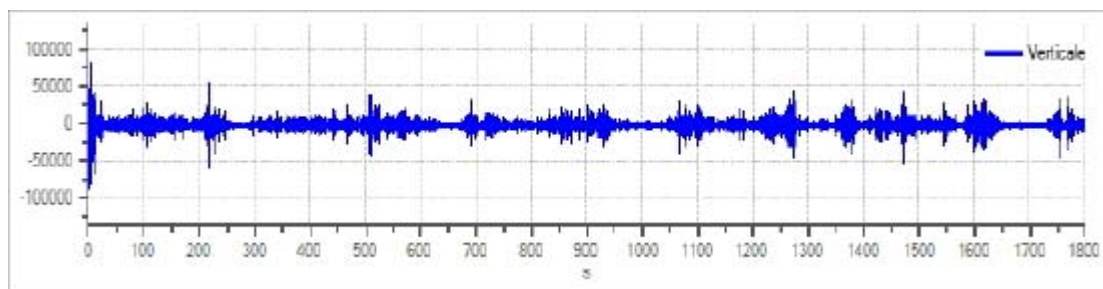


Fig28) traccia in direzione verticale

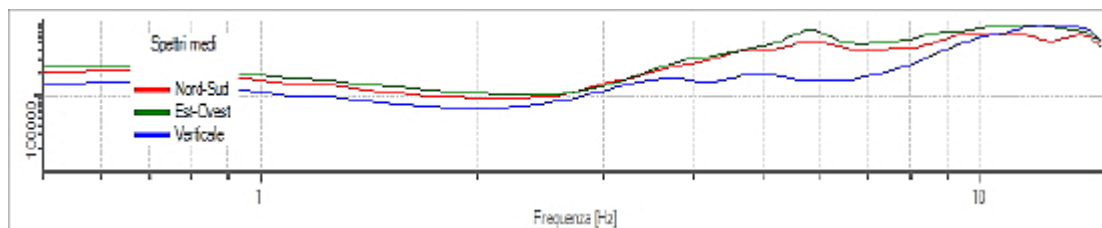


Fig29) Spettri medi nelle tre direzioni

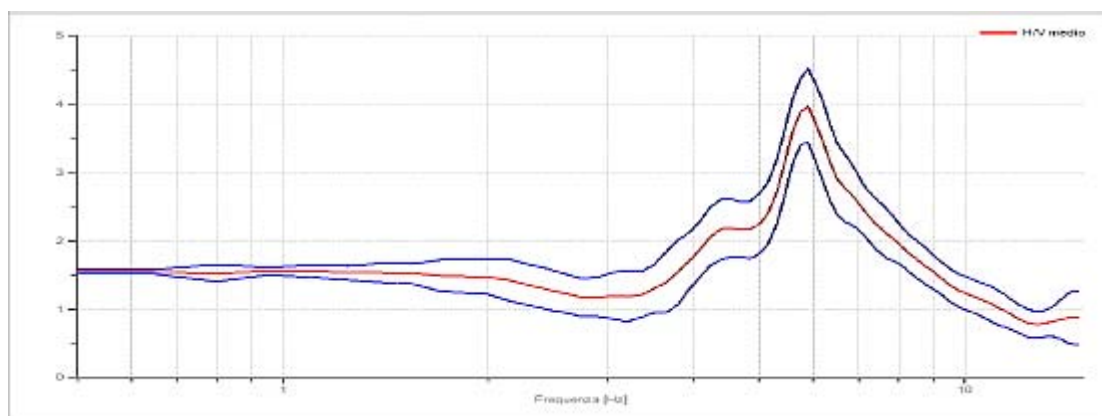


Fig30) Rapporto spettrale e suo intervallo di fiducia

Dall'analisi della prova a stazione singola con metodologia di analisi dei microtremori h.v.s.r. è emerso come la frequenza di risonanza del terreno nel sito di indagine sia di $5.90 \text{ Hz} \pm 0.14 \text{ Hz}$, dovuto probabilmente ad un contatto di rigidità situato a profondità variabile tra i 10 metri ed i 20 metri, e un'ampiezza A_0 di 3.98.

7.0 MICROZONAZIONE SISMICA (MOPS)

Per il comune di San Salvo è stato realizzato uno studio di Microzonazione Sismica di livello 1 (Geol. F. Iezzi), finalizzato all'individuazione di microzone omogenee in prospettiva sismica. I risultati sono sintetizzati nella Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica e delle frequenze di risonanza (MOPS), dove sono distinte diverse aree all'interno delle quali si ritiene omogeneo il comportamento in termini di risposta sismica, alla luce delle caratteristiche geologiche-geomorfologiche di superficie, della geologia del sottosuolo e dai dati geofisici e stratigrafici. Sono state distinte Zone stabili suscettibili di amplificazione locale e Zone di attenzione per le instabilità. Le prime sono suddivise in sei "sottozone" in funzione delle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo (Zona 1, Zona 2, ..., Zona 6). Nelle seconde sono comprese le aree in frana (attive o quiescenti) e quelle di attenzione per possibilità di fenomeni di liquefazione. Di seguito le zone così come definite nello studio di cui in precedenza.

Zona 1 - *Ghiaie e ghiaie sabbiose mediamente addensate*, che caratterizzano i depositi alluvionali terrazzati di vario ordine riconducibili alla sedimentazione del Fiume Trigno, per spessori che possono variare da 3 a 15 m;

Zona 2 - *Limi argillosi, generalmente moderatamente addensati*, si rinvencono nelle aree caratterizzate dalle coltri eluvio-colluviali per spessori che possono variare da 3 a 10 m;

Zona 3 - *Argilla limosa sciolta o poco addensata*, si rinvencono in corrispondenza dei depositi lacustri per uno spessore massimo di 5 m e vengono considerate anche le sottostanti sabbie in prossimità della fascia costiera fino a profondità di circa 11 m, prima di intercettare il substrato coesivo;

Zona 4 - *Limi sabbiosi, generalmente poco addensati*, rappresentano i depositi alluvionali recenti, con spessori compresi tra 3 e 7 m;

Zona 5 - *Riparto antropico, costituito da materiali estremamente eterogenei*, si rinvencono in poche località in corrispondenza delle maggiori reti infrastrutturali, con spessori massimi di 8 m, che inglobano nelle zone palustri anche le sottostanti argille limose;

Zona 6 - *Sabbie, con limitate intercalazioni sabbioso-ghiaiose, da moderatamente addensate a sciolte*, che caratterizzano la fascia costiera, con spessori compresi tra 3 e 11 m.

In particolare l'area in studio rientra in Zona 6, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale, dove la velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s < 800$ m/sec, soggetta ad attenzione per possibilità di liquefazione di tipo 1 (**ZA_LQ_1**). Accanto ad ogni litologia, la Carta delle MOPS riporta lo spessore max "più rappresentativo" dei litotipi e la profondità del "substrato" geologico locale. Sulla base dei risultati acquisiti dalle indagini effettuate, le sabbie poggiano su uno spessore significativo (localmente $\geq 4,5 - 5,0$ m) di ghiaie addensate in contatto erosivo col substrato argilloso plio-pleistocenico.

7.1 Carta delle M.O.P.S.

In allegati si riporta uno stralcio della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, [(San Salvo Marina (Zona Nord e Zona sud)] tratto dallo Studio di Microzonazione di cui in precedenza (*Stralcio Tav. 3A*) con in evidenza l'area di interesse e le zone che presentano un medesimo potenziale di suscettibilità a fenomeni di amplificazione locale indotto dal sisma.

7.2 Liquefazione

Il fenomeno della liquefazione si può sviluppare in seguito ad un forte scuotimento, come quello derivante da un evento sismico di magnitudo superiore o uguale a 5.0 della scala Richter, che comporta nei depositi incoerenti saturi d'acqua un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la tensione soprastante, annullando la resistenza al taglio del terreno; si ha di conseguenza la fluidificazione del suolo. Secondo quanto riportato nella normativa (*cap 7.11.3.4.2 delle NTC 2018*), la probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione può essere omessa nel caso in cui si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

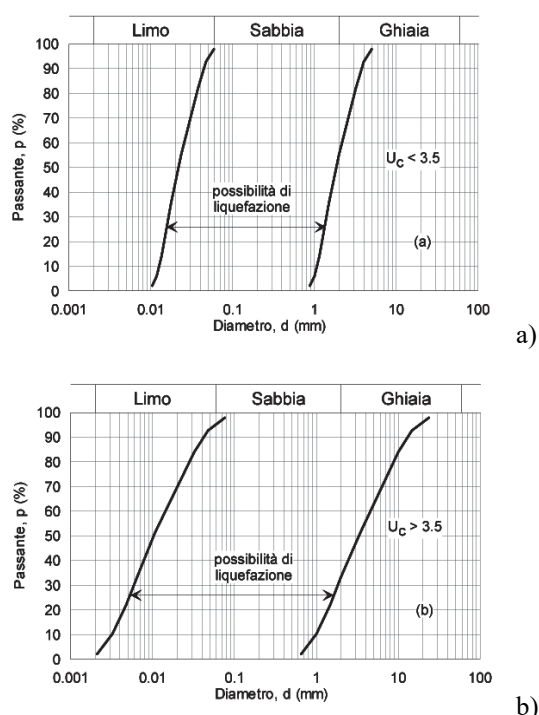


fig. 26) Fig. 7.11.1(a) e (b) del cap 7.11.3.4.2 delle NTC 2018

In ragione dei dati stratigrafici e geognostici elaborati, per l'area in esame sussistono le condizioni predisponenti alla possibilità di liquefazione, mentre per l'accelerazione massima la zona è compresa tra 0.075-0.10 g, e pertanto nella progettazione delle singole opere urbanistiche bisognerà analizzare con attenzione le amplificazioni al sito (valore di PGA al sito) e procedere eventualmente alla verifica a liquefazione delle sabbie.

8.0 SINTESI E CONSIDERAZIONI FINALI

Per conto dell'Amministrazione Comunale di San Salvo (CH), è stato effettuato uno studio geologico, geomorfologico, geodinamico e di parametrizzazione del sottosuolo, della fascia costiera della marina, a supporto ed integrazione degli atti progettuali di Variante al Piano Demaniale Comunale attualmente vigente, in ottemperanza a quanto disposto dalla *L.R. n. 141/1997* [(piano di utilizzazione delle aree del demanio marittimo con finalità turistiche e ricreative (*PDM – delib. di C.R. del 29/07/2004*)] e successive modifiche ed integrazioni (*delib. di C.R. del 24/02/2015*), al fine di verificare conseguentemente, la compatibilità delle previsioni di intervento con le condizioni idrogeologiche e geomorfologiche dell'area.

In particolare l'area oggetto di studio nella presente, sub-pianeggiante e regolare, ha interessato una porzione territoriale della Marina di San Salvo (comprensiva della fascia demaniale) che si estende per circa 2.600 ml tra il limite comunale sud-orientale (*canale "Formale del Molino"*), e quello nord-occidentale nei pressi del T. Buonanotte, in cui non si individuano significative discontinuità morfologiche e/o particolari segni di dissesto e non esistono elementi geomorfologici significativi. In riferimento al Piano Regionale Paesistico della Regione Abruzzo ed in particolare alle categorie di tutela e valorizzazione, la stessa ricade in quella di conservazione parziale A2 (fascia di spiaggia in senso stretto) ed in quella di trasformazione condizionata C2 (fascia a sud del lungomare C. Colombo). Nella cartografia del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo (*Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi*), non sono evidenziati fenomeni di dissesto, mentre in riferimento alla Carta delle MOPS del Comune di San Salvo [*Regione Abruzzo – Comune di San Salvo (CH) - Microzonazione Omogenea in Prospettiva Sismica – livello 1 – Relazione illustrativa*], l'area rientra in zona di attenzione per liquefazione di tipo 1 (zona ZA LQ 1).

Da quanto emerso dalle indagini stratigrafiche e geognostiche, è possibile definire un modello geologico dell'area in oggetto caratterizzato da due orizzonti litotecnici a comportamento prevalentemente incoerente; quello superiore, costituito prevalentemente da litotipi sabbiosi medio/fini da sciolti a mediamente addensati, in cui si intercalano localmente strati sabbiosi/limosi poco consistenti di modestissimo spessore; quello inferiore, caratterizzato da valori di resistenza maggiori e da picchi dell'istogramma molto pronunciati, in rapporto ad un maggiore addensamento dei depositi sabbiosi e ghiaiosi. Tali orizzonti litologici passano in profondità alla F.ne delle Argille plio-pleistoceniche che rappresentano il "substrato locale".

La successione litostratigrafica della fascia costiera è evidenziata nella Carta Geolitologica allegata alla presente [(Tav. 1 (zona sud), Tav. 2 (zona nord))].

Per le caratteristiche fisiche e geotecniche di tali sedimenti, si rimanda ai contenuti del relativo capitolo. Per quanto concerne la caratterizzazione dinamica e sismica, ampiamente discussa nei capitoli precedenti, lo studio ha fatto emergere una situazione generalizzata dei terreni del sottosuolo caratterizzati da valori di V_{Seq} (V_{S30}) >300 m/s. In particolare i risultati ottenuti dalle prove sismiche, evidenziano una esigua rigidità, espressa come valore mediato, degli strati più superficiali poco addensati e/o poco consistenti, rispetto ai sottostanti litotipi di caratteristiche nettamente migliori. In relazione al modello geotecnico-sismostratigrafico e geomorfologico dell'area sono state determinate la Categoria di Sottosuolo C (*Tab. 3.2.IV delle NTC*) e la Categoria Topografica T1 (*Tab. 3.2.V delle NTC*). Resta inteso che il presente studio prende in esame la compatibilità del Piano con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche del territorio e che per la progettazione delle singole opere si dovrà fare riferimento alle specifiche contenute nella normativa vigente, sviluppando successive indagini secondo gradi di approfondimento e di ampiezza commisurati alle varie fasi della progettazione. Pertanto gli interventi urbanistici edilizi da realizzare nelle aree di sedime costiero dovranno essere preceduti da uno studio geologico di dettaglio, supportato da un'adeguata campagna di indagini geognostiche e sismiche, secondo quanto previsto nei riferimenti normativi in materia, legata all'importanza dell'opera. In particolare, le criticità geologico-tecniche sono legate principalmente alla presenza delle sabbie superficiali sciolte o con basso grado di addensamento e falda acquifera poco al disotto del piano campagna; tali condizioni sono predisponenti alla suscettività a liquefazione in caso di sisma, come evidenziato negli elaborati dello Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 del territorio comunale e per tali ragioni, si dovranno effettuare delle verifiche a liquefazione dei terreni.

Il presente studio è strettamente finalizzato al progetto di cui in premessa e pertanto assume validità solo in tale ambito progettuale.

San Salvo, agosto 2018



9.0 BIBLIOGRAFIA

ADAMOLI L. (2006) - Le acque superficiali e sotterranee dell'Abruzzo.

AMBROSETTI P., CARRARO F., DEIANA G. & DRAMIS F. (1982) - Il sollevamento dell'Italia centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio. C.N.R., P.F. "Geodinamica", Pubbl. 513, vol. n. 2.

ARTA Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente, DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI PESCARA – Analisi granulometrica, San Salvo "le Marinelle"

BERGOMI C, VALLETTA M. (1971) - Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000-Foglio 148–VASTO

CALAMITA F., PIACENTINI T., PIZZI A., RUSCIADELLI G, TRINCARDI F.: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia ISPRA – Progetto CARG a scala 1:50000 – Foglio 372 Vasto

CALAMITA et Alii, (2004) - Schema Strutturale dell'Appennino Centrale Esterno

CASNEDI R., CRESCENTI U. & TONNA M. (1982) - Evoluzione della avanfossa adriatica meridionale nel Plio-Pleistocene sulla base di dati di sottosuolo. Mem. Soc. Geol. It., vol. n. 24

CASTELLARO S., MULARGIA F (2007) - Stime di Vs30 a stazione singola tramite misure HVSR vincolate. GNGTS.

CASTIGLIONI G.B. – Geomorfologia (seconda edizione)

CETRARO F. (2014) - Modellazione del sottosuolo con la geofisica applicata alle onde di superficie, Tecniche SASW, MASW, FTAN, H/V, ReMi, MAM, HVSR

CRESCENTI U., MILIA M.L. & RUSCIADELLI G. (2004) – Stratigraphic and tectonic evolution of the Pliocene Abruzzi basin (Central Apennines, Italy). Boll. Soc. Geol. It., vol. 123.

DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1.

D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le costruzioni e CIRCOLARE 02.02.2009.

D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

ESU F. MARTINETTI S.- Considerazioni sulle caratteristiche tecniche delle argille plio-pleistoceniche della fascia costiera adriatica tra Rimini e Vasto Quaderni di Geotecnica, AGI 1965

FESTA B., GHISSETTI C., L. VEZZANI (2010) - Geology and Tectonic Evolution of the Central-southern Apennines, Italy

GALADINI F., MESSINA P., SPOSATO A. (1996) - Tettonica quaternaria nell'Appennino centrale e caratterizzazione dell'attività di faglie nel Pliocene superiore-olocene. In: Galadini F., Meletti C., Rebez A. (A cura di), Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999), CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti – Roma, 2000,

IEZZI F. (2014) - Microzonazione Sismica di 1° livello, Relazione illustrativa, Comune di San Salvo (CH)

INDAGINE SISMICA M.A.S.W. – Geol. Di Totto L.

INDAGINE SISMICA M.A.S.W. – Geol. Ciavatta G., Geol. Rossi G.

INDAGINE SISMICA H.V.S.R. – Geol. Ciavatta G., Geol. Rossi G.

LAVECCHIA Et Alii, (2006) - "Studio della Pericolosità Sismica dell'Abruzzo"

LOCATI M., CAMASSI R., ROVIDA A., ERCOLANI E., BERNARDINI F., CASTELLI V., CARACCILO C.H., TERTULLIANI A., ROSSI A., AZZARO R., D'AMICO S., CONTE S., ROCCHETTI E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE, DIREZIONE GENERALE PER LA SALVAGUARDIA DEL TERRITORIO E DELLE ACQUE - L'erosione Costiera in Italia le Variazioni della Linea di Costa dal 1960 al 2012

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE - Progetto Coste - Lo Stato delle Coste Italiane e gli Ambiti Costieri - I Macrodati Nazionali sulla Variazione della Linea Di Costa Dal 1960 Al 2012 (Aggiornamento Marzo 2017)

MUCCIARELLI M., GALLIPOLI M.R. (2000) - Misure di amplificazione sismica locale relative ad alcuni centri della Regione Molise

MULARGIA F., CASTELLARO, ROSSI P.L. (2007) - Effetti di sito e Vs30 una risposta alla normativa antisismica. Il Geologo dell'Emilia Romagna

ORI G., SERAFINI G., VISENTINI C., RICCI LUCCHI F., CASNEDI R., COLALONGO M.L. & MOSNA S. (1991) – The Pliocene-Pleistocene Adriatic foredeep (Marche and Abruzzo, Italy): an integrated approach to surface and subsurface geology. Conference, Adriatic Foredeep Trip, Guide Book, Florence, Italy, vol. 85

REGIONE ABRUZZO, PIANO REGIONALE PAESISTICO (2004) – Categorie di Tutela e Valorizzazioni

REGIONE ABRUZZO, DIREZIONE Territorio Urbanistica Beni Ambientali Parchi, DIREZIONE Turismo Ambiente Energia - Piano Demaniale Marittimo Regionale

REGIONE ABRUZZO, SERVIZIO OPERE MARITTIME E ACQUE MARINE (par-fas 2007-2013) - riduzione del rischio derivante da fenomeni alluvionali, franosi ed erosivi delle diverse fasce del territorio regionale (montagna interna, pedemontana e costiera), Studio Meteomarino

REGIONE ABRUZZO, PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE - Relazione Generale, Schede Monografiche, Bacino del Fiume Trigno

RIGA G. (2007) – La liquefazione dei terreni. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEI BACINI IDROGRAFICI DI RILIEVO REGIONALE ABRUZZESI E DEL BACINO INTERREGIONALE DEL FIUME SANGRO "Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi" (PAI) - note illustrative alla carta della pericolosità; note illustrative alla carta delle aree a rischio.

PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEI BACINI IDROGRAFICI DI RILIEVO REGIONALE ABRUZZESI E DEL BACINO INTERREGIONALE DEL FIUME SANGRO "Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi" (PAI) - Carta Geomorfologica (foglio 372o); Carta della pericolosità da Frana (foglio p_372°)

SCIARRA N. (1988) - Geologia e geotecnica di argille consistenti del Pliocene abruzzese. Boll. Soc. Geol. It., vol. 107

SFALANGA M. & RIZZO V. (1974) – Caratteristiche tecniche delle argille plioceniche e pleistoceniche in relazione al loro assetto morfologico. Ann. Ist. Sper. Studio e Dif. Del Suolo, Firenze, vol. 5.

SOCCO V., BOIERO D., FOTI S., COMINA C. (2007) - Implicazioni della non univocità della soluzione nelle prove per onde superficiali per lo studio della risposta sismica locale. Riassunti estesi convegno GNGTS

SIMONELLI A. L. - Eurocodice 8: valutazione delle azioni sismiche al suolo ed effetti sulla spinta dei terreni

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE PER IL PROGETTO DI DARSENA PER IMBARCAZIONI DA DIPORTO IN MARINA DI SAN SALVO (Ing. M. Vitellozzi, Ing. G. Marfoli, Dott.ssa C. Guidi, Geol. G. Ciavatta).

TROMINO, (2007) - An introduction to the H/V Inversion for stratigraphic purposes

Comune di San Salvo (CH)

PDMC – VARIANTE

ALLEGATI



Reg. Abruzzo - Prov. Chieti



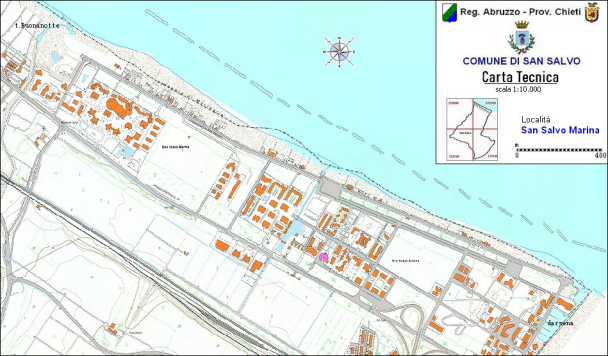
COMUNE DI SAN SALVO

Carta Tecnica

scala 1:10.000



Località
San Salvo Marina





COMUNE DI SAN SALVO
Reg. Abruzzo - Prov. Chieti

PDMC
VARIANTE

Planimetria Aree



Pineta



Spiaggia in concessione



Spiaggia libera



Confine demaniale

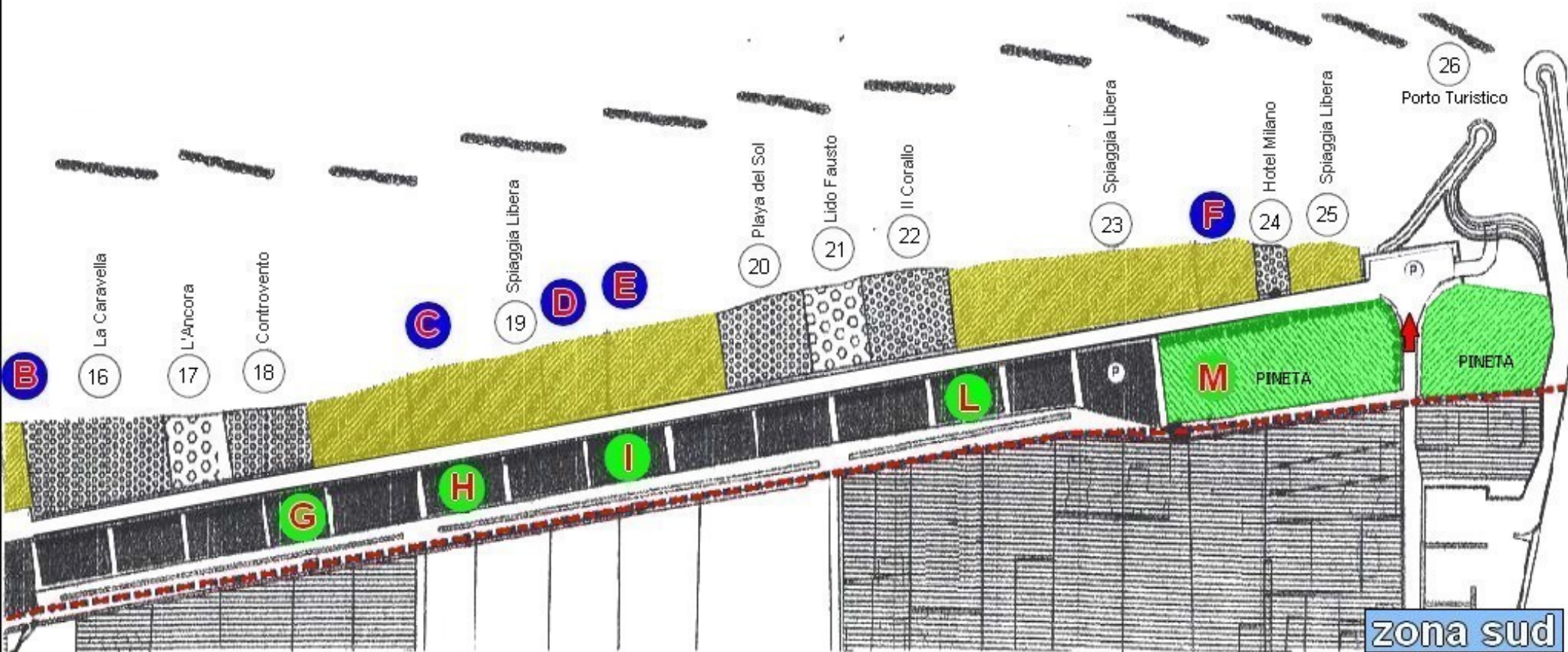
Aree in concessione

A (A,B,C,D,E,F)

aree turistico/ricettive

G (G,H,I,L,M)

aree parco attrezzato, punti ricettivi,
servizio sport





COMUNE DI SAN SALVO
Reg. Abruzzo - Prov. Chieti

PDMC
VARIANTE

Planimetria Aree

-  Giardino botanico
-  Area Biotopo Marino
-  Spiaggia in concessione
-  Spiaggia libera
-  Confine demaniale

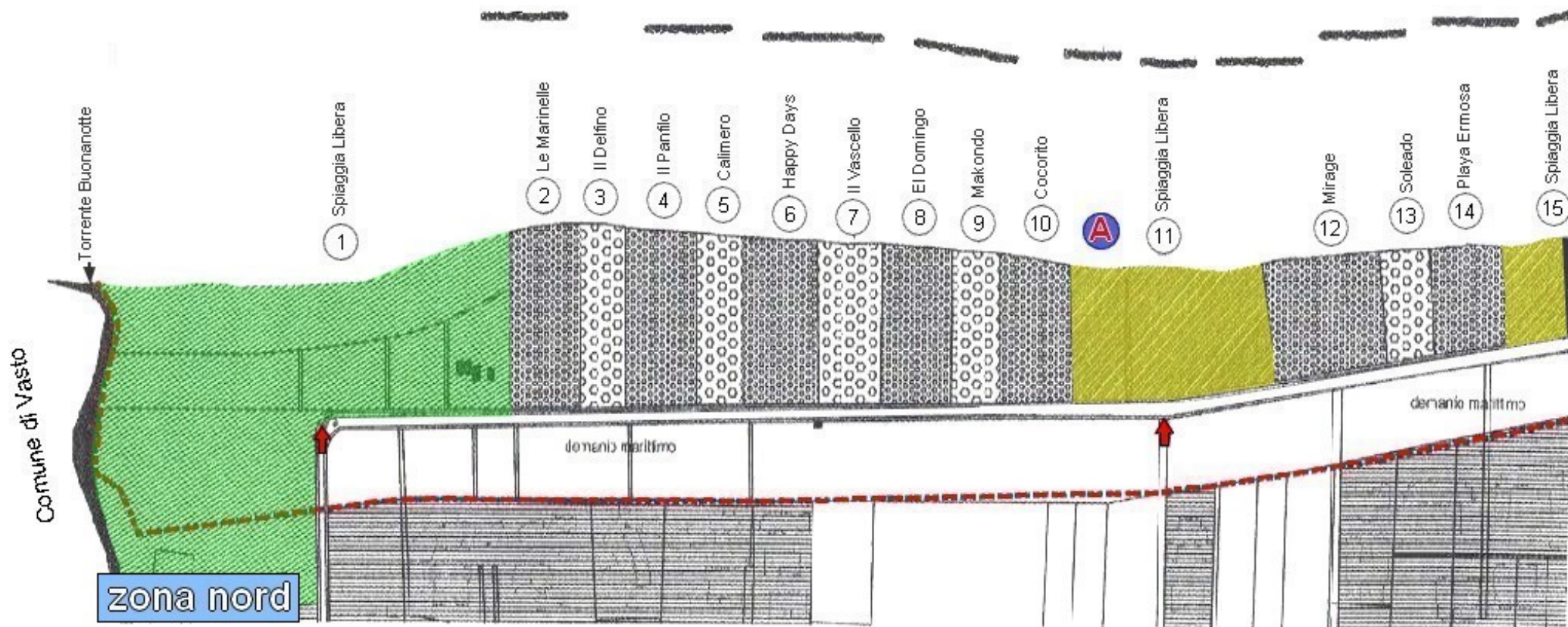
Aree in concessione

 (A,B,C,D,E,F)

aree turistico/ricettive

 (G,H,I,L,M)

aree parco attrezzato, punti ricettivi,
servizio sport

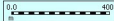


Ambito Costiero



7 - Costa festina
(q.v. ter. 1:25.000)

Loc. San Salvo Marina
- - - limite demanio marittimo



COMUNE DI  SAN SALVO

PDMC-VARIANTE
Carta del PRP

legenda

-  Area esterna ai limiti del PR.P.
-  Insediamenti residenziali consolidati
-  Conservazione Integrale - A1
-  Conservazione Integrale - A1A-A1B
-  Conservazione Integrale - A1C2
-  Conservazione Integrale - A1C3
-  Conservazione Integrale - A1D1
-  Conservazione Parziale - A2
-  Conservazione parziale - A3
-  Conservazione Integrale - A01
-  Trasformabilità mirata - B1
-  Trasformabilità mirata - B2
-  Trasformabilità condizionata - C1
-  Trasformabilità condizionata - C2
-  Trasformazione a regime ordinario - D



COMUNE DI SAN SALVO

DDM-VARIANTE

Carta del Rischio Idraulico

scala 1:10.000

Loc. San Salvo Marina



al. 075100 q. al. 0750 100 scale CTR

limite comunale

limite demaniale

PSDA - Piano Stralcio di Difesa dalle Alluvioni - Rischio Idraulico direttiva 2007/60



PSDA - Piano Stralcio di Difesa dalle Alluvioni - Pericolosità



Area protetta - Siti di Importanza Comunitaria

Siti di Importanza Comunitaria

fonte: geoportale.regione.abruzzo.it/
Cartanet/cataloga/pianificazione-e-vincoli





COMUNE DI SAN SALVO

PDMC - VARIANTE

Carta Geolitologica

scala 1:5.000



[f. 372_ovest (q.u. ED50 25K della CTR)
el. 372100 (q.u. ED50 10K della CTR)]

simbologia



Conoide alluvionale



Invasi e specchi d'acqua



traccia di sezione



limite territoriale

UNITA' LITOTECNICHE

Unità granulari
sabbie e ghiaie

Unità coesive
limi e argille

I - addensato
II - moder. addensato
III - poco addensato
IV - sciolto

I - estrem. consistente
II - molto consistente
III - consistente
IV - moder. consistente
V - poco consistente
VI - privo di consistenza

zona sud (Tav. 1)

LEGENDA

(r)
Terreni e materiale antropico.

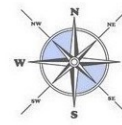
(s)
Sabbie della spiaggia attuale.

(el)
Depositi eolici e di elaborazione litorale e/o deltizia costituiti da sabbie da medio-fini a grossolane di colore dal giallo ocra al grigio, sciolte o mediamente addensate passanti a ghiaie eterometriche in clasti da subarrotondati a subspigolosi, con resti di gusci conchigliari. Localmente sono ricoperti da modesti spessori (< 2 m) di sedimenti eluviali limo-argillosi di colore dal bruno al grigio-avana.

(lp)
Peliti e peliti sabbiose-ciottolose palustre e/o di piana costiera, sedimenti limno-palustri e Terreni di bonifica.

(al)
Depositi alluvionali recenti di ghiaie in matrice limo-sabbiosa e sabbie più o meno limose. Le ghiaie sono costituite da clasti poligenici subarrotondati e dimensioni da centimetriche a decimetriche. Nella parte alta possono divenire prevalenti sedimenti limosi bruni e/o avana con ciottoli sparsi. La base è in contatto erosivo con il sub-strato argilloso.

zona nord (Tav. 2)



COMUNE DI SAN SALVO

PDMC - VARIANTE

Carta Geolitologica

scala 1:5.000



[f. 372_ovest (q.u. ED50 25K della CTR)
el. 372100 (q.u. ED50 10K della CTR)]

simbologia



Conoide alluvionale



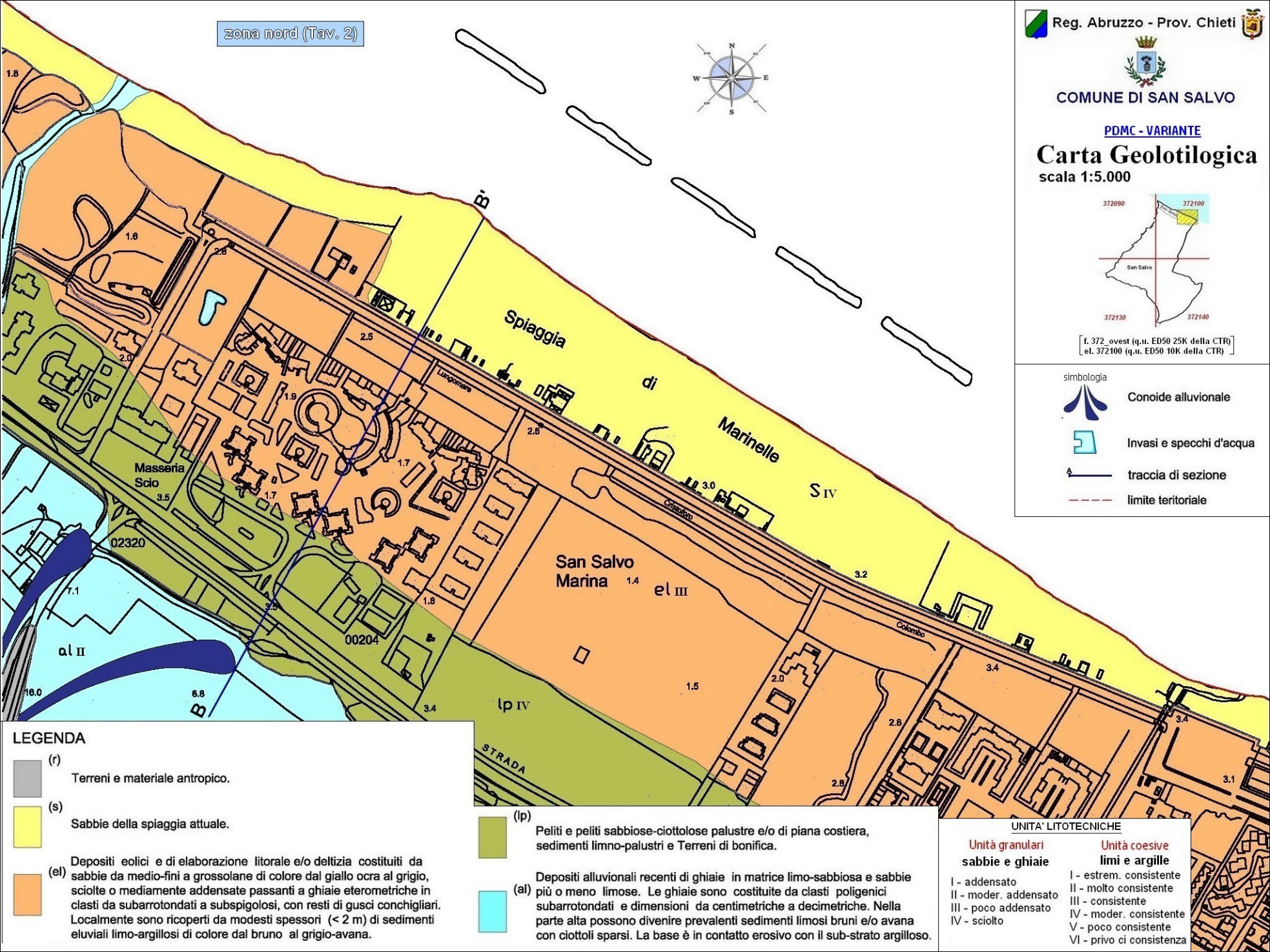
Invasi e specchi d'acqua



traccia di sezione



limite territoriale



LEGENDA

(r) Terreni e materiale antropico.

(s) Sabbie della spiaggia attuale.

(el) Depositi eolici e di elaborazione litorale e/o deltizia costituiti da sabbie da medio-fini a grossolane di colore dal giallo ocra al grigio, sciolte o mediamente addensate passanti a ghiaie eterometriche in clasti da subarrotondati a subspigolosi, con resti di gusci conchigliari. Localmente sono ricoperti da modesti spessori (< 2 m) di sedimenti eluviali limo-argillosi di colore dal bruno al grigio-avana.

(lp) Peliti e peliti sabbiose-ciottolose palustre e/o di piana costiera, sedimenti limno-palustri e Terreni di bonifica.

(al) Depositi alluvionali recenti di ghiaie in matrice limo-sabbiosa e sabbie più o meno limose. Le ghiaie sono costituite da clasti poligenici subarrotondati e dimensioni da centimetriche a decimetriche. Nella parte alta possono divenire prevalenti sedimenti limosi bruni e/o avana con ciottoli sparsi. La base è in contatto erosivo con il sub-strato argilloso.

UNITÀ LITOTECNICHE

Unità granulari sabbie e ghiaie

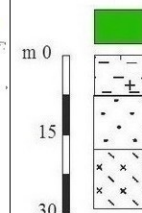
I - addensato
II - moder. addensato
III - poco addensato
IV - sciolto

Unità coesive limi e argille

I - estrem. consistente
II - molto consistente
III - consistente
IV - moder. consistente
V - poco consistente
VI - privo di consistenza

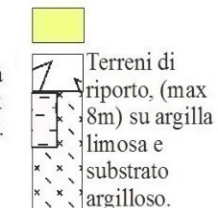
Zone stabili suscettibili di amplificazione locale

ZONA 3

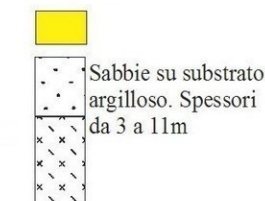


Argilla limosa
(spessore max
5m) su sabbie.

ZONA 5



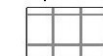
ZONA 6



Sabbie su substrato
argilloso. Spessori
da 3 a 11m

Zone di attenzione per instabilità

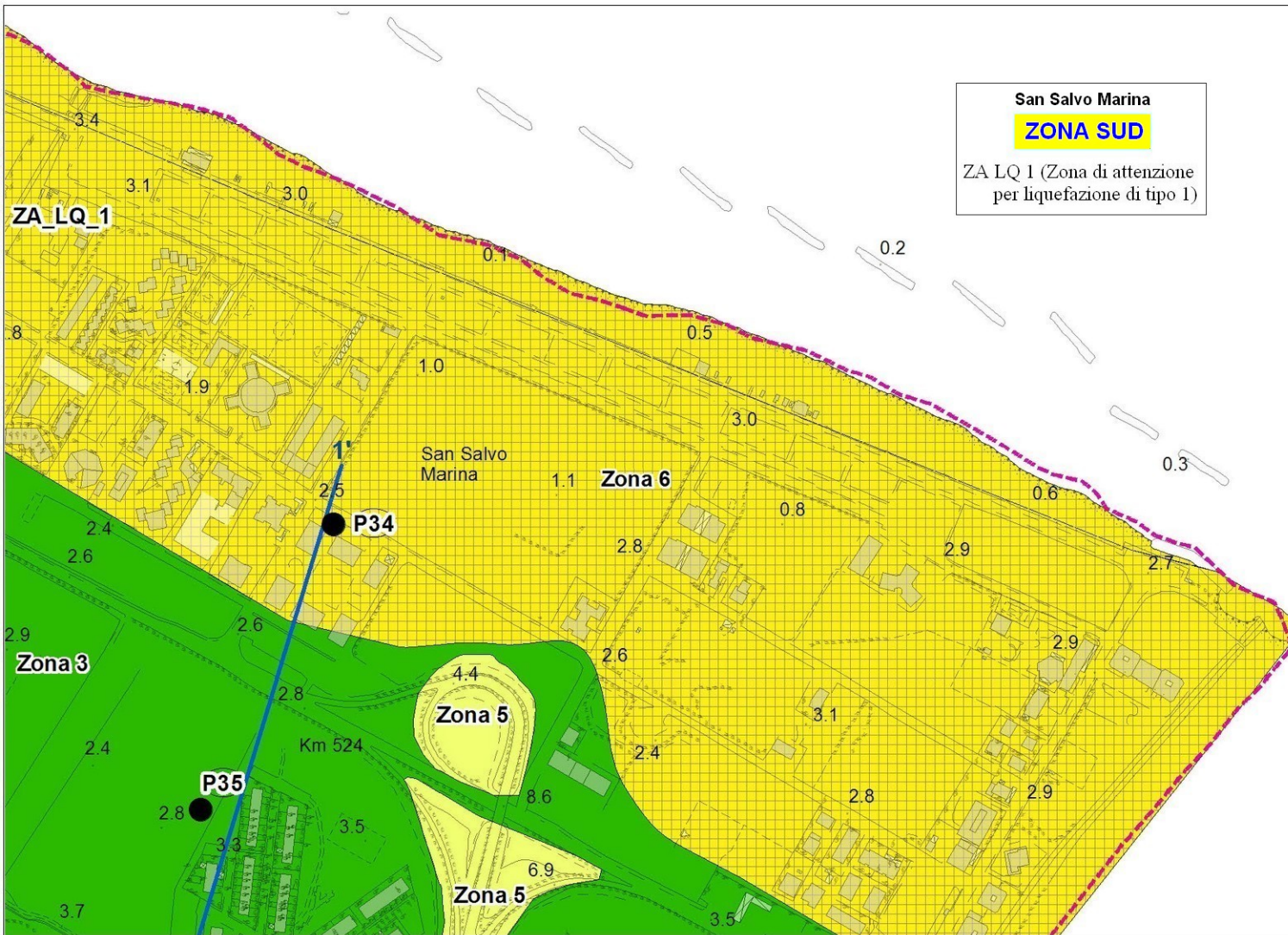
Liquefazione



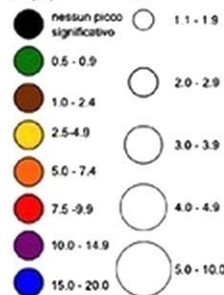
ZA LQ 1 (Zona di attenzione
per liquefazione di tipo 1)

1' Traccia di sezione

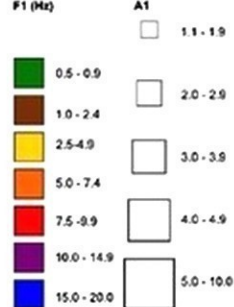
----- Limite territorio comunale di San Salvo
[fonte shp Comuni 2011 (ISTAT)]

Frequenza fondamentale (F_0) ed
ampiezza del picco

Fo (Hz)	As
---------	----

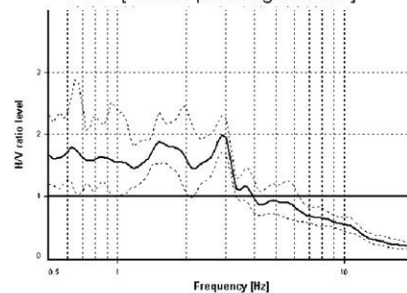


Secondo pezzo (F1,A1)

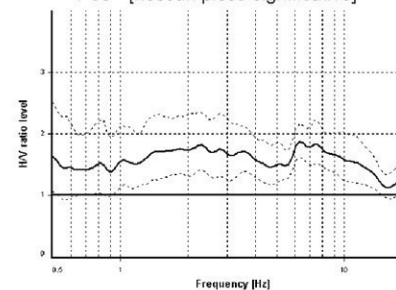


Curve H/V

P34 - [nessun picco significativo]



P35 - [nessun picco significativo]



San Salvo Marina

ZONA NORD

ZA LQ 1 (Zona di attenzione
per liquefazione di tipo 1)



COMUNE DI SAN SALVO

Reg. Abruzzo - Prov. Chieti

Carta delle Microzone Omogenee
in Prospettiva Sismica

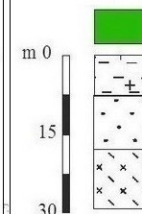
Stralcio Tavola 3A

scala 1:10.000

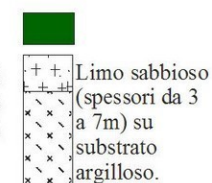


Zone stabili suscettibili di amplificazione locale

ZONA 3



ZONA 4



ZONA 6



Zone di attenzione per instabilità

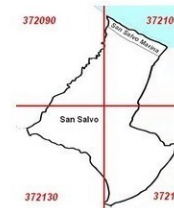


ZA LQ 1 (Zona di attenzione
per liquefazione di tipo 1)

1' Traccia di sezione

--- Limite territorio comunale di San Salvo
[fonte: shp Comuni 2011 (ISTAT)]

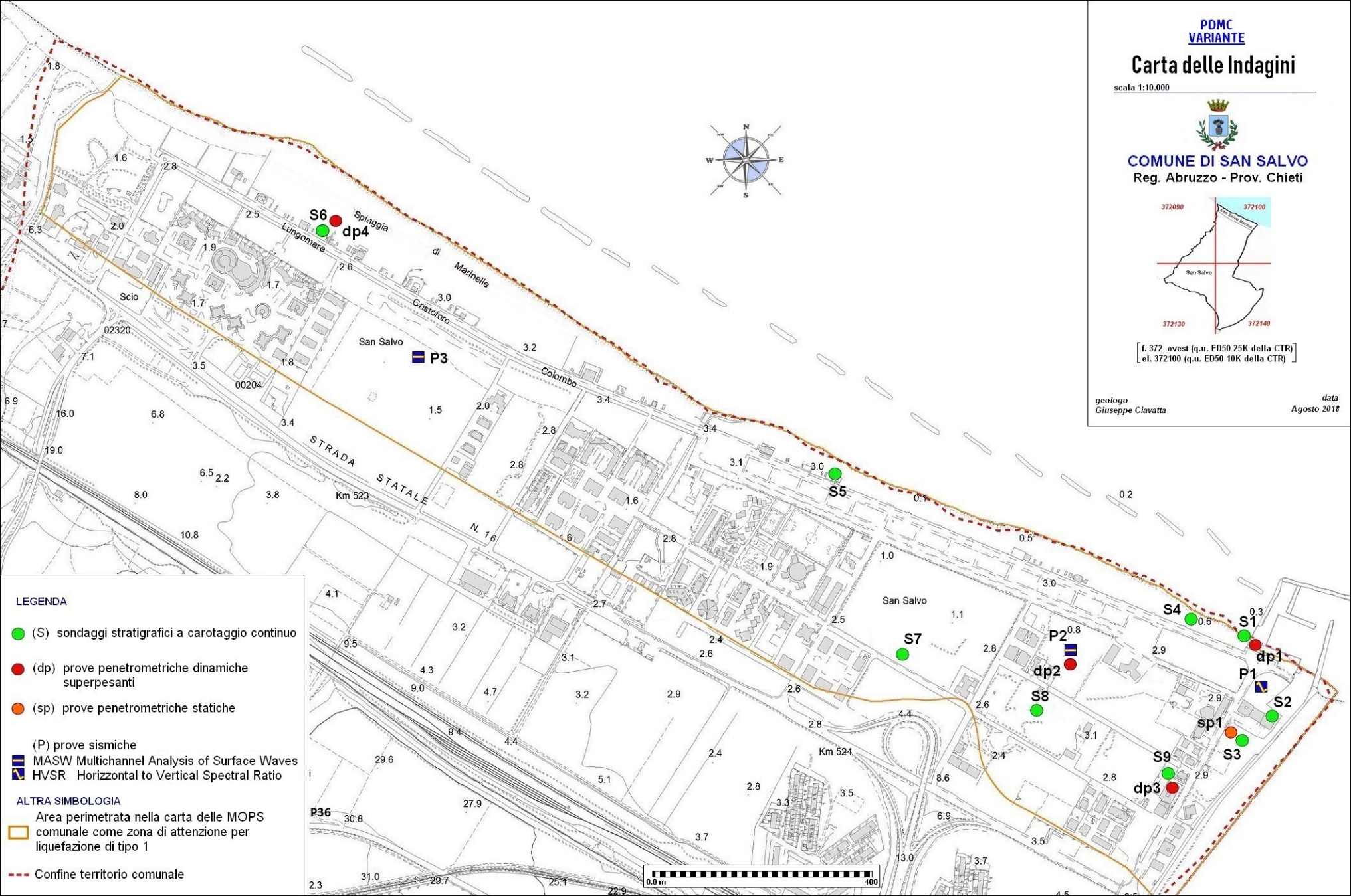




[f. 372_ovest (q.u. ED50 25K della CTR)
el. 372100 (q.u. ED50 10K della CTR)]

geologo
Giuseppe Ciavatta

data
Agosto 2018



LEGENDA

● (S) sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo

● (dp) prove penetrometriche dinamiche superpesanti

● (sp) prove penetrometriche statiche

(P) prove sismiche

■ MASW Multichannel Analysis of Surface Waves

■ HVSR Horizontal to Vertical Spectral Ratio

ALTRA SIMBOLOGIA

Area perimetrata nella carta delle MOPS comunale come zona di attenzione per liquefazione di tipo 1

--- Confine territorio comunale





Comune di San Salvo (CH)
PDMC – VARIANTE

Quaderno delle Indagini







PROSPETTO STRATIGRAFICO

Oggetto P.D.M.C.	Cantiere San Salvo Marina (CH)	Coordinate X Y	Quota Ass. P.C. circa liv.mare	Profondità raggiunta 15.0 m
Operatore Edilgeosonda	D carotiere iniz/fin 101/101	Tipo Sonda CMV cingolata	Tipo Carotaggio continuo	Rivestimento Sì
Geologo Giuseppe Ciavatta	Sondaggio S1	Inizio Esecuzione 01/2008	Termine Esecuzione 01/2008	Pagina 1

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota m	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni n/m	Falda	Graph1	% carot
-1 -2 -3 -4 -5 -6 -7 -8 -9 -10 -11 -12 -13 -14 -15 -16 -17 -18 -19 -20		Sabbie medio-fine di colore giallo e/o giallo ocra, passante a sabbia grigiastra da medio-fine a grossolana, con resti conchigliari. Saltuariamente e a diverse profondità si rinvencono strati sabbioso-limosi e intercalazioni ghiaiose.	-11.00			-0.40 		
		Argilla limosa grigia	-11.30					
		Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa e a tratti limosa/sabbiosa. I clasti si presentano sub-arrotondati e/o sub-spigolosi.	-15.00					




PROSPETTO STRATIGRAFICO

Oggetto P.D.M.C.	Cantiere San Salvo Marina (CH)	Coordinate X Y	Quota Ass. P.C. 2.0 m	Profondità raggiunta 12.0 m
Operatore Edilgeosonda	D carotiere iniz/fin 101/101	Tipo Sonda CMV cingolata	Tipo Carotaggio continuo	Rivestimento sì
Geologo Giuseppe Ciavatta	Sondaggio S2	Inizio Esecuzione 01/2006	Termine Esecuzione 01/2006	Pagina 1

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota E	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni n/m	Falda	Graph1	% carot
-1		Terreni limo argillosi e/o sabbiosi, di colore dal bruno all'avana	-1.00			-1.00 		
-2		Sabbie medio-fine di colore giallo e/o giallo ocra, passante a sabbia grigiastra da medio-fine a grossolana, con resti conchigliari. Saltuariamente e a diverse profondità si rinvencono livelletti di sedimenti umiferi nerastri e intercalazioni ghiaiose.	-9.00					
-9		Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa e a tratti limosa/sabbiosa. I clasti si presentano sub-arrotondati e/o sub-spigolosi.	-12.00					
-10								
-11								
-12								
-13								
-14								
-15								
-16								
-17								
-18								
-19								
-20								

PROSPETTO STRATIGRAFICO

Oggetto P.D.M.C.	Cantiere San Salvo Marina (CH)	Coordinate X Y	Quota Ass. P.C. 3.0 m	Profondità raggiunta 12.0 m
Operatore Edilgeosonda	D carotiere iniz/fin 101/101	Tipo Sonda CMV cingolata	Tipo Carotaggio continuo	Rivestimento sì
Geologo Giuseppe Ciavatta	Sondaggio S3	Inizio Esecuzione 11/2003	Termine Esecuzione 11/2003	Pagina 1

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota E	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni n/m	Falida	Graph1	% carot
-1		Terreni limo argillosi e/o sabbiosi, di colore dal bruno all'avana	-2.00			-0.60 -2.00		
-2		Sabbie medio-fine di colore giallo e/o giallo ocra, e sabbie grigie da medio-fine a grossolana, con resti conchigliari. Saltuariamente e a diverse profondità si rinvencono strati sabbioso-limoso, intercalazioni ghiaiose e tracce umifere nerastre.	-10.30					
-11		Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa/limosa. I clasti si presentano sub-arrotondati e/o sub-spigolosi.	-12.00					
-12								
-13								
-14								
-15								
-16								
-17								
-18								
-19								
-20								



PROSPETTO STRATIGRAFICO

Oggetto P.D.M.C.	Cantiere San Salvo Marina (CH)	Coordinate X Y	Quota Ass. P.C. 0.60 m	Profondità raggiunta 6.0 m
Operatore Edilgeosonda	D carotiere iniz/fin 101/101	Tipo Sonda CMV cingolata	Tipo Carotaggio continuo	Rivestimento si
Geologo Giuseppe Ciavatta	Sondaggio S4	Inizio Esecuzione 01/2006	Termine Esecuzione 01/2006	Pagina 1

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota m	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni n/m	Falda	Graph1	% carot
-1		Sabbie medio-fine di colore giallo e/o giallo ocra, e sabbie grigie da medio-fine a grossolana, con resti conchiglari. Saltuariamente si rinvencono strati sabbioso-limosi e intercalazioni ghiaiose.	-6.00			<div>-0.40</div> 		
-2								
-3								
-4								
-5								
-6								
-7								
-8								
-9								
-10								
-11								
-12								
-13								
-14								
-15								
-16								
-17								
-18								
-19								
-20								




PROSPETTO STRATIGRAFICO

Oggetto P.D.M.C.	Cantiere San Salvo Marina (CH)	Coordinate X Y	Quota Ass. P.C. 0.70 m	Profondità raggiunta 6.0 m
Operatore Edilgeosonda	D carotiere iniz/fin 101/101	Tipo Sonda CMV cingolata	Tipo Carotaggio continuo	Rivestimento si
Geologo Giuseppe Ciavatta	Sondaggio S5	Inizio Esecuzione 04/2010	Termine Esecuzione 04/2010	Pagina 1

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota m	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni n/m	Falda	Graph1	% carot
-1		Sabbie medio-fine di colore giallo e/o giallo ocra, e sabbie grigie da medio-fine a grossolana, con resti conchigliari. Saltuariamente si rinvencono strati sabbioso-limosi e intercalazioni ghiaiose.	-6.00			<div>-0.70</div> 		
-2								
-3								
-4								
-5								
-6								
-7								
-8								
-9								
-10								
-11								
-12								
-13								
-14								
-15								
-16								
-17								
-18								
-19								
-20								



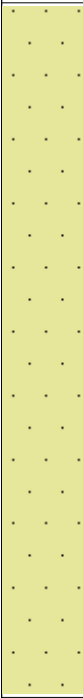

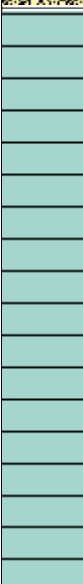
PROSPETTO STRATIGRAFICO

Oggetto P.D.M.C.	Cantiere San Salvo Marina (CH)	Coordinate X Y	Quota Ass. P.C. 1.0 m	Profondità raggiunta 13.50 m
Operatore Edilgeosonda	D carotiere iniz/fin 101/101	Tipo Sonda CMV cingolata	Tipo Carotaggio continuo	Rivestimento Sì
Geologo Giuseppe Ciavatta	Sondaggio S6	Inizio Esecuzione 03/2009	Termine Esecuzione 03/2009	Pagina 1

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota m	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni n/m	Falda	Graph1	% carot
-1 -2 -3 -4 -5 -6 -7 -8 -9 -10 -11 -12 -13 -14 -15 -16 -17 -18 -19 -20	 	Sabbie medio-fine di colore giallo e/o giallo ocra, passante a sabbia grigiastra da medio-fine a grossolana, con resti conchigliari. Saltuariamente e a diverse profondità si rinvencono strati sabbioso-limosi e intercalazioni ghiaiose.	-11.00 -13.50			-0.80 		





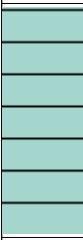
PROSPETTO STRATIGRAFICO

Oggetto P.D.M.C.	Cantiere San Salvo Marina (CH)	Coordinate X Y	Quota Ass. P.C. 3.0 m	Profondità raggiunta 20.0 m
Operatore F. Marini	D carotiere iniz/fin 101/101	Tipo Sonda CMV 4207	Tipo Carotaggio continuo	Rivestimento sì
Geologo Luigi Di Totto	Sondaggio S7	Inizio Esecuzione 12/2006	Termine Esecuzione 12/2006	Pagina 1

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota E	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni n/m	Falda	Graph1	% carot
-1		Terreno di riporto sabbioso grossolano con clasti di laterizi e ciottoli arrotondati.	-1.50			-0.80 		
-2		Sabbie medio-fine e sabbie medio-grossolane marrone-grigiastre, con resti conchigliari. Saltuariamente e a diverse profondità si rinvencono livelli limo-argilloso e tracce di frustoli carboniosi. Al disotto di 6.30 m, sabbia medio-fine addensata con ciottoli ben arrotondati.	-10.70					
-11		Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa fine, di colore avana chiara, ben addensata.	-12.30					
-13		Argille limosei di colore grigio-azzurro, con livelli millimetrici di sabbia fine di colore grigio.	-20.00					
-20								

PROSPETTO STRATIGRAFICO

Oggetto P.D.M.C.	Cantiere San Salvo Marina (CH)	Coordinate X Y	Quota Ass. P.C. 3.0 m	Profondità raggiunta 18.0 m
Operatore Edilgeosonda	D carotiere iniz/fin 101/101	Tipo Sonda CMV cingolata	Tipo Carotaggio continuo	Rivestimento sì
Geologo Giuseppe Ciavatta	Sondaggio S8	Inizio Esecuzione 04/2005	Termine Esecuzione 04/2005	Pagina 1

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota E	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni n/m	Falda	Graph1	% carot
-1		Terreno di riporto ghiaioso/sabbioso e sedimenti limo argillosi di colore dal bruno all'avana, con tracce umifere nerastre						
-2			-2.40			-2.40 		
-3		Sabbie medio-fine di colore giallo e/o giallo ocra, sabbie grigiastre da medio-fine a grossolana, con resti conchigliari. Saltuariamente e a diverse profondità si rinvencono strati sabbioso-limosi, intercalazioni ghiaiose e tracce umifere nerastre.						
-4								
-5								
-6								
-7								
-8								
-9								
-10			-10.00					
-11		Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa e a tratti limosa/sabbiosa. I clasti si presentano sub-arrotondati e/o sub-spigolosi.						
-12								
-13								
-14			-14.90					
-15		Argille limose grigio-azzurre						
-16								
-17								
-18			-18.00					
-19								
-20								

PROSPETTO STRATIGRAFICO

Oggetto P.D.M.C.	Cantiere San Salvo Marina (CH)	Coordinate X Y	Quota Ass. P.C. 3.0 m	Profondità raggiunta 12.0 m
Operatore Edilgeosonda	D carotiere iniz/fin 101/101	Tipo Sonda CMV cingolata	Tipo Carotaggio continuo	Rivestimento sì
Geologo Giuseppe Ciavatta	Sondaggio S9	Inizio Esecuzione 01/1999	Termine Esecuzione 01/1999	Pagina 1

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota E	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni n/m	Falda	Graph1	% carot
		Terreno vegetale e sedimenti limo argillosi e/o sabbiosi di colore dal bruno all'avana	-1.00			-0.45 -1.00		
-1		Sabbie medio-fine di colore giallo e/o giallo ocra, sabbie grigiastre da medio-fine a grossolana, con resti conchigliari. Saltuariamente e a diverse profondità si rinvencono strati sabbioso-limosi, intercalazioni ghiaiose e tracce umifere nerastre.						
-2								
-3								
-4								
-5								
-6								
-7								
-8								
-9			-9.60					
-10		Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa e a tratti limosa/sabbiosa. I clasti si presentano sub-arrotondati e/o sub-spigolosi.						
-11			-12.00					
-12								
-13								
-14								
-15								
-16								
-17								
-18								
-19								
-20								

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**Note illustrative**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari. Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente)

Tipo	Sigla di riferimento	Peso della massa battente M (kg)	Prof. max indagine (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

Tabella classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici:

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$)
diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico: talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT. L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_R \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C_S	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C_d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C_R	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche. Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

Media Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s) Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s) Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immorsamento $d = 1$ m.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Variante al PDMC
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda

PESO MASSA BATTENTE	72,5 Kg
ALTEZZA DI CADUTA LIBERA	0,75 m
PESO SISTEMA DI BATTUTA	6,00 Kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	50,46 mm
AREA DI BASE PUNTA	20 cm ²
LUNGHEZZA DELLE ASTE	1,5 m
PESO ASTE A METRO	7,00 Kg/m
AVANZAMENTO PUNTA	0,30 m
COEFF. CORRELAZIONE	1,15
RIVESTIMENTO/FANGHI	No
ANGOLO DI APERTURA PUNTA	60°

PROVA PENETROMETRICA dp1

Data esecuzione 19/01/2008 - Loc. Marina di San Salvo (CH)

Operatore EDILGEOSONDA snc

Geologo Giuseppe Ciavatta

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. amm. con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,30	4	0,853	2,73	3,20	136,43	159,99
0,60	7	0,847	4,40	5,19	219,80	259,51
0,90	11	0,842	6,86	8,16	343,17	407,79
1,20	9	0,836	5,58	6,67	279,02	333,65
1,50	4	0,831	2,30	2,76	114,85	138,18
1,80	6	0,826	3,43	4,15	171,27	207,27
2,10	7	0,822	3,97	4,84	198,69	241,81
2,40	13	0,767	6,89	8,98	344,51	449,08
2,70	14	0,763	6,91	9,06	345,38	452,76
3,00	7	0,809	3,66	4,53	183,07	226,38
3,30	7	0,805	3,64	4,53	182,17	226,38
3,60	3	0,801	1,46	1,82	73,04	91,20
3,90	4	0,797	1,94	2,43	96,94	121,60
4,20	3	0,794	1,45	1,82	72,39	91,20
4,50	8	0,790	3,63	4,59	181,33	229,44
4,80	10	0,787	4,51	5,74	225,74	286,80
5,10	4	0,784	1,80	2,29	89,94	114,72
5,40	13	0,731	5,45	7,46	272,56	372,83
5,70	11	0,778	4,65	5,97	232,35	298,58
6,00	12	0,775	5,05	6,51	252,59	325,72
6,30	12	0,773	5,03	6,51	251,74	325,72
6,60	15	0,720	5,57	7,73	278,38	386,45
6,90	17	0,718	6,29	8,76	314,45	437,98
7,20	9	0,766	3,55	4,64	177,53	231,87
7,50	17	0,713	5,95	8,34	297,35	416,79
7,80	13	0,711	4,53	6,37	226,70	318,72
8,10	18	0,709	6,26	8,83	312,99	441,30
8,40	16	0,707	5,55	7,85	277,43	392,27
8,70	17	0,705	5,61	7,95	280,41	397,55
9,00	20	0,703	6,58	9,35	329,03	467,71
9,30	19	0,702	6,24	8,89	311,78	444,32
9,60	20	0,700	6,26	8,94	312,93	447,08
9,90	21	0,648	6,09	9,39	304,31	469,43

10,20	22	0,647	6,36	9,84	317,99	491,78
10,50	32	0,595	8,15	13,70	407,62	685,10
10,80	45	0,543	10,47	19,27	523,51	963,42
11,10	37	0,592	9,38	15,84	468,81	792,14
11,40	48	0,540	11,10	20,55	555,21	1027,65
11,70	67	0,539	14,83	27,53	741,45	1376,28
12,00	75	0,537	16,55	30,81	827,63	1540,61
12,30	71	0,536	15,63	29,17	781,26	1458,44
12,60	rifiuto	0,534	21,09	39,48	1054,48	1974,12

Stima Parametri Geotecnici Prova dp1

CARATTERI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1)	6,32	0.00-0,60	6,32	Skempton 1986	24,27
Strato (2)	11,5	0,60-1,20	11,5	Skempton 1986	36,21
Strato (3)	6,52	1,20-2,10	6,52	Skempton 1986	24,77
Strato (4)	15,52	2,10-2,70	15,26	Skempton 1986	43,49
Strato (5)	5,52	2,70-4,20	5,52	Skempton 1986	22,21
Strato (6)	16,91	4,20-10,20	15,955	Skempton 1986	44,72
Strato (7)	68,29	10,20-12,60	41,645	Skempton 1986	73,67

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1)	6,32	0.00-0,60	6,32	Shioi-Fukuni 1982 Owasaki & Iwasaki	25 26
Strato (2)	11,5	0,60-1,20	11,5	Shioi-Fukuni 1982 Owasaki & Iwasaki	28 30
Strato (3)	6,52	1,20-2,10	6,52	Shioi-Fukuni 1982 Owasaki & Iwasaki	25 26
Strato (4)	15,52	2,10-2,70	15,26	Shioi-Fukuni 1982 Owasaki & Iwasaki	30 32
Strato (5)	5,52	2,70-4,20	5,52	Shioi-Fukuni 1982 Owasaki & Iwasaki	24 25
Strato (6)	16,91	4,20-10,20	15,955	Shioi-Fukuni 1982 Owasaki & Iwasaki	30 32
Strato (7)	68,29	10,20-12,60	41,645	Shioi-Fukuni 1982 Owasaki & Iwasaki	40 42

Modulo di Young

Strato (1)	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (2)	6,32	0.00-0,60	6,32	Schultze-Menzenbach	3,04
Strato (3)	11,5	0,60-1,20	11,5	Schultze-Menzenbach	5,33
Strato (4)	6,52	1,20-2,10	6,52	Schultze-Menzenbach	3,67
Strato (5)	15,52	2,10-2,70	15,26	Schultze-Menzenbach	6,99
Strato (6)	5,52	2,70-4,20	5,52	Schultze-Menzenbach	3,15
Strato (7)	16,91	4,20-10,20	15,955	Schultze-Menzenbach	7,3
Strato (1)	68,29	10,20-12,60	41,645	Schultze-Menzenbach	37,47

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1)	6,32	0.00-0,60	6,32	Menzenbach e Malcev	6,49
Strato (2)	11,5	0,60-1,20	11,5	Menzenbach e Malcev	8,76
Strato (3)	6,52	1,20-2,10	6,52	Menzenbach e Malcev	6,58
Strato (4)	15,52	2,10-2,70	15,26	Menzenbach e Malcev	10,4
Strato (5)	5,52	2,70-4,20	5,52	Menzenbach e Malcev	6,14
Strato (6)	16,91	4,20-10,20	15,955	Menzenbach e Malcev	10,7
Strato (7)	68,29	10,20-12,60	41,645	Menzenbach e Malcev	46,45

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1)	6,32	0,00-0,60	6,32	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2)	11,5	0,60-1,20	11,5	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3)	6,52	1,20-2,10	6,52	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4)	15,52	2,10-2,70	15,26	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (5)	5,52	2,70-4,20	5,52	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (6)	16,91	4,20-10,20	15,955	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (7)	68,29	10,20-12,60	41,645	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1)	6,32	0,00-0,60	6,32	Meyerhof ed altri	15
Strato (2)	11,5	0,60-1,20	11,5	Meyerhof ed altri	16,5
Strato (3)	6,52	1,20-2,10	6,52	Meyerhof ed altri	15
Strato (4)	15,52	2,10-2,70	15,26	Meyerhof ed altri	17
Strato (5)	5,52	2,70-4,20	5,52	Meyerhof ed altri	15
Strato (6)	16,91	4,20-10,20	15,955	Meyerhof ed altri	17
Strato (7)	68,29	10,20-12,60	41,645	Meyerhof ed altri	18

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1)	6,32	0,00-0,60	6,32	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,5
Strato (2)	11,5	0,60-1,20	11,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,5
Strato (3)	6,52	1,20-2,10	6,52	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,5
Strato (4)	15,52	2,10-2,70	15,26	Terzaghi-Peck 1948-1967	20
Strato (5)	5,52	2,70-4,20	5,52	Terzaghi-Peck 1948-1967	19
Strato (6)	16,91	4,20-10,20	15,955	Terzaghi-Peck 1948-1967	20
Strato (7)	68,29	10,20-12,60	41,645	Terzaghi-Peck 1948-1967	21

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1)	6,32	0,00-0,60	6,32	(A.G.I.)	0,34
Strato (2)	11,5	0,60-1,20	11,5	(A.G.I.)	0,33
Strato (3)	6,52	1,20-2,10	6,52	(A.G.I.)	0,34
Strato (4)	15,52	2,10-2,70	15,26	(A.G.I.)	0,32
Strato (5)	5,52	2,70-4,20	5,52	(A.G.I.)	0,34
Strato (6)	16,91	4,20-10,20	15,955	(A.G.I.)	0,32
Strato (7)	68,29	10,20-12,60	41,645	(A.G.I.)	0,27

PROVA PENETROMETRICA dp2*Data esecuzione 10/2016 - Loc. Marina di San Salvo (CH)*

Operatore EDILGEOSONDA snc

Geologo Giuseppe Ciavatta

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. amm. rid. Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. amm. Herminier - Olandesi (KPa)
0,30	0	0,853	0,00	0,00	0,00	0,00
0,60	1	0,847	0,63	0,74	31,40	37,07
0,90	0	0,842	0,00	0,00	0,00	0,00
1,20	1	0,836	0,62	0,74	31,00	37,07
1,50	2	0,831	1,15	1,38	57,43	69,09
1,80	3	0,826	1,71	2,07	85,64	103,63
2,10	5	0,822	2,84	3,45	141,92	172,72
2,40	2	0,817	1,13	1,38	56,46	69,09
2,70	3	0,813	1,58	1,94	78,86	97,02
3,00	11	0,809	5,75	7,11	287,68	355,74
3,30	17	0,755	8,30	11,00	414,92	549,78
3,60	13	0,751	5,93	7,90	296,75	395,20
3,90	8	0,797	3,88	4,86	193,88	243,20
4,20	5	0,794	2,41	3,04	120,64	152,00
4,50	6	0,790	2,72	3,44	136,00	172,08
4,80	13	0,737	5,50	7,46	274,82	372,83
5,10	8	0,784	3,60	4,59	179,88	229,44
5,40	11	0,781	4,93	6,31	246,40	315,47
5,70	15	0,728	5,93	8,14	296,49	407,15
6,00	13	0,725	5,12	7,06	255,99	352,86
6,30	18	0,723	7,06	9,77	353,18	488,58
6,60	17	0,720	6,31	8,76	315,50	437,98
6,90	24	0,668	8,26	12,37	413,01	618,32
7,20	25	0,666	8,57	12,88	428,73	644,08
7,50	23	0,663	7,48	11,28	374,10	563,89
7,80	15	0,711	5,23	7,36	261,58	367,75
8,10	20	0,709	6,96	9,81	347,76	490,34
8,40	20	0,707	6,94	9,81	346,79	490,34
8,70	24	0,655	7,36	11,22	367,81	561,25
9,00	26	0,653	7,95	12,16	397,33	608,02
9,30	16	0,702	5,25	7,48	262,55	374,17
9,60	18	0,700	5,63	8,05	281,64	402,37
9,90	21	0,648	6,09	9,39	304,31	469,43
10,20	22	0,647	6,36	9,84	317,99	491,78
10,50	27	0,645	7,46	11,56	372,83	578,05
10,80	28	0,643	7,71	11,99	385,69	599,46
11,10	40	0,542	9,28	17,13	464,00	856,37
11,40	57	0,540	13,19	24,41	659,31	1220,33
11,70	43	0,539	9,52	17,67	475,86	883,28
12,00	53	0,537	11,70	21,77	584,86	1088,70
12,30	58	0,536	12,76	23,83	638,22	1191,40
12,60	61	0,534	12,86	24,08	643,24	1204,21

Stima Parametri Geotecnici Prova dp2

CARATTERI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (1)	2,18	0.00 - 2,70	USDMSM Terzaghi-Peck	11,43 18,90
Strato (2)	15,76	2,70 - 3,60	USDMSM Terzaghi-Peck	---
Strato (3)	7,3	3,60 - 4,50	USDMSM Terzaghi-Peck	44,52 75,41

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (1)	2,18	0.00 - 2,70	Stroud e Butler (1975)	2,04
Strato (2)	15,76	2,70 - 3,60	Stroud e Butler (1975)	14,77
Strato (3)	7,3	3,60 - 4,50	Stroud e Butler (1975)	6,83

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1)	2,18	0.00 - 2,70	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2)	15,76	2,70 - 3,60	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (3)	7,3	3,60 - 4,50	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (1)	2,18	0.00 - 2,70	Meyerhof	16,50
Strato (2)	15,76	2,70 - 3,60	Meyerhof	20,00
Strato (3)	7,3	3,60 - 4,50	Meyerhof	18,00

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (1)	2,18	0.00 - 2,70	Meyerhof	18,50
Strato (2)	15,76	2,70 - 3,60	Meyerhof	21,50
Strato (3)	7,3	3,60 - 4,50	Meyerhof	19,00

CARATTERI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1)	2,18	0.00-2,70	2,18	Skempton (1986)	12,92
Strato (2)	15,76	2,70-3,60	15,38	Skempton (1986)	43,7
Strato (3)	7,3	3,60-4,50	7,3	Skempton (1986)	26,71
Strato (4)	15,65	4,50-6,60	15,325	Skempton (1986)	43,6
Strato (5)	24,41	6,60-10,20	19,705	Skempton (1986)	50,79
Strato (6)	52,9	10,20-12,60	33,95	Skempton (1986)	67,27

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1)	2,18	0.00-2,70	2,18	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	16 18
Strato (2)	15,76	2,70-3,60	15,38	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	30 32
Strato (3)	7,3	3,60-4,50	7,3	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	25 27
Strato (4)	15,65	4,50-6,60	15,325	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	30 32
Strato (5)	24,41	6,60-10,20	19,705	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	32 34
Strato (6)	52,9	10,20-12,60	33,95	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	38 41

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1)	2,18	0.00-2,70	2,18	Schultze-Menzenbach	---
Strato (2)	15,76	2,70-3,60	15,38	Schultze-Menzenbach	8,99 - 12,86
Strato (3)	7,3	3,60-4,50	7,3	Schultze-Menzenbach	6,20 - 8,82
Strato (4)	15,65	4,50-6,60	15,325	Schultze-Menzenbach	8,96 - 12,82
Strato (5)	24,41	6,60-10,20	19,705	Schultze-Menzenbach	11,97 - 16,10
Strato (6)	52,9	10,20-12,60	33,95	Schultze-Menzenbach	44,83 - 63,10

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1)	2,18	0.00-2,70	2,18	Begemann (1974)	3,13
Strato (2)	15,76	2,70-3,60	15,38	Menzenbach e Malcev	11,65
Strato (3)	7,3	3,60-4,50	7,3	Menzenbach e Malcev	6,73
Strato (4)	15,65	4,50-6,60	15,325	Menzenbach e Malcev	11,60
Strato (5)	24,41	6,60-10,20	19,705	Menzenbach e Malcev	15,62
Strato (6)	52,9	10,20-12,60	33,95	Menzenbach e Malcev	52,66

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1)	2,18	0.00-2,70	2,18	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2)	15,76	2,70-3,60	15,38	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3)	7,3	3,60-4,50	7,3	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4)	15,65	4,50-6,60	15,325	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (5)	24,41	6,60-10,20	19,705	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (6)	52,9	10,20-12,60	33,95	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1)	2,18	0.00-2,70	2,18	Meyerhof ed altri	---
Strato (2)	15,76	2,70-3,60	15,38	Meyerhof ed altri	17
Strato (3)	7,3	3,60-4,50	7,3	Meyerhof ed altri	16
Strato (4)	15,65	4,50-6,60	15,325	Meyerhof ed altri	17
Strato (5)	24,41	6,60-10,20	19,705	Meyerhof ed altri	18
Strato (6)	52,9	10,20-12,60	33,95	Meyerhof ed altri	19

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1)	2,18	0.00-2,70	2,18	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,5
Strato (2)	15,76	2,70-3,60	15,38	Terzaghi-Peck 1948-1967	20
Strato (3)	7,3	3,60-4,50	7,3	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,5
Strato (4)	15,65	4,50-6,60	15,325	Terzaghi-Peck 1948-1967	20
Strato (5)	24,41	6,60-10,20	19,705	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,5
Strato (6)	52,9	10,20-12,60	33,95	Terzaghi-Peck 1948-1967	21

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1)	2,18	0.00-2,70	2,18	(A.G.I.)	0,35
Strato (2)	15,76	2,70-3,60	15,38	(A.G.I.)	0,32
Strato (3)	7,3	3,60-4,50	7,3	(A.G.I.)	0,34
Strato (4)	15,65	4,50-6,60	15,325	(A.G.I.)	0,32
Strato (5)	24,41	6,60-10,20	19,705	(A.G.I.)	0,32
Strato (6)	52,9	10,20-12,60	33,95	(A.G.I.)	0,29

PROVA PENETROMETRICA dp3

Data esecuzione 22/01/1999 - Loc. Marina di San Salvo (CH)

Operatore EDILGEOSONDA snc

Geologo Giuseppe Ciavatta

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. amm. rid. Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. amm. Herminier - Olandesi (KPa)
0,30	1	0,853	0,57	0,67	28,59	33,53
0,60	5	0,847	2,84	3,35	141,98	167,63
0,90	10	0,842	5,16	6,13	257,96	306,53
1,20	11	0,836	5,64	6,74	281,98	337,19
1,50	11	0,831	5,61	6,74	280,27	337,19
1,80	10	0,826	5,07	6,13	253,30	306,53
2,10	7	0,822	3,25	3,95	162,39	197,64
2,40	4	0,817	1,85	2,26	92,29	112,94
2,70	4	0,813	1,84	2,26	91,80	112,94

3,00	8	0,809	3,39	4,19	169,30	209,35
3,30	7	0,805	2,95	3,66	147,41	183,18
3,60	7	0,801	2,93	3,66	146,71	183,18
3,90	10	0,797	3,89	4,88	194,40	243,85
4,20	11	0,794	4,26	5,36	212,90	268,24
4,50	28	0,690	9,43	13,66	471,35	682,79
4,80	11	0,787	4,22	5,36	211,13	268,24
5,10	18	0,734	6,03	8,22	301,62	410,93
5,40	13	0,731	4,34	5,94	216,96	296,78
5,70	8	0,778	2,84	3,65	142,13	182,63
6,00	13	0,725	4,05	5,58	202,39	278,98
6,30	20	0,723	6,21	8,58	310,25	429,20
6,60	15	0,720	4,64	6,44	231,88	321,90
6,90	20	0,718	5,81	8,10	290,71	404,91
7,20	10	0,766	3,10	4,05	155,01	202,46
7,50	14	0,713	4,04	5,67	202,21	283,44
7,80	23	0,661	6,16	9,31	307,93	465,65
8,10	20	0,709	5,44	7,66	271,80	383,23
8,40	25	0,657	6,30	9,58	314,85	479,03
8,70	20	0,705	5,41	7,66	270,30	383,23
9,00	23	0,653	5,47	8,37	273,36	418,31
9,30	23	0,652	5,45	8,37	272,61	418,31
9,60	22	0,650	5,20	8,00	260,06	400,12
9,90	13	0,698	3,14	4,50	157,10	225,00
10,20	47	0,547	8,89	16,27	444,63	813,45
10,50	27	0,645	6,03	9,35	301,40	467,30
10,80	51	0,543	9,59	17,65	479,64	882,68
11,10	51	0,542	9,12	16,84	456,19	841,95

Stima Parametri Geotecnici Prova dp3

CARATTERI COESIV I

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (1)	3,4	0.00-0,60	U.S.D.M.S.M. Terzaghi-Peck	13,63 20,89

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (1)	3,4	0.00-0,60	Stroud e Butler (1975)	1,67

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1)	3,4	0.00-0,60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (1)	3,4	0.00-0,60	Meyerhof	16,28

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (1)	3,4	0.00-0,60	Meyerhof	18,24

CARATTERI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1)	3,4	0,00-0,60	3,4	Skempton (1986)	16,44
Strato (2)	12,11	0,60-1,80	12,11	Skempton (1986)	37,46
Strato (3)	7,22	1,80-3,60	7,22	Skempton (1986)	26,51
Strato (4)	12,45	3,60-4,20	12,45	Skempton (1986)	38,15
Strato (5)	33,6	4,20-4,50	24,3	Skempton (1986)	57,09
Strato (6)	13,2	4,50-4,80	13,2	Skempton (1986)	39,63
Strato (7)	17,81	4,80-7,50	16,405	Skempton (1986)	45,49
Strato (8)	26,21	7,50-9,90	20,605	Skempton (1986)	60,98
Strato (9)	55,26	9,90-11,10	35,13	Skempton (1986)	72,8

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1)	3,4	0,00-0,60	3,4	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	22 23
Strato (2)	12,11	0,60-1,80	12,11	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	28 30
Strato (3)	7,22	1,80-3,60	7,22	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	25 27
Strato (4)	12,45	3,60-4,20	12,45	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	28 30
Strato (5)	33,6	4,20-4,50	24,3	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	34 37
Strato (6)	13,2	4,50-4,80	13,2	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	29 31
Strato (7)	17,81	4,80-7,50	16,405	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	31 33
Strato (8)	26,21	7,50-9,90	20,605	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	33 35
Strato (9)	55,26	9,90-11,10	35,13	Shioi-Fukuni (1982) Owasaki & Iwasaki	38 41

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1)	3,4	0,00-0,60	3,4	Schultze-Menzenbach	---
Strato (2)	12,11	0,60-1,80	12,11	Schultze-Menzenbach	5,6
Strato (3)	7,22	1,80-3,60	7,22	Schultze-Menzenbach	4,04
Strato (4)	12,45	3,60-4,20	12,45	Schultze-Menzenbach	5,75
Strato (5)	33,6	4,20-4,50	24,3	Schultze-Menzenbach	10,98
Strato (6)	13,2	4,50-4,80	13,2	Schultze-Menzenbach	6,08
Strato (7)	17,81	4,80-7,50	16,405	Schultze-Menzenbach	7,49
Strato (8)	26,21	7,50-9,90	20,605	Schultze-Menzenbach	9,35
Strato (9)	55,26	9,90-11,10	35,13	Schultze-Menzenbach	30,76

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1)	3,4	0,00-0,60	3,4	Begemann (1974)	2,38
Strato (2)	12,11	0,60-1,80	12,11	Menzenbach e Malcev	9,02
Strato (3)	7,22	1,80-3,60	7,22	Menzenbach e Malcev	6,88
Strato (4)	12,45	3,60-4,20	12,45	Menzenbach e Malcev	9,17
Strato (5)	33,6	4,20-4,50	24,3	Menzenbach e Malcev	28,65
Strato (6)	13,2	4,50-4,80	13,2	Menzenbach e Malcev	9,5
Strato (7)	17,81	4,80-7,50	16,405	Menzenbach e Malcev	10,9
Strato (8)	26,21	7,50-9,90	20,605	Menzenbach e Malcev	12,74
Strato (9)	55,26	9,90-11,10	35,13	Menzenbach e Malcev	39,76

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1)	3,4	0,00-0,60	3,4	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2)	12,11	0,60-1,80	12,11	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3)	7,22	1,80-3,60	7,22	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4)	12,45	3,60-4,20	12,45	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (5)	33,6	4,20-4,50	24,3	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (6)	13,2	4,50-4,80	13,2	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (7)	17,81	4,80-7,50	16,405	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (8)	26,21	7,50-9,90	20,605	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (9)	55,26	9,90-11,10	35,13	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1)	3,4	0,00-0,60	3,4	Meyerhof ed altri	15
Strato (2)	12,11	0,60-1,80	12,11	Meyerhof ed altri	16
Strato (3)	7,22	1,80-3,60	7,22	Meyerhof ed altri	15,5
Strato (4)	12,45	3,60-4,20	12,45	Meyerhof ed altri	16
Strato (5)	33,6	4,20-4,50	24,3	Meyerhof ed altri	17
Strato (6)	13,2	4,50-4,80	13,2	Meyerhof ed altri	16
Strato (7)	17,81	4,80-7,50	16,405	Meyerhof ed altri	16,5
Strato (8)	26,21	7,50-9,90	20,605	Meyerhof ed altri	17
Strato (9)	55,26	9,90-11,10	35,13	Meyerhof ed altri	18

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1)	3,4	0,00-0,60	3,4	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,50
Strato (2)	12,11	0,60-1,80	12,11	Terzaghi-Peck 1948-1967	19
Strato (3)	7,22	1,80-3,60	7,22	Terzaghi-Peck 1948-1967	19
Strato (4)	12,45	3,60-4,20	12,45	Terzaghi-Peck 1948-1967	19
Strato (5)	33,6	4,20-4,50	24,3	Terzaghi-Peck 1948-1967	20
Strato (6)	13,2	4,50-4,80	13,2	Terzaghi-Peck 1948-1967	19
Strato (7)	17,81	4,80-7,50	16,405	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,5
Strato (8)	26,21	7,50-9,90	20,605	Terzaghi-Peck 1948-1967	20
Strato (9)	55,26	9,90-11,10	35,13	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,5

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1)	3,4	0,00-0,60	3,4	(A.G.I.)	0,35
Strato (2)	12,11	0,60-1,80	12,11	(A.G.I.)	0,33
Strato (3)	7,22	1,80-3,60	7,22	(A.G.I.)	0,34
Strato (4)	12,45	3,60-4,20	12,45	(A.G.I.)	0,33
Strato (5)	33,6	4,20-4,50	24,3	(A.G.I.)	0,31
Strato (6)	13,2	4,50-4,80	13,2	(A.G.I.)	0,33
Strato (7)	17,81	4,80-7,50	16,405	(A.G.I.)	0,32
Strato (8)	26,21	7,50-9,90	20,605	(A.G.I.)	0,31
Strato (9)	55,26	9,90-11,10	35,13	(A.G.I.)	0,28

PROVA PENETROMETRICA dp4

Data esecuzione 03/2009 - Loc. Marina di San Salvo (CH)

Operatore EDILGEOSONDA snc

Geologo Giuseppe Ciavatta

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. Amm. con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. Amm. Herminier - Olandesi (KPa)
0,30	3	0,853	2,05	2,40	102,32	120,00
0,60	9	0,847	5,65	6,67	282,60	333,65
0,90	12	0,842	7,49	8,90	374,37	444,87
1,20	11	0,836	6,82	8,16	341,02	407,79
1,50	11	0,831	6,32	7,60	315,85	379,99
1,80	10	0,826	5,71	6,91	285,45	345,45
2,10	9	0,822	5,11	6,22	255,45	310,90
2,40	7	0,817	3,95	4,84	197,60	241,81
2,70	7	0,813	3,68	4,53	184,01	226,38
3,00	4	0,809	2,09	2,59	104,61	129,36
3,30	5	0,805	2,60	3,23	130,12	161,70
3,60	4	0,801	1,95	2,43	97,39	121,60
3,90	4	0,797	1,94	2,43	96,94	121,60
4,20	4	0,794	1,93	2,43	96,51	121,60
4,50	9	0,790	4,08	5,16	204,00	258,12
4,80	12	0,787	5,42	6,88	270,88	344,15
5,10	16	0,734	6,74	9,18	336,82	458,87
5,40	17	0,731	7,13	9,75	356,42	487,55
5,70	14	0,728	5,53	7,60	276,72	380,01
6,00	15	0,725	5,91	8,14	295,38	407,15
6,30	11	0,773	4,62	5,97	230,76	298,58
6,60	9	0,770	3,57	4,64	178,62	231,87
6,90	11	0,768	4,35	5,67	217,63	283,40
7,20	9	0,766	3,55	4,64	177,53	231,87
7,50	14	0,713	4,90	6,86	244,87	343,24
7,80	15	0,711	5,23	7,36	261,58	367,75
8,10	14	0,709	4,87	6,86	243,43	343,24
8,40	14	0,707	4,86	6,86	242,75	343,24
8,70	15	0,705	4,95	7,02	247,42	350,78
9,00	17	0,703	5,59	7,95	279,67	397,55
9,30	18	0,702	5,91	8,42	295,37	420,94
9,60	16	0,700	5,01	7,15	250,35	357,66
9,90	23	0,648	6,67	10,28	333,29	514,14
10,20	22	0,647	6,36	9,84	317,99	491,78
10,50	20	0,695	5,95	8,56	297,58	428,19
10,80	40	0,543	9,31	17,13	465,34	856,37
11,10	35	0,592	8,87	14,99	443,47	749,33
11,40	35	0,590	8,85	14,99	442,31	749,33
11,70	46	0,539	10,18	18,90	509,06	944,91
12,00	50	0,537	11,04	20,54	551,75	1027,07

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA dp4**TERRENI INCOERENTI I**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1)	3,45	0,00-0,30	3,45	Skempton 1986	16,58
Strato (2)	11,91	0,30-2,10	11,91	Skempton 1986	37,05
Strato (3)	5,75	2,10-4,20	5,75	Skempton 1986	22,81
Strato (4)	15,72	4,20-9,60	15,36	Skempton 1986	43,67
Strato (5)	24,92	9,60-10,50	19,96	Skempton 1986	51,17
Strato (6)	47,38	10,50-12,00	31,19	Skempton 1986	64,69

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1)	3,45	0,00-0,30	3,45	Shioi-Fukuni 1982 Owasaki& Iwasaki	22 23
Strato (2)	11,91	0,30-2,10	11,91	Shioi-Fukuni 1982 Owasaki& Iwasaki	28 30
Strato (3)	5,75	2,10-4,20	5,75	Shioi-Fukuni 1982 Owasaki& Iwasaki	25 26
Strato (4)	15,72	4,20-9,60	15,36	Shioi-Fukuni 1982 Owasaki& Iwasaki	30 32
Strato (5)	24,92	9,60-10,50	19,96	Shioi-Fukuni 1982 Owasaki& Iwasaki	32 35
Strato (6)	47,38	10,50-12,00	31,19	Shioi-Fukuni 1982 Owasaki& Iwasaki	37 40

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1)	3,45	0,00-0,30	3,45	Schultze-Menzenbach	4,32
Strato (2)	11,91	0,30-2,10	11,91	Schultze-Menzenbach	5,51
Strato (3)	5,75	2,10-4,20	5,75	Schultze-Menzenbach	3,27
Strato (4)	15,72	4,20-9,60	15,36	Schultze-Menzenbach	7,03
Strato (5)	24,92	9,60-10,50	19,96	Schultze-Menzenbach	9,06
Strato (6)	47,38	10,50-12,00	31,19	Schultze-Menzenbach	26,7

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1)	3,45	0,00-0,30	3,45	Menzenbach e Malcev	5,24
Strato (2)	11,91	0,30-2,10	11,91	Menzenbach e Malcev	8,94
Strato (3)	5,75	2,10-4,20	5,75	Menzenbach e Malcev	6,24
Strato (4)	15,72	4,20-9,60	15,36	Menzenbach e Malcev	10,45
Strato (5)	24,92	9,60-10,50	19,96	Menzenbach e Malcev	12,46
Strato (6)	47,38	10,50-12,00	31,19	Menzenbach e Malcev	35,72

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1)	3,45	0,00-0,30	3,45	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2)	11,91	0,30-2,10	11,91	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3)	5,75	2,10-4,20	5,75	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4)	15,72	4,20-9,60	15,36	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (5)	24,92	9,60-10,50	19,96	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (6)	47,38	10,50-12,00	31,19	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1)	3,45	0,00-0,30	3,45	Meyerhof ed altri	15
Strato (2)	11,91	0,30-2,10	11,91	Meyerhof ed altri	16
Strato (3)	5,75	2,10-4,20	5,75	Meyerhof ed altri	15
Strato (4)	15,72	4,20-9,60	15,36	Meyerhof ed altri	16
Strato (5)	24,92	9,60-10,50	19,96	Meyerhof ed altri	17
Strato (6)	47,38	10,50-12,00	31,19	Meyerhof ed altri	18

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1)	3,45	0,00-0,30	3,45	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,5
Strato (2)	11,91	0,30-2,10	11,91	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,5
Strato (3)	5,75	2,10-4,20	5,75	Terzaghi-Peck 1948-1967	19
Strato (4)	15,72	4,20-9,60	15,36	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,5
Strato (5)	24,92	9,60-10,50	19,96	Terzaghi-Peck 1948-1967	20
Strato (6)	47,38	10,50-12,00	31,19	Terzaghi-Peck 1948-1967	21

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1)	3,45	0,00-0,30	3,45	(A.G.I.)	0,35
Strato (2)	11,91	0,30-2,10	11,91	(A.G.I.)	0,33
Strato (3)	5,75	2,10-4,20	5,75	(A.G.I.)	0,34
Strato (4)	15,72	4,20-9,60	15,36	(A.G.I.)	0,32
Strato (5)	24,92	9,60-10,50	19,96	(A.G.I.)	0,31
Strato (6)	47,38	10,50-12,00	31,19	(A.G.I.)	0,29

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE**Prove CPT: Metodologia dell'indagine**

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm / s} \pm 0,5 \text{ cm / s}$). La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica. La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo "*Begemann*".

Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro punta conica meccanica $\varnothing = 35,7 \text{ mm}$
- area di punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo di apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne è installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste.

Registrazione Dati.

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna. I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri. Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm^2) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto
- Lettura totale **LLTT** = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (tale lettura non sempre viene rilevata in quanto non è influente metodologicamente ai fini interpretativi).

Metodologia di Elaborazione

I dati rilevati della prova sono quindi una coppia di valori per ogni intervallo di lettura costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto), le relative resistenze vengono quindi desunte per differenza, inoltre la resistenza laterale viene conteggiata 20 cm sotto

(alla quota della prima lettura della punta). Trasferiti i dati ad un PC sono stati elaborati da un programma di calcolo “*STATIC PROBING*” della GeoStru. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un’immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. I dati di uscita principali sono RP (Resistenza alla punta) e RL (Resistenza laterale o fs, attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) che il programma calcola automaticamente; inoltre viene calcolato il Rapporto RP/RL (Rapporto Begemann 1965) e il Rapporto RL/RP (Rapporto Schmertmann 1978 – FR %).

I valori sono calcolati con queste formule:

$$Q_c \text{ (RP)} = (LP \times Ct) / 10 \text{ cm}^2. \quad \text{Resistenza alla punta}$$

$$Q_l \text{ (RL) (fs)} = [(LT - LP) \times Ct] / 150 \text{ cm}^2. \quad \text{Resistenza laterale}$$

$Q_c \text{ (RP)} = \text{Lettura alla punta } LP \times \text{Costante di Trasformazione } Ct / \text{Superficie Punta } A_p$

$Q_l \text{ (RL) (fs)} = \text{Lettura laterale } LT - \text{Lettura alla punta } LP \times \text{Costante di Trasformazione } Ct / A_m \text{ area del manicotto di frizione}$

N.B.

- $A_p = 10 \text{ cm}^2$ e $A_m = 150 \text{ cm}^2$

- la resistenza laterale viene conteggiata **20 cm sotto** (alla quota della prima lettura della punta)

Valutazioni Statistiche

Permette l’elaborazione statistica dei dati numerici di Static Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Medio

Media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media (+) s

Media (+) scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media (-) s

Media (-) scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

PROVA PENETROMETRICA STATICA sp1

Data esecuzione 18/11/2003 - Loc. Marina di San Salvo (CH)

Operatore EDILGEOSONDA snc

Geologo Giuseppe Ciavatta

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda

Punta conica meccanica

Manicotto laterale di attrito tipo "Begemann"

Velocità di avanzamento costante

Spinta max nominale dello strumento

Costante di trasformazione (lett. \Rightarrow spinta) ϕ 35.7 mm, agolo di apertura $\alpha = 60^\circ$, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$ (f 35.7 mm, h 133mm, sup. lat. Am. = 150 cm^2) $v = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0.5 \text{ cm/sec}$)

Smax variabile a seconda del tipo

 $C_t = \text{spinta (Kg)}/\text{lettura campagna} = 10$

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,60	0,00	0,0	0,0	0,267		
0,80	3,00	7,0	3,0	0,467	6,424	15,6
1,00	10,00	17,0	10,0	1,067	9,372	10,7
1,20	12,00	28,0	12,0	1,133	10,591	9,4
1,40	21,00	38,0	21,0	0,467	44,968	2,2
1,60	17,00	24,0	17,0	0,933	18,221	5,5
1,80	14,00	28,0	14,0	1,267	11,05	9,1
2,00	59,00	78,0	59,0	0,6	98,333	1,0
2,20	69,00	78,0	69,0	1,067	64,667	1,5
2,40	15,00	31,0	15,0	0,733	20,464	4,9
2,60	49,00	60,0	49,0	0,8	61,25	1,6
2,80	41,00	53,0	41,0	1,2	34,167	2,9
3,00	41,00	59,0	41,0	0,8	51,25	2,0
3,20	43,00	55,0	43,0	0,8	53,75	1,9
3,40	38,00	50,0	38,0	0,467	81,37	1,2
3,60	18,00	25,0	18,0	0,667	26,987	3,7
3,80	29,00	39,0	29,0	0,667	43,478	2,3
4,00	32,00	42,0	32,0	1,0	32,0	3,1
4,20	14,00	29,0	14,0	0,667	20,99	4,8
4,40	39,00	49,0	39,0	0,6	65,0	1,5
4,60	28,00	37,0	28,0	0,533	52,533	1,9
4,80	39,00	47,0	39,0	0,667	58,471	1,7
5,00	30,00	40,0	30,0	1,067	28,116	3,6
5,20	64,00	80,0	64,0	1,333	48,012	2,1
5,40	88,00	108,0	88,0	1,333	66,017	1,5
5,60	42,00	62,0	42,0	0,667	62,969	1,6
5,80	54,00	64,0	54,0	0,733	73,67	1,4
6,00	45,00	56,0	45,0	2,667	16,873	5,9
6,20	90,00	130,0	90,0	1,267	71,034	1,4
6,40	144,00	163,0	144,0	1,067	134,958	0,7
6,60	130,00	146,0	130,0	1,2	108,333	0,9
6,80	144,00	162,0	144,0	2,133	67,511	1,5
7,00	92,00	124,0	92,0	1,467	62,713	1,6
7,20	111,00	133,0	111,0	1,133	97,97	1,0
7,40	52,00	69,0	52,0	1,267	41,042	2,4
7,60	171,00	190,0	171,0	0,933	183,28	0,5
7,80	92,00	106,0	92,0	1,8	51,111	2,0
8,00	76,00	103,0	76,0	1,067	71,228	1,4
8,20	146,00	162,0	146,0	1,0	146,0	0,7
8,40	66,00	81,0	66,0	0,733	90,041	1,1
8,60	72,00	83,0	72,0	2,067	34,833	2,9
8,80	90,00	121,0	90,0	1,067	84,349	1,2
9,00	154,00	170,0	154,0	2,267	67,931	1,5
9,20	158,00	192,0	158,0	2,0	79,0	1,3
9,40	168,00	198,0	168,0	2,0	84,0	1,2
9,60	136,00	166,0	136,0	1,0	136,0	0,7
9,80	168,00	183,0	168,0	1,067	157,451	0,6
10,00	78,00	94,0	78,0	-0,467	-167,024	-0,6
10,20	150,00	143,0	150,0	0,933	160,772	0,6
10,40	128,00	142,0	128,0	0,933	137,192	0,7
10,60	129,00	143,0	129,0	1,667	77,385	1,3
10,80	148,00	173,0	148,0	2,2	67,273	1,5
11,00	155,00	188,0	155,0	0,0		0,0

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA sp1**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0,00 - 0,80	0,75	0,184	0,0	0,0	Marsland e Powell 1979 Terzaghi	0,0
Strato 2	0,80 - 1,80	14,8	0,973	0,1	0,1	Marsland e Powell 1979 Terzaghi	0,49 0,70

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0,00 - 0,80	0,75	0,184	0,0	0,0	Buisman suoli organici M.D.M.E.	0,0
Strato 2	0,80 - 1,80	14,8	0,973	0,1	0,1	Buisman suoli organici M.D.M.E.	17,02 48,4

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0,00 - 0,80	0,75	0,184	0,0	0,0	Meyerhof	1,4
Strato 2	0,80 - 1,80	14,8	0,973	0,1	0,1	Meyerhof	1,9

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	0,00 - 0,80	0,75	0,184	0,0	0,0	1,84033	0,23924
Strato 2	0,80 - 1,80	14,8	0,973	0,1	0,1	0,15686	0,02039

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0,00 - 0,80	0,75	0,184	0,0	0,0	Meyerhof	1,5
Strato 2	0,80 - 1,80	14,8	0,973	0,1	0,1	Meyerhof	2,0

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	0,80 - 1,80	14,8	0,973	0,1	0,1	Baldi 1978- Schmertmann 1976	30,91
Strato 3	1,80 - 3,40	44,375	0,808	0,4	0,3	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	62,27
Strato 4	3,40 - 4,20	23,25	0,75	0,6	0,4	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	38,71
Strato 5	4,20 - 6,20	51,9	1,087	0,9	0,5	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	57,21
Strato 6	6,20 - 8,80	106,615	1,303	1,3	0,7	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	72,46
Strato 7	8,80 - 11,00	142,909	1,236	1,8	1,0	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	76,68

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	0,80 - 1,80	14,8	0,973	0,1	0,1	Meyerhof 1951	22
Strato 3	1,80 - 3,40	44,375	0,808	0,4	0,3	Herminier Koppejan	32 32,5
Strato 4	3,40 - 4,20	23,25	0,75	0,6	0,4	Herminier Koppejan	25 27
Strato 5	4,20 - 6,20	51,9	1,087	0,9	0,5	Herminier Koppejan	28 30
Strato 6	6,20 - 8,80	106,615	1,303	1,3	0,7	Herminier Koppejan	31 32
Strato 7	8,80 - 11,00	142,909	1,236	1,8	1,0	Herminier Koppejan	31 32

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 2	0,80 - 1,80	14,8	0,973	0,1	0,1	ISOPT-1 1988	21,26
Strato 3	1,80 - 3,40	44,375	0,808	0,4	0,3	ISOPT-1 1988	54,19
Strato 4	3,40 - 4,20	23,25	0,75	0,6	0,4	ISOPT-1 1988	36,18
Strato 5	4,20 - 6,20	51,9	1,087	0,9	0,5	ISOPT-1 1988	69,75
Strato 6	6,20 - 8,80	106,615	1,303	1,3	0,7	ISOPT-1 1988	125,72
Strato 7	8,80 - 11,00	142,909	1,236	1,8	1,0	ISOPT-1 1988	164,3

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 2	0,80 - 1,80	14,8	0,973	0,1	0,1	Mitchell & Gardner 1975	29,6
Strato 3	1,80 - 3,40	44,375	0,808	0,4	0,3	Mitchell & Gardner 1975	88,75
Strato 4	3,40 - 4,20	23,25	0,75	0,6	0,4	Mitchell & Gardner 1975	46,5
Strato 5	4,20 - 6,20	51,9	1,087	0,9	0,5	Mitchell & Gardner 1975	88,23
Strato 6	6,20 - 8,80	106,615	1,303	1,3	0,7	Mitchell & Gardner 1975	159,92
Strato 7	8,80 - 11,00	142,909	1,236	1,8	1,0	Mitchell & Gardner 1975	214,36

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 2	0,80 - 1,80	14,8	0,973	0,1	0,1	0,15686	0,02039
Strato 3	1,80 - 3,40	44,375	0,808	0,4	0,3	0,10882	0,01415
Strato 4	3,40 - 4,20	23,25	0,75	0,6	0,4	0,1242	0,01615
Strato 5	4,20 - 6,20	51,9	1,087	0,9	0,5	0,10478	0,01362
Strato 6	6,20 - 8,80	106,615	1,303	1,3	0,7	0,09412	0,01224
Strato 7	8,80 - 11,00	142,909	1,236	1,8	1,0	0,09492	0,01234

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	0,80 - 1,80	14,8	0,973	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
Strato 3	1,80 - 3,40	44,375	0,808	0,4	0,3	Meyerhof	1,8
Strato 4	3,40 - 4,20	23,25	0,75	0,6	0,4	Meyerhof	1,8
Strato 5	4,20 - 6,20	51,9	1,087	0,9	0,5	Meyerhof	1,8
Strato 6	6,20 - 8,80	106,615	1,303	1,3	0,7	Meyerhof	1,9
Strato 7	8,80 - 11,00	142,909	1,236	1,8	1,0	Meyerhof	1,9

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	0,80 - 1,80	14,8	0,973	0,1	0,1	Meyerhof	2,1
Strato 3	1,80 - 3,40	44,375	0,808	0,4	0,3	Meyerhof	2,1
Strato 4	3,40 - 4,20	23,25	0,75	0,6	0,4	Meyerhof	2,1
Strato 5	4,20 - 6,20	51,9	1,087	0,9	0,5	Meyerhof	2,1
Strato 6	6,20 - 8,80	106,615	1,303	1,3	0,7	Meyerhof	2,2
Strato 7	8,80 - 11,00	142,909	1,236	1,8	1,0	Meyerhof	2,2

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0,00 - 0,80	0,75	0,184	0,0	0,0	Piacentini-Righi 1988	---
Strato 2	0,80 - 1,80	14,8	0,973	0,1	0,1	Piacentini-Righi 1988	1,00E-09
Strato 3	1,80 - 3,40	44,375	0,808	0,4	0,3	Piacentini-Righi 1988	8,66E-04
Strato 4	3,40 - 4,20	23,25	0,75	0,6	0,4	Piacentini-Righi 1988	2,84E-06
Strato 5	4,20 - 6,20	51,9	1,087	0,9	0,5	Piacentini-Righi 1988	2,72E-04
Strato 6	6,20 - 8,80	106,615	1,303	1,3	0,7	Piacentini-Righi 1988	8,89E-03
Strato 7	8,80 - 11,00	142,909	1,236	1,8	1,0	Piacentini-Righi 1988	1,00E-03

INDAGINI SISMICHE

Multichannel Analysis Surface Waves

Metodologia MASW

La tecnica MASW (*Multichannel Analysis Surface Waves*) è una metodologia recente che stabilisce il profilo di rigidità e velocità sismiche in maniera indiretta, tramite la misura in sito della dispersione (variazione delle velocità a diverse frequenze) delle onde superficiali di Rayleigh (V_r) in un semispazio stratificato. L'indagine si realizza disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale una mazza battente su piastra metallica, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, e l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni, quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda. La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma *profondità/velocità onde di taglio* tramite modellizzazione matematica con algoritmi finalizzati a minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata dall'indagine, di lunghezza corrispondente all'incirca a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (V_p). Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. Il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri.

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale. La massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

Interpretazione dei dati

L'interpretazione delle tecniche di rilievo sismico MASW trae spunto dai lavori di Nazarian e Stokoe

(1984-94), che per primi hanno presentato il cosiddetto metodo SASW. Tale metodo utilizzava una sorgente d'impulso e 2 soli sismometri di rilevazione (1 Hz). La tecnica SASW, come d'altronde la MASW, è basata sul fatto che, prendendo in considerazione il segnale che si propaga nel suolo a seguito di una energizzazione, la quasi totalità dell'energia (circa 2/3 o più) si propaga tramite onde superficiali (onde di Rayleigh). Park et al. (1999) hanno studiato e sviluppato il metodo MASW per sopperire alle difficoltà d'applicazione della tecnica SAWS in diverse situazioni. La differenza principale è l'utilizzo simultaneo di 24 (o più) geofoni (sismometri polarizzati verticalmente - frequenza max 4,5 Hz) per consentire di ricavare numerosi profili di velocità V_s , desunti dallo studio delle velocità di fase, dei numerosi treni d'onda di Rayleigh che sono registrati ai sismometri. I geofoni possono essere spazati da 0,5 sino ad un massimo di circa 8-10 m e forniscono una ridondanza statistica delle misure delle velocità di fase, avvalorandone quindi la veridicità (rispetto al metodo SAWS che si basava su di un'unica misura). Le tracce dei sismogrammi, salvate nel dominio temporale, permettono di distinguere ed evidenziare (nel record di registrazione) le onde di Rayleigh, caratterizzate da elevata ampiezza di segnale.

Dal sismogramma è possibile risalire alla curva di dispersione (cioè un grafico ampiezza/frequenza) mediante la relazione $VR(f)=f/k$, dove f = frequenza e k = numero d'onda. Il processo di individuazione della curva di dispersione caratteristica del sito in esame è eseguito tramite software. La successiva fase di elaborazione-interpretazione è condotta eseguendo una "analisi spettrale", e consiste sostanzialmente nella risoluzione del cosiddetto problema inverso: a partire dalla curva di dispersione misurata in situ, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri sismici confrontando i dati sperimentali, con curve teoriche di modelli geofisici noti. Utilizzando opportuni software viene ricercato il modello geologico che più approssima la curva sperimentale ottenuta. Dopo aver individuato il modello geofisico del terreno indagato è possibile stabilire il profilo di velocità sismiche (V_p , V_s) in modo tale da calcolare l'azione sismica di sito (V_{s30}).

Considerazioni sulle tecniche di inversione

- Le tecniche d'inversione possono fornire soluzioni non univoche, e per ovviare a questa possibilità occorre eseguire tarature con dati reali del sito (prove penetrometriche, indagini stratigrafiche, ecc), utilizzando anche parametri che esprimano la "rigidezza" degli strati individuati (coeff. Poisson), per indirizzare l'inversione verso un modello il più possibile vicino a quello reale.
- La funzione obiettivo (il misfit tra dato osservato e dato calcolato) è prossima a zero solo in caso ideale, ossia in assenza di rumore; per questo motivo il sismogramma può essere trattato o filtrato per ridurre al minimo od eliminare eventuali rumori o disturbi esterni, che non sono legati in alcun modo all'onda sismica analizzata.

PROSPEZIONE SISMICA MASW

INDAGINE GEOFISICA P2*Data esecuzione 23/10/2016***(Geol. G. Ciavatta – Geol. G. Rossi)**

L'indagine geofisica P2 (vedi Carta delle Indagini) è stata condotta mediante profilo sismico ed elaborazione dati con metodologia d'indagine M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) di ml 23.0, con n.12 end- shots ad una distanza di -3 m, -5 m, -7 m dal primo e dall'ultimo geofono, per la determinazione delle Vs30, con l'intento di determinare i principali parametri elastomeccanici dei terreni del sottosuolo.

Le coordinate del punto medio del sito in WGS 84 sono: *Lat 42.0706 Long 14.7736*

Per l'elaborazione dei dati sono stati utilizzati i seguenti software: *Easy MASW della Geostru Software e "Geopsy" sviluppato dall'Università "Joseph Fourier(France)-Liegi (Belgium)"*.

Strumentazione e configurazione geometrica

Sismografo multicanale M.A.E. A6000S, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.00005 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break)
- filtri High Pass e Band Reject
- "Automatic Gain Control"
- convertitore A/D a 24 bit
- 24 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 8 Kg

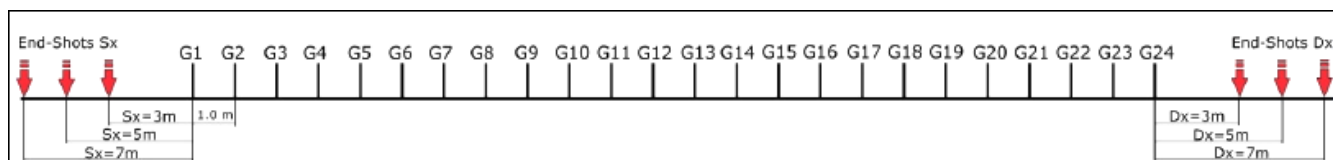


Fig 1) configurazione geometrica indagine

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea". In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:

- 24 geofoni con interspazio (G_x) di 1.0 metri;
- guadagno costante (stesso valore per tutti i canali), nessun AGC (Automatic Gain Control), nessun filtro, guadagno impostato sui 24 dB in modo da evitare saturazione nelle tracce più vicine allo shot e non perdendo troppo segnale alle tracce più lontane;
- n. 12 energizzazioni con n.2 shots cadauno ad offset (S_x - D_x) -3 m; -5 m; -7 m dal primo geofono e dall'ultimo geofono;
- frequenza di campionamento pari a 1000 campioni secondo;
- tempo di registrazione 2,048 ms;
- numero di campioni 2048;

- frequenza minima di elaborazione 5 Hz;
- frequenza massima di elaborazione 60 Hz;
- velocità minima di elaborazione 1 m/s;
- velocità massima di elaborazione 800 m/s;
- intervallo di velocità 20 m/s.

Tale configurazione ha consentito di mitigare gli effetti near-field dovuti alle onde di volume.

Elaborazione dati

fase 1) trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f – numero d'onda K ;

fase 2) individuazione delle coppie f - k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) consentendo di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano Velocità di fase (m/sec)–frequenza (Hz) o lentezza (sec/m)–frequenza (Hz).

Fase 3) calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p , la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo.

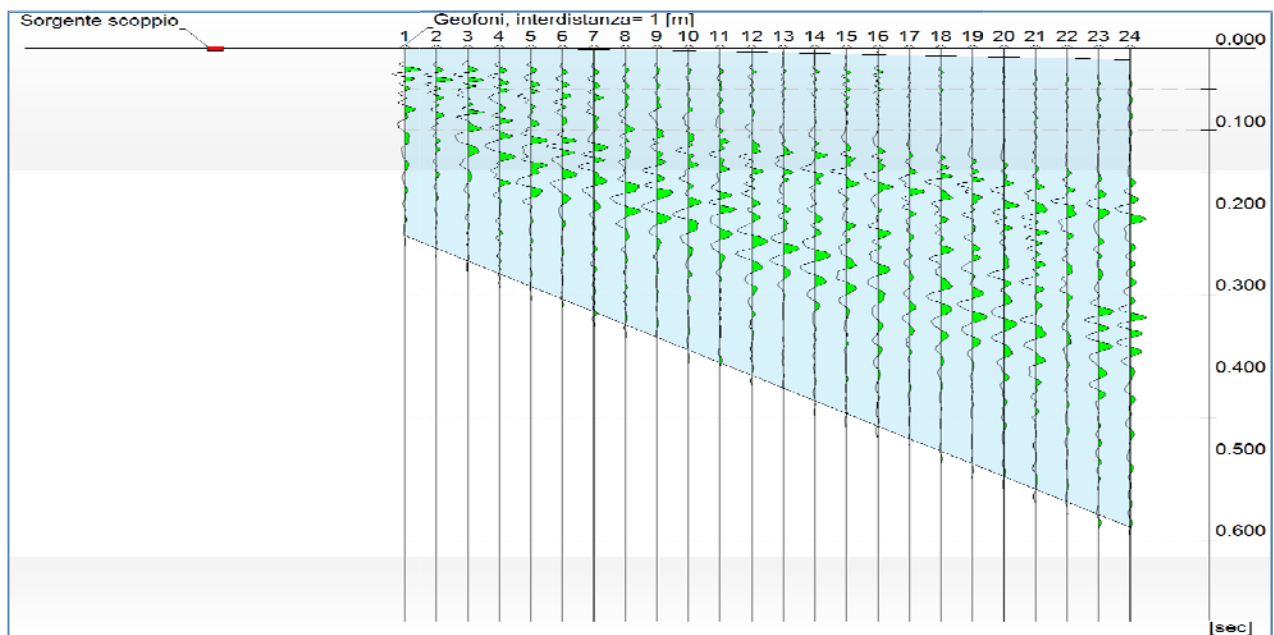


Fig 2) grafico del sismogramma e della densità spettrale ottenuto per il relativo punto di indagine P2.

Nel grafico della densità spettrale, la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/sec)-frequenza (Hz) in un intervallo di frequenza compreso tra 5 Hz e 60 Hz. La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra poco meno di 99 m/sec e poco più di 378 m/sec (Fig.3-4).

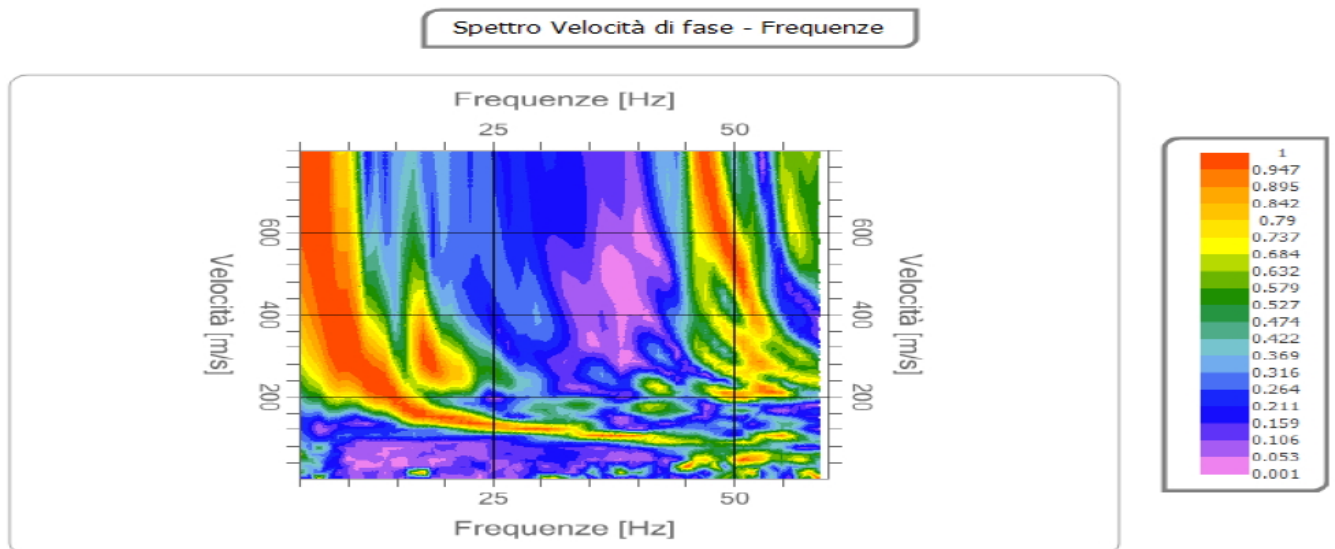


Fig 3) Spettro 2D velocità di fase-frequenze

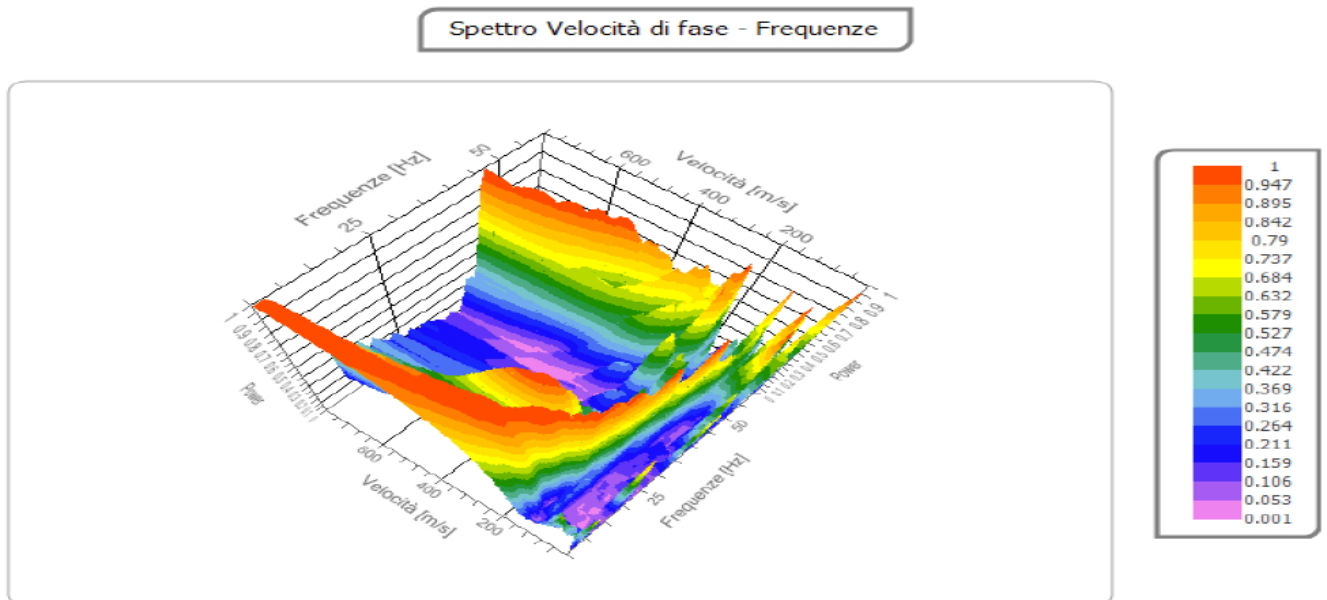


Fig 4) Spettro 3D velocità di fase-frequenze

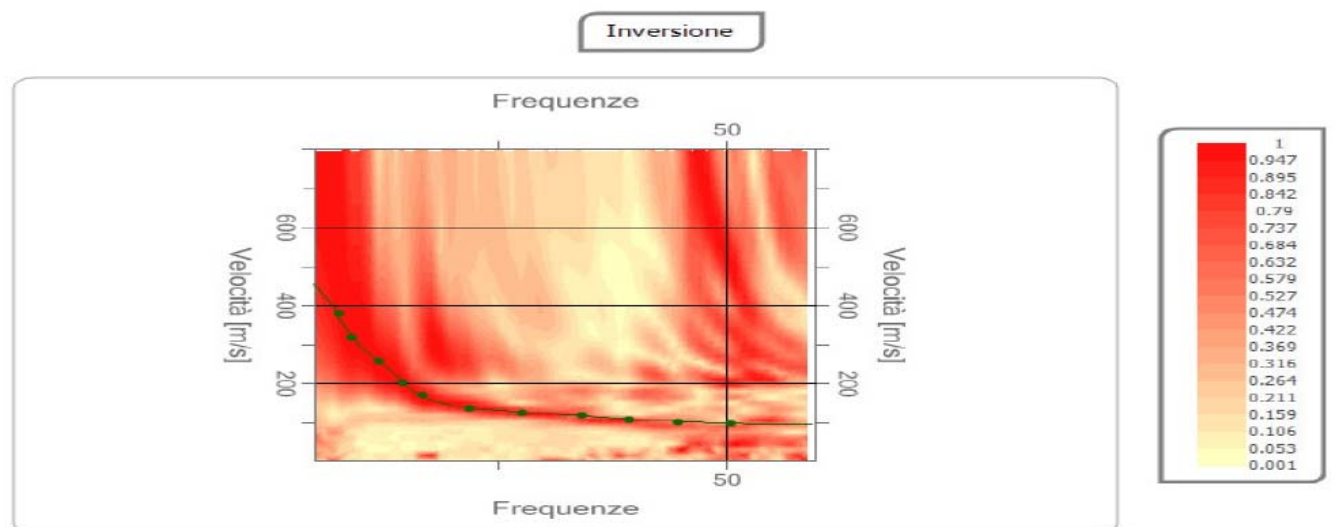


Fig 5) Processo di inversione e fitting curva sperimentale-curve calcolata

La curva di dispersione teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità evidenzia un buon accordo con la curva di dispersione sperimentale, con una percentuale d'errore che si attesta sullo 0,012 % ed un disadattamento dalla soluzione dello 0,016.

Vs,30/equivalente = 321,49 m/s a 0 m da p.c.

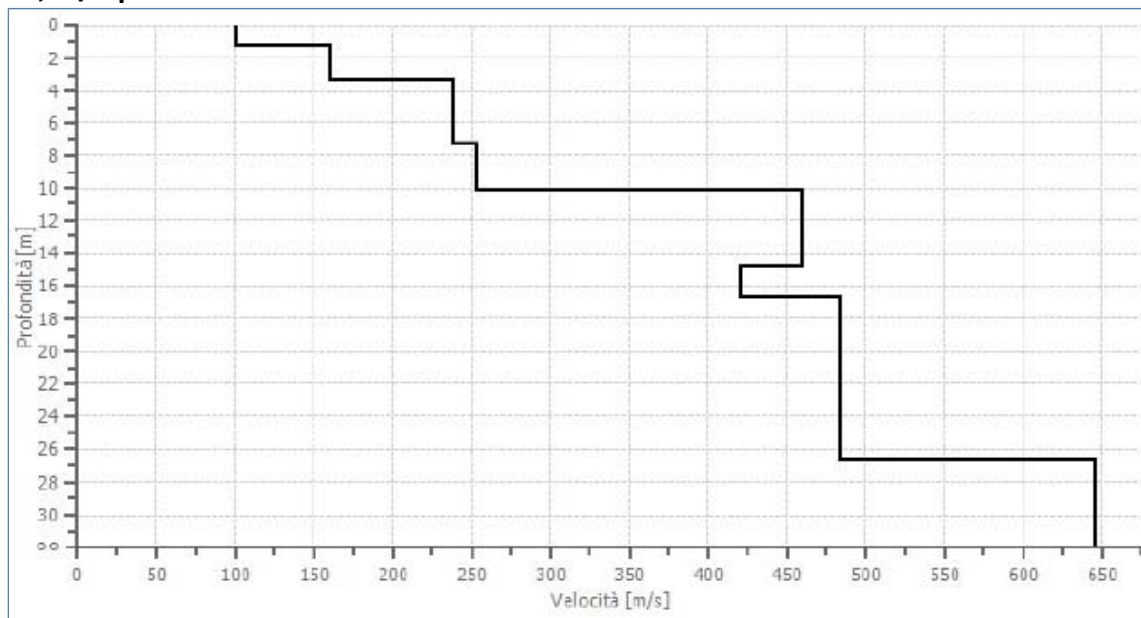


Fig 6) Modello di velocità del sottosuolo Vs-Profondità

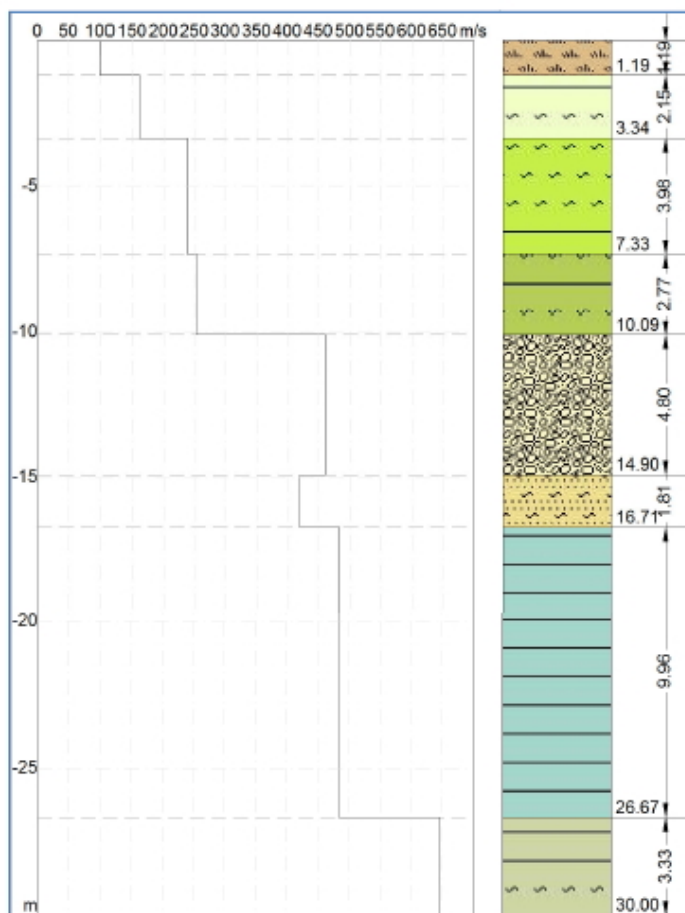


Fig 7) Modello di velocità del sottosuolo Vs-Stratigrafia

Curva di dispersione

n.	Frequenz[Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	6.6	378.5	0
2	8.0	320.0	0
3	9.8	255.6	0
4	12.4	205.9	0
5	17.0	173.7	0
6	22.6	144.4	0
7	27.6	124.8	0
8	34.3	118.9	0
9	39.3	107.1	0
10	44.8	101.2	0
11	50.4	98.3	0

Inversione

Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vs [m/sec]
Sismostraton.1	1.19	1.19	1850.0	0.3	100.8
Sismostraton.2	3.34	2.15	1900.0	0.3	160.5
Sismostraton.3	7.33	3.98	1950.0	0.3	238.8
Sismostraton.4	10.09	2.77	2000.0	0.3	253.7
Sismostraton.5	14.90	4.80	2000.0	0.3	460.0
Sismostraton.6	16.71	1.81	2100.0	0.3	420.0
Sismostraton.7	26.67	9.96	2150.0	0.3	483.7
Sismostraton.8	oo	oo	2200.0	0.3	645.8

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.19	1.19	100.77	1800.00	0.30	18.28	63.97	39.60	47.52
2	3.34	2.15	160.46	1850.00	0.30	47.63	166.71	103.20	123.84
3	7.33	3.98	238.80	1900.00	0.30	108.35	379.22	234.76	281.71
4	10.09	2.77	253.70	1950.00	0.30	125.51	439.28	271.93	326.32
5	14.90	4.80	460.00	1950.00	0.30	412.62	1444.17	894.01	1072.81
6	16.71	1.81	420.00	2000.00	0.30	352.80	1234.80	764.40	917.28
7	26.67	9.96	483.68	2050.00	0.30	479.59	1678.56	1039.11	1246.93
8	oo	oo	645.85	2100.00	0.30	875.95	3065.81	1897.88	2277.46

G0: Mod. di deformazione al taglio Ed: Mod. edometrico M0: Mod. di compressibilità volumetrica Ey Mod. di Young

Rigidità Sismica

La rigidità sismica esprime la possibilità di amplificazione del danno dovuto ad un evento sismico e per i primi sismostrati è uguale a: $R = \gamma \cdot V_s$

Sismo strati	RIGIDITA' m/sec*KN/m ³
Sismo strato 1	1813.86
Sismo strato 2	2968.51
Sismo strato 3	4537.20
Sismo strato 4	4947.15
Sismo strato 5	8970.00

L'elaborazione e la restituzione di un modello geofisico interpretativo viene fatta considerando un margine d'errore somma del tipo di strumentazione adottata, della tecnica utilizzata nell'acquisizione, dei vincoli ipotizzati nella modellazione geologica e delle problematiche di sito. I valori dei parametri geotecnici sono ritenuti validi nel campo delle piccolissime deformazioni comprese nel tratto lineare elastico del legame costitutivo dei materiali (deformazioni tangenziali inferiori alla soglia elastica indicativamente dell'ordine di 10^{-2} - 10^{-4} %).

Dall'analisi dei risultati ottenuti, dal piano campagna fino alla profondità di circa 1.2 m di media si ha uno strato scarsamente rigido la cui velocità delle onde di taglio si attesta sui circa 100 m/s. Questa

esigua rigidità è espressa come valore mediato lungo tutto il profilo ed è dovuta a materiali scarsamente consistenti come terreni di copertura e limi sabbiosi alterati della parte superficiale rispetto alla sottostante formazione. Poi per circa 2.20 metri la velocità delle onde Vs aumenta leggermente attestandosi sui circa 160 m/s. Questo secondo sismostrato non segna ancora un graduale passaggio verso materiali dotati di buona rigidità rispetto ai terreni di copertura. Successivamente per uno spessore di circa 3.90 m si annovera un netto aumento della velocità delle onde di taglio, che si porta su valori di 238 m/s seguito da un ulteriore leggero aumento delle velocità Vs che si attestano su 253 m/s per uno spessore relativo di 2.70 m. A questo sismostrato segue un orizzonte, caratterizzato da un consistente aumento della velocità delle onde Vs che si attestano su valori di circa 460 m/s, per uno spessore relativo di 4.80 m. Trattasi probabilmente dell'attraversamento della formazione ghiaioso-sabbiosa. Segue un sismostrato con leggero abbassamento delle velocità Vs che si attestano su valori di circa 420 m/s per uno spessore relativo di 1.80 m. Al disotto la velocità delle onde di taglio cresce linearmente con l'aumentare della profondità, e superata quella utile e necessaria per ottenere il parametro delle Vs₃₀, caratterizza il semispazio attestandosi su valori superiori ai 600 m/s circa.

Categoria di sottosuolo

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dalla seguente espressione (NTC 2018):

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

h_i = (spessore in metri) dell'iesimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'iesimo 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.

Categoria	Caratteristiche
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti</i> , 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 fine 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti</i> , 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 m/s 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.

Tabella 3.2.II (NTC 2018): categorie sismiche di suolo con la relativa descrizione e parametrizzazione

Per l'area di indagine, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio, e considerando come riferimento di partenza il piano campagna, il risultato è un suolo di tipo C.

INDAGINE GEOFISICA P3

Data esecuzione 05/11/2015

(Geol. L. Di Totto)

L'indagine geofisica P3 (vedi Carta delle Indagini) è stata condotta mediante profilo sismico ed elaborazione dati con metodologia d'indagine M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*).

Le coordinate del punto medio del sito in "WGS 84" sono: 42° 04' 30,05" N; 14°45' 34,80" E.

Strumentazione e configurazione geometrica

- Strumentazione utilizzata: Sismografo Sismatrack 24 bit della M.A.E. srl, 24 geofoni verticali da 4,5 Hz
- N° canali acquisiti: 24
- Frequenza di campionamento: 1.000 campioni/sec
- Durata acquisizione: 2,048 sec
- Lunghezza stendimento 46 m
- Interdistanza geofoni: 2,0m
- Distanza Energizzazione 1: 4 m (dal geofono n°24)
- N° Energizzazioni: 2

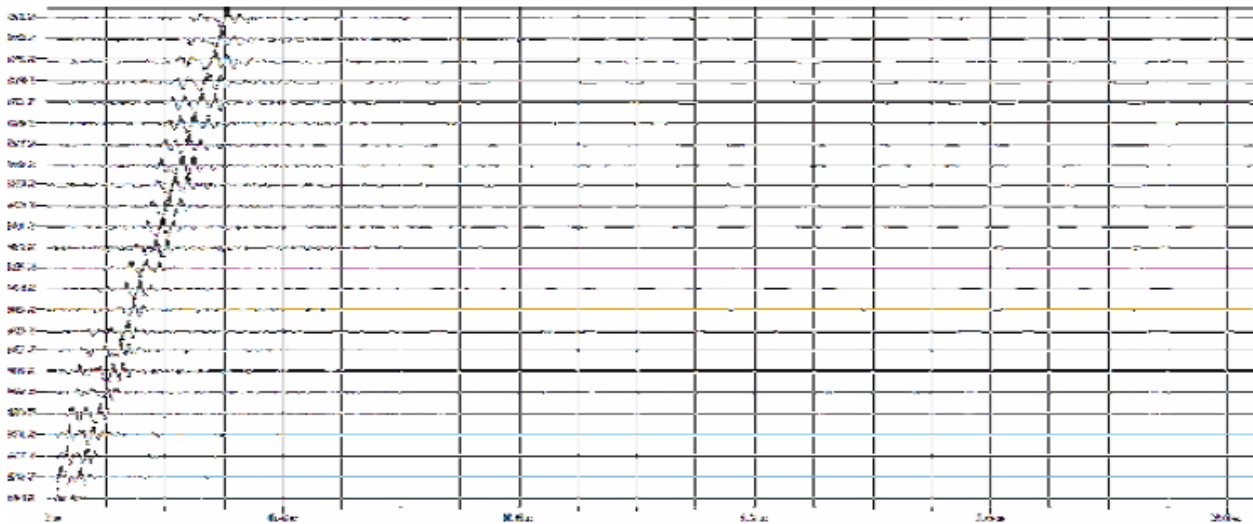


Fig 1) sismogramma acquisito relativo punto di indagine P3.

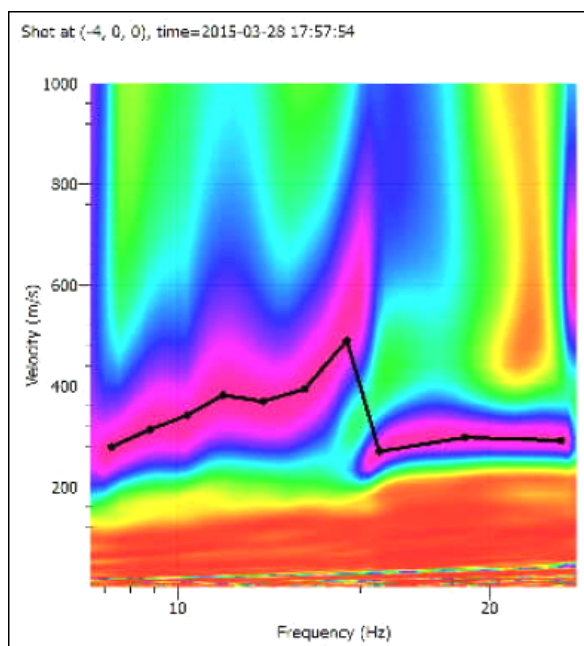


Fig 2) Curva di dispersione individuata

Il modello geologico preso in esame è un modello a 2 strati. A seguito della fase di inversione sono state generate 12000 curve teoriche e messe a confronto con la curva sperimentale ottenuta è stata scelta la curva che più si avvicina, ovvero con indice di misfit minore.

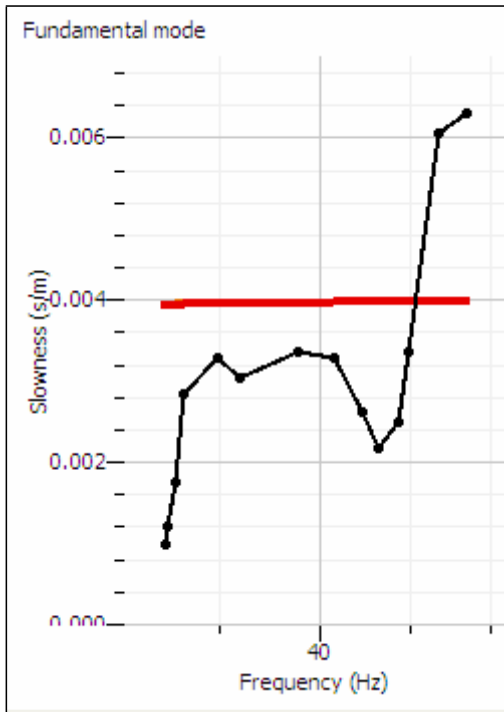


Figura 3) Confronto tra la curva sperimentale (nero) e la la curva teorica (rosso).

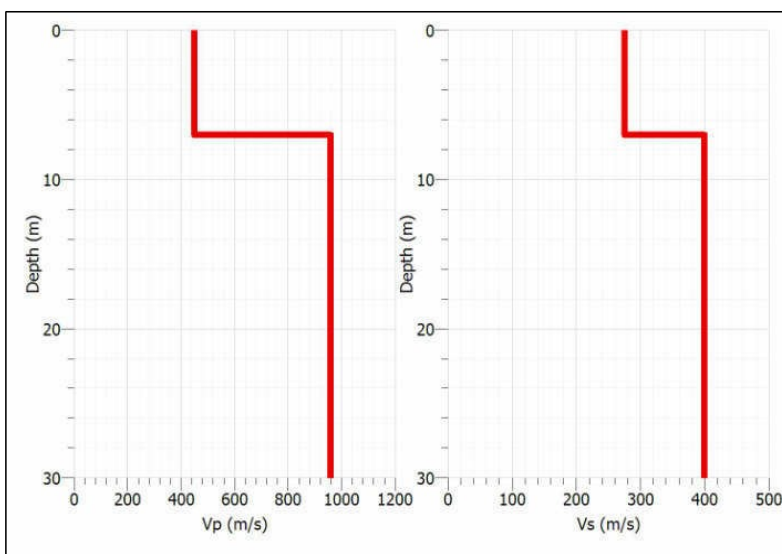


Figura 4) Profili di velocità Vp e Vs

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dalla seguente espressione (NTC 2018):

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

h_i = (spessore in metri) dell'iesimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'iesimo strato

N = numero di strati.

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Considerando costanti le V_s del secondo strato fino alla profondità di 30 m, è stato calcolato un valore di V_{s30} pari a 335 m/s velocità compresa nella categoria di suolo di tipo "C".

PROSPEZIONE SISMICA HVSR

Horizontal to Vertical Spectral Ratio (Tecnica di Nakamura)

Metodologia

Nel dominio della frequenza, 4 sono gli spettri coinvolti: le componenti orizzontali e verticali del moto in superficie (HS e VS) e alla base dello strato (HB e VB). La tecnica di Nakamura si basa sulle seguenti ipotesi: 1) le sorgenti dei microtremori sono locali, trascurando qualsiasi contributo dovuto a sorgenti profonde; 2) le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base; 3) la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale. Sotto queste ipotesi, il rapporto fra le componenti verticali del moto in superficie ed alla base contiene solo termini delle sorgenti locali $AS(\omega)$ e delle sorgenti alla base $AB(\omega)$ ed è pari a:

$$R_V(\omega) = \frac{V_S(\omega)}{V_B(\omega)} = \frac{A_S(\omega)}{A_B(\omega)}$$

mentre il rapporto fra l'ampiezza dello spettro della componente orizzontale del moto in superficie (HS) e alla base dello strato (HB), contiene oltre che il termine di sorgente anche il termine di amplificazione di sito in superficie $S(f)$ e può essere espresso nel seguente modo:

$$R_H(\omega) = \frac{H_S(\omega)}{H_B(\omega)} = \frac{S(\omega)A_S(\omega)}{A_B(\omega)}$$

Per rimuovere l'effetto di sorgente dai segnali, Nakamura divide i due rapporti R fra loro ottenendo così la seguente espressione per la funzione trasferimento di sito:

$$\frac{R_H(\omega)}{R_V(\omega)} = S(\omega) = \frac{H_S(\omega)V_B(\omega)}{H_B(\omega)V_S(\omega)}$$

Ipotizzando infine che alla base dei sedimenti l'ampiezza spettrale della componente verticale e di quella orizzontale siano uguali e cioè:

$$\frac{V_B(\omega)}{H_B(\omega)} = 1$$

il fattore di amplificazione del moto orizzontale in superficie potrà essere valutato direttamente nel seguente modo:

$$S(\omega) = \frac{H_S(\omega)}{V_S(\omega)}$$

Le varie ipotesi sono state verificate dallo stesso Nakamura (1989) con misure di microtremori in superficie e in pozzo. Le stesse assunzioni sono state verificate anche da altri autori confrontando i risultati ottenuti con modelli di propagazione di onde di Rayleigh, modelli di propagazione 1-D di onde S e con modelli di generazione sintetica di rumore. Le conclusioni a cui sono giunti gli studi suddetti sono che il picco visibile nei rapporti H/V ottenuti con il rumore simulato è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore e che dipende invece fortemente dalla stratigrafia del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di risonanza del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh. La frequenza fondamentale di risonanza dello strato 1 relativa alle onde S è pari alla formula sopra citata. I controlli statistici sono stati verificati con il progetto EU SESAME (<http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr>). Picchi a più alte frequenze (20-50 Hz) indicano risonanze stratigrafiche, ma collocate a bassissima profondità (< 1-3 m). Per questa ragione (e perché ingegneristicamente parlando hanno poco senso), non sono da tenere in conto nelle operazioni di inversione e di fittaggio delle curva poiché non significativi essendo generati dalla parte più superficiale del terreno. L'ultima osservazione riguarda la difficoltà in alcuni siti dovuta alle caratteristiche intrinseche del luogo, come ad esempio la presenza costante e forte del vento che in alcuni casi ha limitato l'utilizzo non rendendo i dati ottenuti molto attendibili

INDAGINE GEOFISICA P1

Data esecuzione 03/2014

(Geol. G. Ciavatta – Geol G. Rossi)

L'indagine geofisica P1 (vedi Carta delle Indagini) è stata condotta con la tecnica di indagine geofisica di sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o H.V.S.R. (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio–Metodo di Nakamura 1989*), finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza del sito e delle discontinuità sismiche correlabili ai cambi litologici del sottosuolo presenti su una verticale di investigazione.

Le coordinate del punto medio del sito in WGS 84 sono: *Lat. 42.0701 Long. 14.7783*

L'elaborazione dei dati è stata fatta con il programma: *Hvsr della Geostru Software e comparati con il software “Geopsy” sviluppato dall'Università “Joseph Fourier(France)-Liegi (Belgium)”*.

L'utilizzo di algoritmi di calcolo volti ad una modellizzazione sintetica delle spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per es., cambi litologici). Tramite l'elaborazione di modi superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti

del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai modi superiori o da “artefatti”, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato.

Strumentazione

Per l’acquisizione dei dati è stato utilizzato un sensore da superficie S3S della ditta MAE S.r.l. applicato al sismografo tipo MAE A6000S. Esso è costituito da n.3 velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 512 Hz, un digitalizzatore a 24 bit ed un sistema di archiviazione su flash memory.

Per il punto di misura è stata acquisita una registrazione della durata di 30 minuti, campionate ad una frequenza di 250 Hz.

I segnali acquisiti sono stati quindi:

1. corretti per la linea di base (sottraendo a ciascun punto la media effettuata sull'intera traccia);
2. corretti da andamenti (trend) anomali (sottraendo la retta della regressione lineare effettuata su tutti i punti della traccia);
3. filtrati con un passa banda tra 0.1 e 20 Hz,

Per ogni segnale si calcola la trasformata di Fourier e successivamente si effettua il rapporto spettrale fra le componenti orizzontale e verticale. Tale rapporto è stato rimodellato con una finestra triangolare al 10% ed il risultato di tale operazione è stato assunto come stima delle funzioni di amplificazione locale di Nakamura.

Tracce in input

Numero di tracce 3

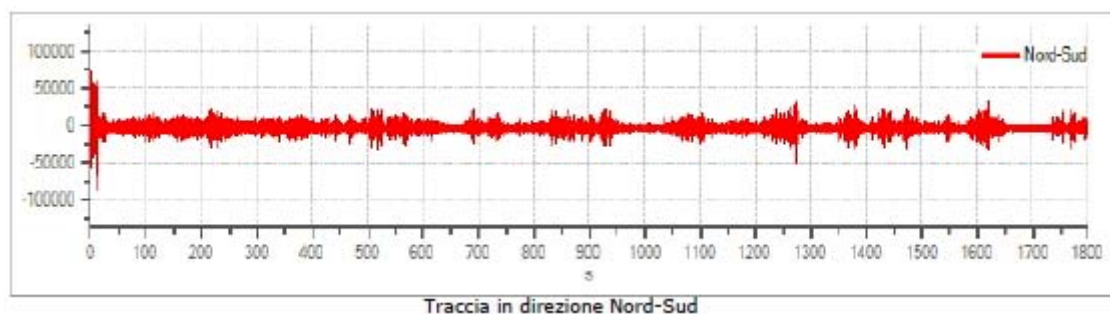
Durata registrazione 1800 s

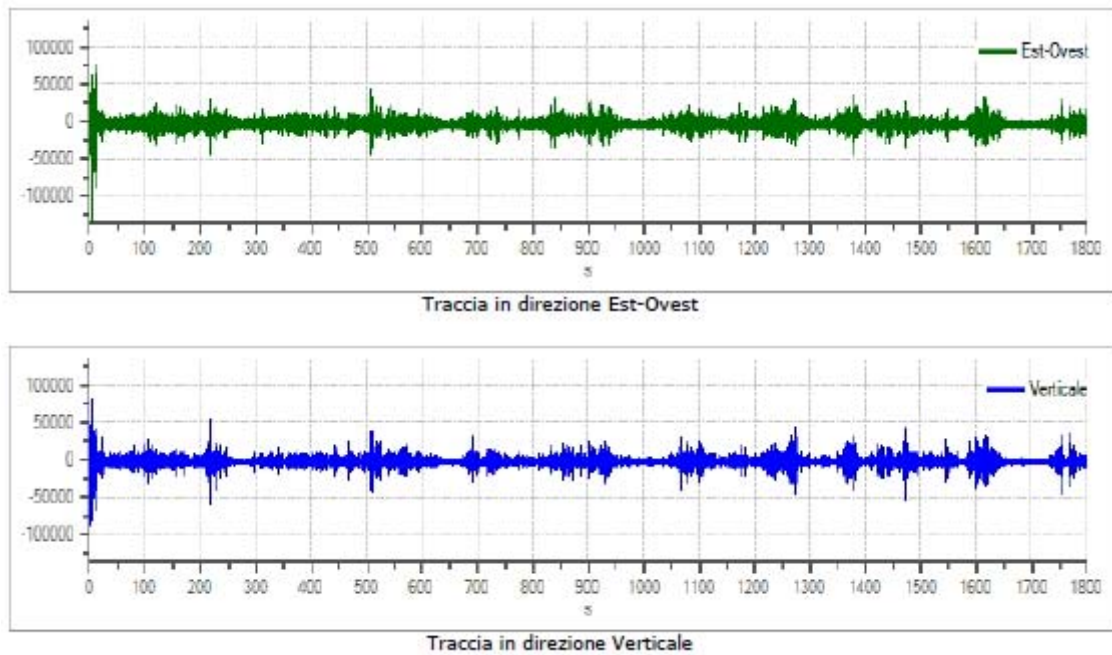
Frequenza di campionamento 250.00 Hz

Numero campioni 450000

Direzioni tracce nord-sud , est-ovest, verticale

Grafici tracce:



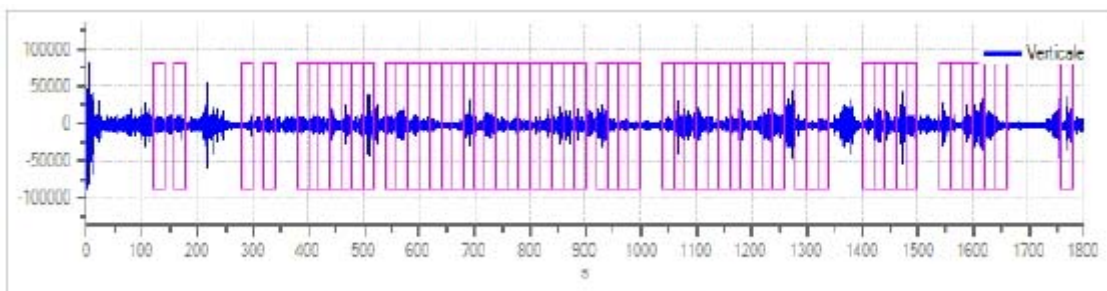
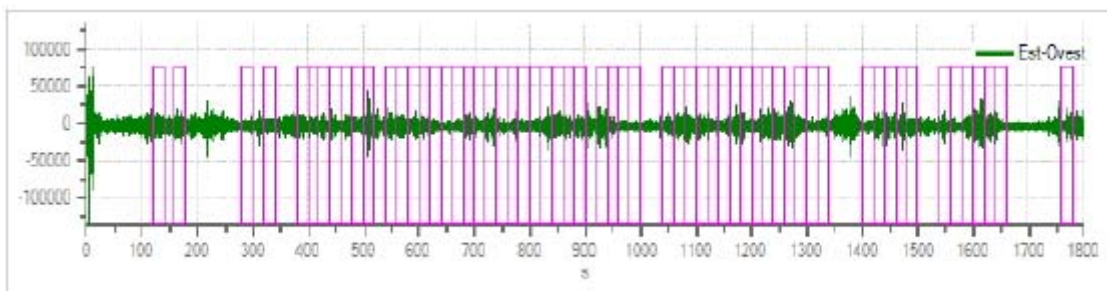
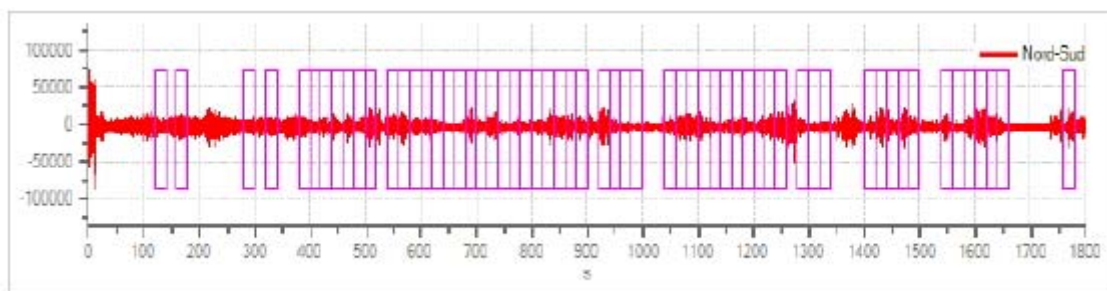


Finestre selezionate

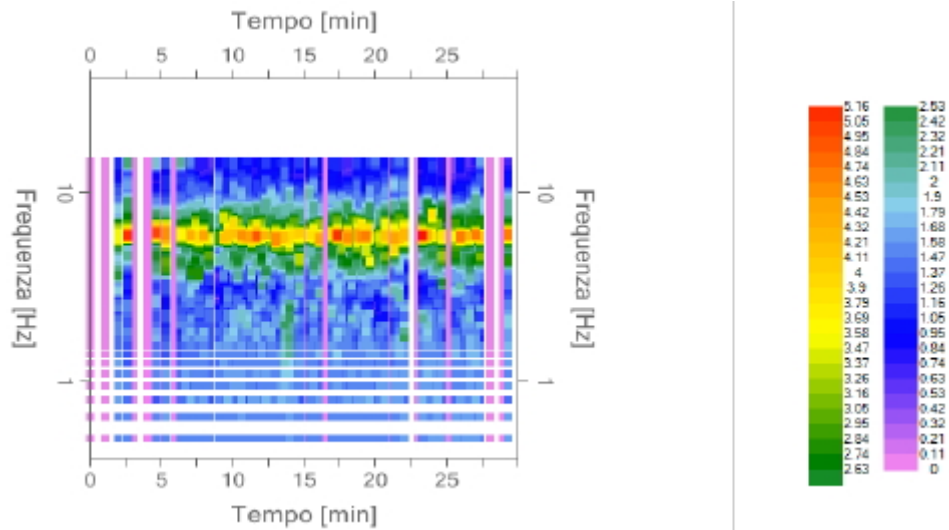
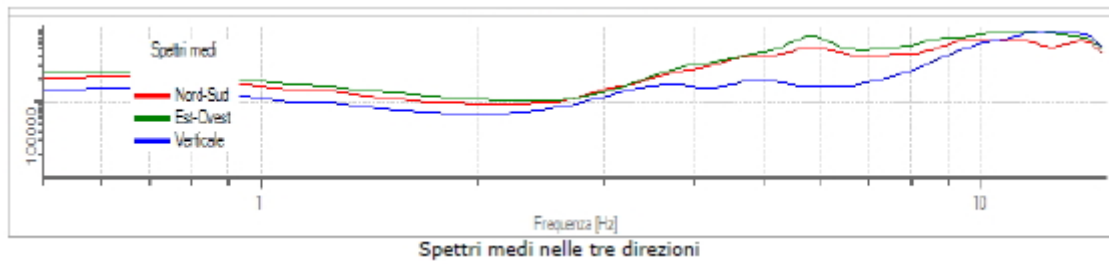
Numero totale finestre selezionate: 59
 Numero finestre incluse nel calcolo: 59
 Dimensione temporale finestre: 20.000 s
 Tipo di lisciamento: triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamento: 10%

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	120	140	Inclusa
2	160	180	Inclusa
3	280	300	Inclusa
4	320	340	Inclusa
5	380	400	Inclusa
6	400	420	Inclusa
7	420	440	Inclusa
8	440	460	Inclusa
9	460	480	Inclusa
10	480	500	Inclusa
11	500	520	Inclusa
12	540	560	Inclusa
13	560	580	Inclusa
14	580	600	Inclusa
15	600	620	Inclusa
16	620	640	Inclusa
17	640	660	Inclusa
18	660	680	Inclusa
19	680	700	Inclusa
20	700	720	Inclusa
21	720	740	Inclusa
22	740	760	Inclusa
23	760	780	Inclusa
24	780	800	Inclusa
25	800	820	Inclusa
26	820	840	Inclusa
27	840	860	Inclusa
28	860	880	Inclusa
29	880	900	Inclusa

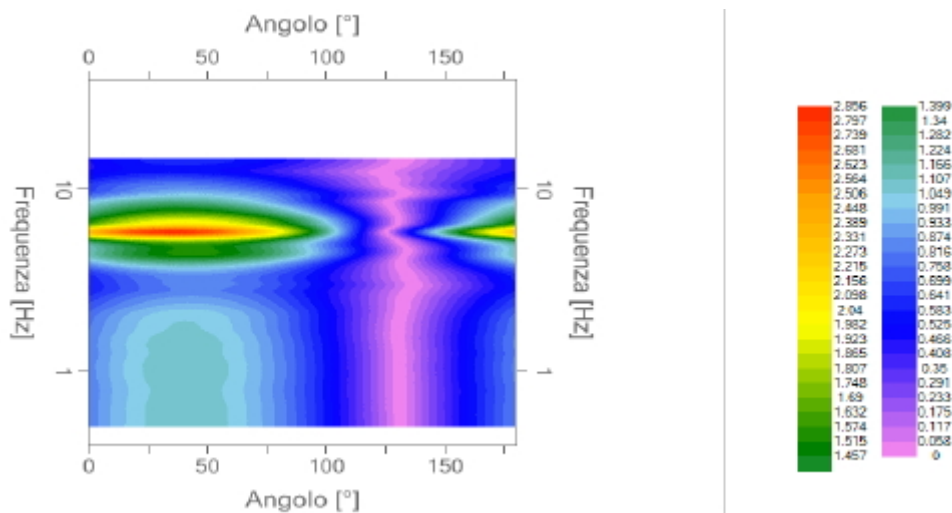
30	920	940	Inclusa
31	940	960	Inclusa
32	960	980	Inclusa
33	980	1000	Inclusa
34	1040	1060	Inclusa
35	1060	1080	Inclusa
36	1080	1100	Inclusa
37	1100	1120	Inclusa
38	1120	1140	Inclusa
39	1140	1160	Inclusa
40	1160	1180	Inclusa
41	1180	1200	Inclusa
42	1200	1220	Inclusa
43	1220	1240	Inclusa
44	1240	1260	Inclusa
45	1280	1300	Inclusa
46	1300	1320	Inclusa
47	1320	1340	Inclusa
48	1400	1420	Inclusa
49	1420	1440	Inclusa
50	1440	1460	Inclusa
51	1460	1480	Inclusa
52	1480	1500	Inclusa
53	1540	1560	Inclusa
54	1560	1580	Inclusa
55	1580	1600	Inclusa
56	1600	1620	Inclusa
57	1620	1640	Inclusa
58	1640	1660	Inclusa
59	1760	1780	Inclusa



Grafici degli spettri



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Frequenza massima 15 Hz

Frequenza minima 0.50 Hz

Passo frequenze 0.15 Hz

Tipo di lisciamento: triangolare proporzionale

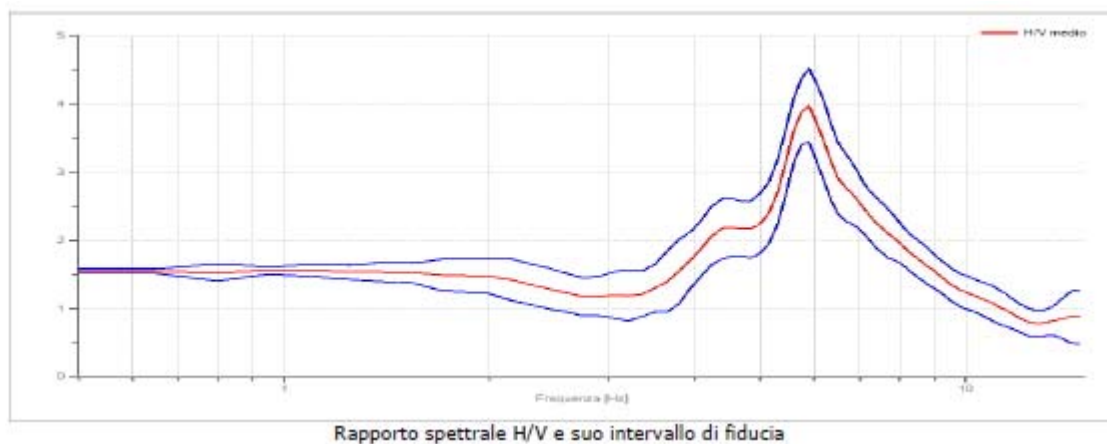
Percentuale di lisciamento: 10%

Tipo di somma direzionale: media aritmetica

Risultati

Frequenza del picco del rapporto H/V: **5.90 Hz \pm 0.14 Hz**

Ampiezza di picco alla frequenza f_0 , A_0 : **3.98**



Verifiche SESAME:

Criteri per una curva H/V affidabile (tutti e tre i punti devono avere esito favorevole)

Verifica	Esito
$f_0 > 10 / l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 * f_0 < f < 2 * f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 * f_0 < f < 2 * f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Ok

Criteri per un picco H/V chiaro (almeno 5/6 punti devono avere esito favorevole)

Verifica	Esito
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4*f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

l_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = l_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza di picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza di picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4 f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Dall'analisi della prova a stazione singola con metodologia di analisi dei microtrempi h.v.s.r. emerge come la frequenza di risonanza del terreno sia di 5.90 Hz \pm 0.14 Hz, dovuto probabilmente ad un contatto di rigidità situato a profondità variabile tra i 10 metri ed i 20 metri. Dal grafico di figura n. 9, frequenze tipiche dei modi principali di vibrare di edifici in c.a. in funzione della loro altezza (ridisegnato da Masi et al. 2008), si può notare a quali altezze critiche corrisponda il range di “doppia frequenza di risonanza” pericolosa dal punto di vista dell'amplificazione sismica.

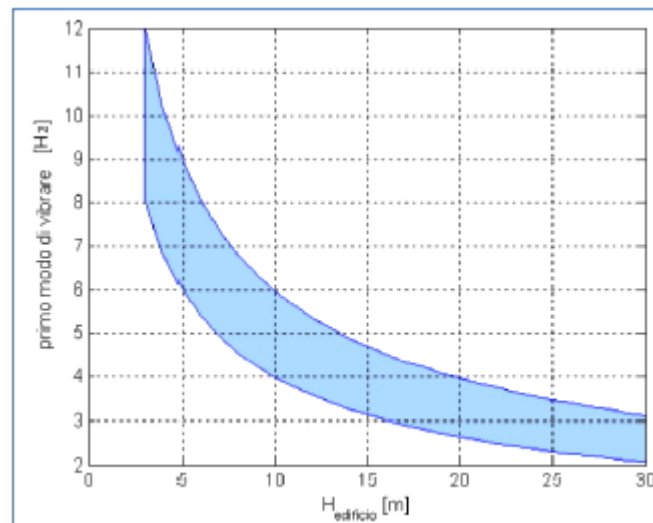


Grafico Hedifici/frequenza di vibrazione (ridisegnato da Masi et al. 2008)

Report di sintesi

- Categoria di suolo di classe C,
- Categoria topografica T1 con superficie pianeggiante;
- La frequenza di risonanza del terreno è di 5.90 Hz \pm 0.14 Hz,
- Ampiezza A_0 di 3.98;

Bibliografia

- Cetraro F.; Modellazione del sottosuolo con la geofisica applicata alle onde di superficie, Tecniche SASW, MASW, FTAN, H/V, ReMi, MAM, HVSr, 2014.
- Dal Moro G.; Tre divagazioni sul tema MASW, 2008.
- Dal Moro G.; Rapporto sulla campagna Vs30 in Friuli Venezia Giulia, Dipartimento di Scienze Geologiche Ambientali e Marine, Università di Trieste, 2008b.
- Socco V., Boiero D., Foti S., Comina C., Implicazioni della non univocità della soluzione nelle prove per onde superficiali per lo studio della risposta sismica locale. Riassunti estesi convegno Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida (GNGTS) 2007, Roma 13-15 novembre 2007, 323-326.
- Dolce M., Masi A.; Linee guida per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici strategici e rilevanti, 2005.
- GNGTS – Atti del 21° Convegno Nazionale/05.13.
- Mucciarelli M.; 2003: Alcune considerazioni su pericolosità sismica, classificazione e microzonazione. GEOLOGIA - Territorio e Ambiente - n° 4 aprile 2003.
- Mucciarelli M., Gallipoli M.R., 2000: Misure di amplificazione sismica locale relative ad alcuni centri della Regione Molise.
- Mucciarelli M., Gallipoli M.R., 2006: Misure di vibrazione ambientale e registrazioni accelerometriche sugli edifici ATER Melfi e loro suoli di fondazione.
- Mulargia F., Castellaro S., Rossi P.L., 2007: Effetti di sito e Vs30: una risposta alla normativa antisismica. Il Geologo dell'Emilia Romagna.
- Simonelli A. L., Eurocodice 8: valutazione delle azioni sismiche al suolo ed effetti sulla spinta dei terreni.
- GNGTS – Atti del 21° Convegno Nazionale/05.13.
- Castellaro S.; 2008: L'uso dei microtremori per la valutazione della risposta di sito.
- Castellaro S., Mulargia F.; 2007: Stime di Vs30 a stazione singola tramite misure HVSr vincolate. GNGTS.
- Conference on Earthquake Engineering Conference Proceedings, 2004.
- Herak M., Model HVSr-A Matlabs tool to model horizontal-to-vertical spectral ratio of ambient noise. Computers and Geosciences (2008).
- Mucciarelli M., Gallipoli M.R., Di Giacomo D., Di Nota F., Nino E.; 2005: Effetti del vento sulle misure di rumore ambientale. GNGTS – Atti del 23° Convegno Nazionale/09.05.
- Mucciarelli M., Gallipoli M.R.: The HVSr technique from microtremor to strong motion: empirical and statistical consideration. 13 WCEE: 13th World.
- Mucciarelli M., 2004: Determinazione delle funzioni di amplificazione delle vibrazioni indotte a siti diga da un terremoto per mezzo di misure di rumore ambientale.
- Norme Tecniche per le Costruzioni. D.M. 17.01.2018.
- Paolucci R., Amplificazione del moto sismico in presenza di rilievi topografici.
- Tromino, 2007, An introduction to the H/V Inversion for stratigraphic purposes.