

studio d'architettura arch. iglis zorzi

via villa tomba n.4 - tel e fax 045/941031- 37124 (parona di valpolicella) verona
e-mail: zorzi@studioigli.com

COMUNE DI VERONA

PROPRIETA':
Rossetto Sabrina Rossetto Patrizia

- PUA MAGGIOLINO -

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO PER L'URBANIZZAZIONE DI DUE
AREE SITE ALL'INTERNO DELLA ATO 3
SAN MASSIMO - via Brigata Aosta - VERONA
SCHEDA NORMA 178

Istanza del 31 luglio 2015, P.G. n°225488

progettista:

ARCH. IGLIS ZORZI

via villa tomba, n.4 - parona di valpolicella, verona

direzione dei lavori:

ARCH. IGLIS ZORZI

via villa tomba, n.4 - parona di valpolicella, verona

committente:

f.to Rossetto Sabrina

f.to Rossetto Patrizia

TAV.

descrizione:

data:

scale:

6a

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

25.01.2016

Regione Veneto - Provincia di Verona

COMUNE DI VERONA

PUA MAGGIOLINO
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO PER L'URBANIZZAZIONE DI DUE
AREE SITE ALL'INTERNO DELLA ATO 3
LOCALITÀ SAN MASSIMO – VIA BRIGATA AOSTA

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
(AI SENSI DEL D.M. 14/01/2008)



**STUDIO
NUCCI**

*Dott. Geol Enrico Nucci
Dott. Ing. Elena Nucci*

**SOCIETA' DI INGEGNERIA E
GEOLOGIA APPLICATA**

*Via Albere 132 - 37137 Verona
tel e fax 045/8622408
cell +039 335.7597710
e mail studionuccisrl@tiscali.it*

Dott. Geol. Enrico Nucci



Dott. Geol. Andrea Garbellini



Committente:

SABRINA ROSSETTO E PATRIZIA ROSSETTO

INDICE

1) PREMESSA	3
1.1) Normativa di riferimento	4
1.2) Inquadramento del territorio e stato dei luoghi	4
2) GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	6
3) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	11
4) INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO.....	13
5) ANALISI DEL PIANO DI ASSETO DEL TERRITORIO (PAT)	15
6) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	18
6.1) Campagna d'indagine.....	18
6.1.1) Prove sismiche.....	19
6.1.2) Elaborati delle prove	22
6.2) Parametrizzazione geotecnica	25
7) PERICOLOSITA' SISMICA	31
7.1) Pericolosità sismica di base	31
7.2) Pericolosità sismica locale.....	34
7.2.1) Classificazione sismica del sottosuolo.....	35
7.2.2) Amplificazione stratigrafica e topografica	36
8) CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	38

ALLEGATI

- Ubicazione dell'area d'indagine
- Ubicazione delle prove sismiche
- Documentazione fotografica delle prove sismiche
- Prove sismiche
- Trincee esplorative e documentazione fotografica
- Relazione idrogeologica ai sensi dell'art. 38 del NA del PAT

Codice di Rif.: SNSRL00315

Verona, luglio 2015

1) PREMESSA

Lo studio geologico descritto nella presente relazione è stato redatto su incarico delle Signore Sabrina e Patrizia ROSSETTO in merito al progetto del Piano Urbanistico Attuativo denominato “PUA Maggiolino”.

Il progetto prevede l’urbanizzazione di due aree adiacenti ubicate all’interno dell’ATO 3 in località San Massimo (VR) in Via Brigata Aosta.

La superficie complessiva delle aree è circa 4.500 m², di cui 1.100 m² sono relativi all’area di seguito indicata A, mentre 3.400 m² sono relativi all’area indicata B.

L’intervento prevede l’urbanizzazione delle due aree con la realizzazione di due lotti edificabili su ciascuna, la sistemazione di aree verdi comuni e la realizzazione di parcheggi comuni.



Ubicazione delle aree di progetto (estratto dalle mappe di Google Earth)

Lo studio geologico ha avuto le finalità di analizzare le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche del sottosuolo sul quale graveranno gli interventi di progetto, fornendo elementi di base utili per i necessari approfondimenti che si riterranno opportuni in fase di progetto edilizio per ciascun lotto.

Le analisi e le valutazioni sono state supportate da dati geognostici rilevati direttamente in sito nel mese di marzo 2015 con l'esecuzione di specifiche prove sismiche e l'esecuzione di alcune trincee esplorative superficiali.

Nei successivi capitoli saranno descritte le tecniche d'indagine utilizzate, i dati rilevati, i risultati ottenuti e le valutazioni geologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche.

1.1) Normativa di riferimento

Il presente lavoro è stato eseguito in riferimento alla seguente normativa:

- D.M. 14 gennaio 2008, "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circola Ministeriale n. 617/2009, "Istruzione per l'applicazione delle Norme Tecniche";
- Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274 e Ordinanza P.C.M. 28 aprile 2006 n. 3519, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio";
- Linee Guida NTC-2008 redatto dal Gruppo Interregionale Ordine dei Geologi;
- Associazione Geotecnica Italiana "raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geognostiche";
- Linee guida AGI-2005 "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica".

1.2) Inquadramento del territorio e stato dei luoghi

L'area d'indagine è ubicata nella periferia ovest di Verona tra il centro abitato della località San Massimo e la S.S. n. 12, in adiacenza al campo sportivo di San Massimo.

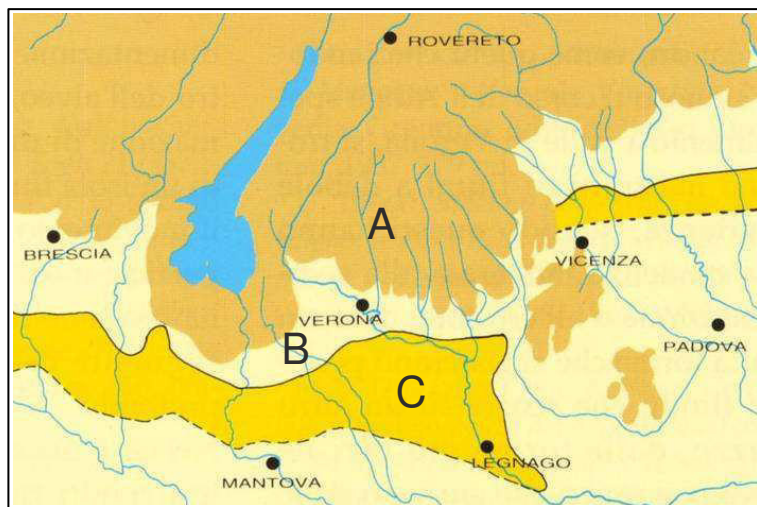
Le geometrie delle due aree che compongono la zona d'indagine è irregolare: di forma allungata in direzione Nord – Sud con superficie di circa 1.100 m² per l'area indicata "A"; di forma circa trapezoidale allungata in direzione Est – Ovest con superficie di circa 3.400 m² per l'area indicata "B".

Il contesto ambientale in cui si inseriscono le due aree è urbano con aree edificate nella zona nord e la presenza di impianti sportivi nella zona sud. Nel margine est dell'area B è presente un'area verde di recente realizzazione che sovrasta un'area di discarica.

2) GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

La zona d'indagine da un punto di vista geologico - geomorfologico generale si inserisce nell'ambito deposizionale dell'Alta Pianura veronese posta tra le ultime propaggini lessinee, a nord, e la linea delle risorgive, a sud. In generale l'intero territorio della Provincia di Verona è infatti schematizzabile in tre differenti contesti geomorfologici e geolitologici di seguito descritti:

- a) **SETTORE COLLINARE – MONTUOSO**; zona del territorio veronese caratterizzata dalle ultime propaggini dei Monti Lessini, costituiti da un tavolato roccioso prevalentemente calcareo che, proteso verso Sud, degrada progressivamente fino ad immergere sotto i depositi alluvionali dell'Alta Pianura.
- b) **ALTA PIANURA**; tale zona si estende verso sud dai Monti Lessini fino alla fascia dei fontanili. L'evoluzione geomorfologica e geologica della pianura veronese è legata principalmente all'interferenza fra il Fiume Adige (agente morfogenetico), le variazioni climatiche che si sono succedute durante il Quaternario e le conseguenti variazioni di portata del corso d'acqua a carattere fluvioglaciale. L'alternanza di fasi di espansione e di ritiro glaciale, con le conseguenti variazioni del flusso idrico e del trasporto solido, hanno determinato la costruzione dello spesso materasso alluvionale che si estende, con forma a ventaglio (conoide), dallo sbocco della Val d'Adige fino a Legnago. Fra la parte apicale del conoide, caratterizzata da granulometrie prevalentemente grossolane (Alta Pianura), e la parte più distale del conoide (Media e Bassa Pianura) si determina una progressiva diminuzione granulometrica dei depositi. Il passaggio dall'Alta alla Bassa Pianura è segnato dal limite superiore della fascia delle risorgive, zona entro cui la superficie piezometrica intercetta quella topografica con conseguente venuta a giorno della falda.
- c) **BASSA PIANURA**; tale zona rappresenta la parte distale del conoide dell'Adige dove l'energia idrodinamica a disposizione per il trasporto, essendo minore, ha determinato l'accumulo di sedimenti a granulometria prevalentemente fine.



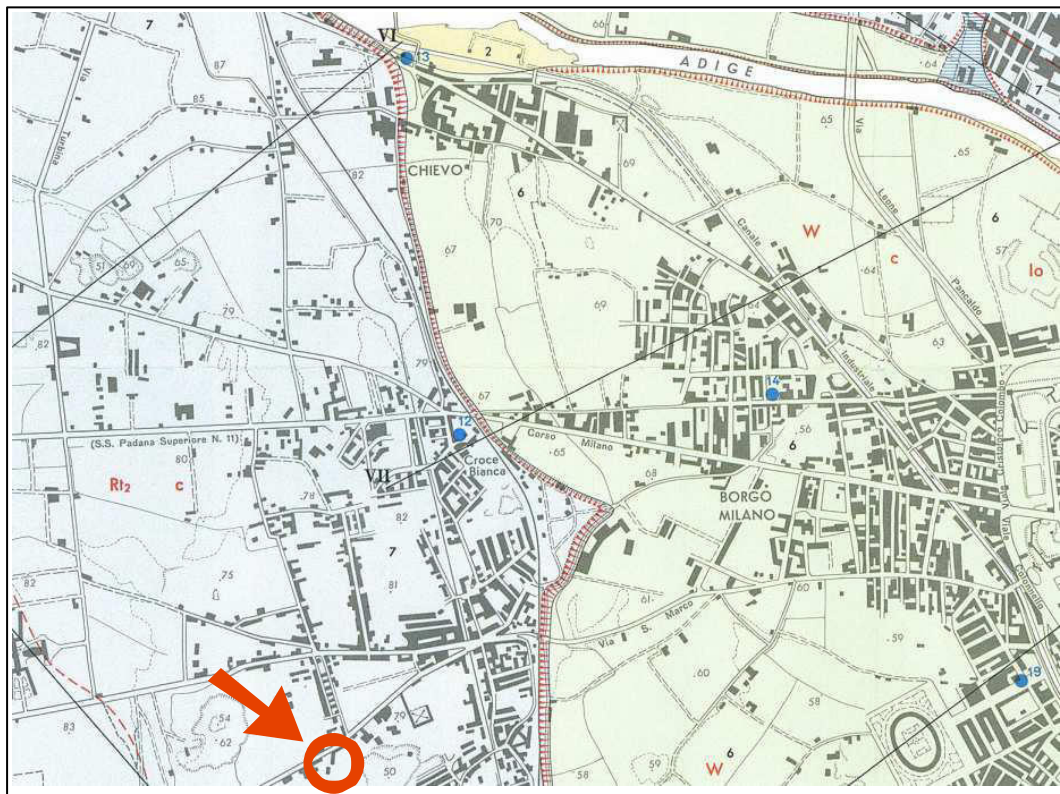
Posizione rispetto Verona dei tre contesti geomorfologici

(estratto da Etsch Adige – Il fiume gli uomini la storia; Cierre edizioni, 1997)

L'area di progetto è inserita nell'Alta Pianura nella quale le litologie derivano dall'accumulo di grandi quantitativi di materiali granulari (ghiaie, ciottoli, sabbie) la cui successione stratigrafica riflette le variazioni climatiche e la capacità di trasporto della rete idrografica. Nel periodo quaternario lo scioglimento delle coltri glaciali atesine, dovuto all'incremento di temperatura post-glaciale, potenziò enormemente la capacità di trasporto della rete idrografica, permettendo così l'accumulo d'ingenti quantità di sedimenti prevalentemente grossolani. L'eterogenea granulometria dei depositi è da porre in relazione con le variazioni del regime idrico: ciottoli e ghiaie sono espressione di alta energia idrodinamica, mentre sabbie e limi sono espressione di bassa energia idrodinamica.

In riferimento alla cartografia geologica della zona l'area di studio è inserita in un contesto geolitologico definito delle "ALLUVIONI TERRAZZATE FLUVIOGLACIALI E FLUVIALI DELL'ANTICO CONOIDE DELL'ADIGE, GHIAIOSE E CIOTTOLOSE DI ETÀ RISSIANA"; tali accumuli sedimentari sono rinvenibili sino a parecchie decine di metri di profondità dal piano campagna.

La cartografia geologica consente inoltre di verificare la presenza di depositi sedimentari e strutture geomorfologiche di età differente, riconducibili all'evoluzione idrografica attuale e pregressa del fiume Adige.



Estratto dalla Carta Geologica del territorio comunale di Verona

Le principali morfologie riconducibili a dinamiche fluviali, laddove non obliterate da antropizzazione ed urbanizzazione, sono evidenziate da ampie superfici terrazzate, poste a quote altimetriche differenti e delimitate da scarpate di erosione fluviale.

Nello specifico il limite tra le aree a tonalità azzurro e verde, ad est della zona d'indagine, è caratterizzato dalla presenza di una scarpata di un terrazzo morfologico di origine fluvioglaciale / fluviale di altezza pari a circa 8 / 10 m.

La dominanza delle litologie granulari grossolane (salvo occasionali intercalazioni lentiformi coesive e talora conglomeratiche) risulta confermata dalla successione stratigrafica relativa ad un pozzo per acqua ubicato nelle vicinanze dell'area d'indagine (indicato con "12" nell'estratto della carta geologica).

Pozzo 12	PROFONDITÀ (m da p.c.)	LITOLOGIA
	0,0 ÷ 12,0	Ghiaia e ciottoli
	12,0 ÷ 54,0	Ghiaia e sabbia
	54,0 ÷ 65,0	Ghiaia e ciottoli, conglomerato.
	65,0 ÷ 90,0	Ghiaia e sabbia

Quanto emerso da un'analisi bibliografica degli elementi geologici caratterizzanti la zona è stato confermato con le indagini geognostiche eseguite all'interno dell'area di progetto, le quali saranno descritte nel § 6.1.

I dati rilevati confermano la presenza in sub-superficie di depositi ghiaiosi con ciottoli arrotondati o sub-arrotondati di variabile pezzatura in matrice sabbiosa e/o limoso sabbiosa. Le ghiaie sono in giacitura naturale e seguono uno strato superficiale parzialmente alterato di terreno vegetale con ghiaia.

Relativamente alla qualità dei dati disponibili la stratigrafia di seguito descritta rappresenta una stima di quanto presente nel sottosuolo e si rifà essenzialmente alle caratteristiche di rigidità dei materiali rilevate con le prove sismiche. In fase esecutiva per ogni lotto edificabile il modello descritto dovrà essere verificato prevedendo opportune integrazioni d'indagine geognostica che saranno commisurate in relazione all'importanza delle opere che si andranno a progettare.

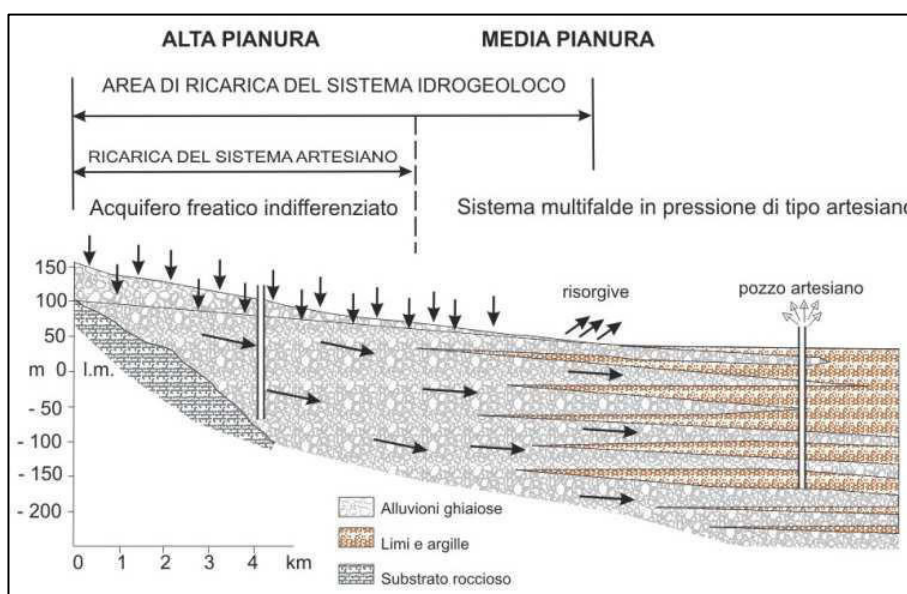
Le caratteristiche geologiche, almeno sino alla profondità di circa 20 m, sono analoghe per entrambi le due aree di progetto (A e B) e la stratigrafia può essere così schematizzata:

- **LIVELLO 1** - Il sottosuolo è caratterizzato in sub-superficie sino alla profondità di circa 3 / 4 m da materiali alluvionali costituiti da ghiaie da fini a grosse in matrice sabbiosa con ciottoli di varie dimensioni e di forma perlopiù arrotondata. In superficie, al tetto di tale livello, sono presenti dei terreni vegetali rimaneggiati dalle eterogenee e discontinue caratteristiche meccaniche. Il livello 1 ha delle velocità delle onde di taglio "Vs" e di compressione "Vp" relativamente differenti tra le aree "A" e "B", con i valori minori in corrispondenza dell'area "A". Le velocità "Vs" rilevate sono $214 \div 254$ m/s mentre le "Vp" $441 \div 449$ m/s. Il Livello 1 può essere associato alla presenza di materiali con **grado di addensamento MEDIO**.
- **LIVELLO 2** - Dalla profondità di circa 3 / 4 m sino circa 15 m sono presenti dei materiali alluvionali ghiaiosi in matrice sabbioso limosa. Le velocità medie delle onde Vs e Vp sono relativamente eterogenee per le due aree "A" e "B"; "Vs" $400 \div 500$ m/s, "Vp" $900 \div 1100$ m/s, i valori minori sono in corrispondenza dell'area "A". Il Livello 2 può essere associato alla presenza di materiali con **grado di addensamento ALTO**.

- **LIVELLO 3** - Oltre la profondità di 15 m sono probabilmente presenti dei materiali alluvionali ghiaiosi in matrice sabbioso limosa. Le velocità medie delle onde Vs nell'area "A" sono comprese tra 650 e 800 m/s, mentre le Vp sono comprese tra 1300 e 1600 m/s; nell'area "B" le Vs sono mediamente 715 m/s e le Vp 1490 m/s. Il Livello 3 può essere associato alla presenza di materiali con **grado di addensamento MOLTO ALTO**.

3) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Premesso quanto descritto nella caratterizzazione geologica e geomorfologica del territorio, il contesto idrogeologico della provincia di Verona può essere schematizzato nei tre distinti settori precedentemente descritti e rappresentati nella successiva immagine.



Schema idrogeologico della pianura veronese

- a) **SETTORE COLLINARE – MONTUOSO**; la natura prevalentemente calcarea unitamente all'assetto strutturale ha favorito l'instaurarsi di un ben sviluppato carsismo. In tal senso i fenomeni carsici e di fratturazione sono talmente numerosi e importanti che la circolazione idrica superficiale è presente solo in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi.
- b) **ALTA PIANURA**; tale unità (compresa fra i monti Lessini a nord, le colline moreniche dell'anfiteatro gardesano ad ovest e la fascia delle risorgive a sud) rappresenta una delle più cospicue riserve idriche sotterranee del Veneto. L'Alta Pianura è infatti sede di un acquifero freatico indifferenziato con direzione di deflusso approssimativamente Nord Ovest – Sud Est. L'elevata permeabilità e

l'omogeneità del sottosuolo permettono l'infiltrazione delle acque superficiali e fanno di questo territorio "area di ricarica" degli acquiferi.

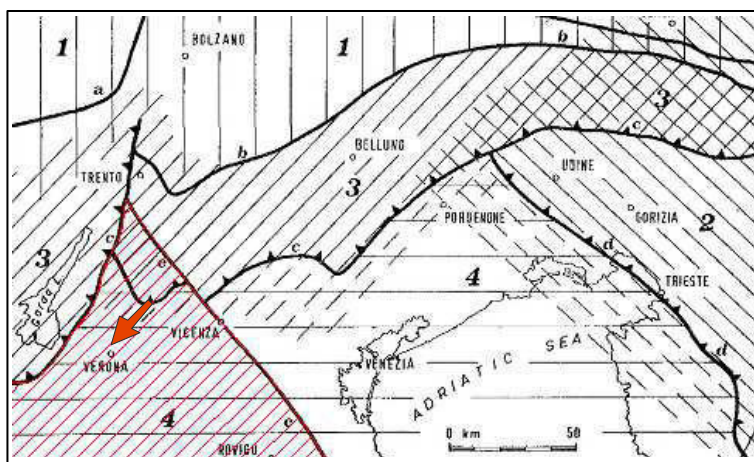
- c) **MEDIO - BASSA PIANURA**; a partire dal limite inferiore della fascia delle risorgive prende inizio il tipico ambiente di bassa pianura caratterizzato da litotipi di natura granulometrica fine e molto fine. Il sottosuolo è costituito da alternanze di orizzonti continui limo - argillosi e strati permeabili sabbiosi o ghiaioso sabbiosi; caratteristica è la sovrapposizione di *acquiclude* e di falde acquifere in pressione. In questa porzione di territorio prevalgono pertanto depositi a permeabilità medio bassa, utili alla protezione delle acque di qualità profonde.

I depositi ghiaioso - sabbiosi che costituiscono il sottosuolo dell'Alta Pianura (nello specifico anche dell'area d'indagine) rappresentano un importante acquifero freatico indifferenziato che ospita una falda di elevata potenzialità, la cui tavola d'acqua si trova a profondità variabile dal piano campagna in ragione della topografia dei luoghi e del gradiente della falda stessa. La direzione di deflusso della falda freatica è da Nord Ovest verso Sud Est. In linea generale la profondità della falda diminuisce da nord verso la porzione sud - orientale della città.

Valutazioni puntuali in merito al contesto idrogeologico dell'area sono descritte in una specifica relazione idrogeologica allegata alla presente relazione.

4) INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO

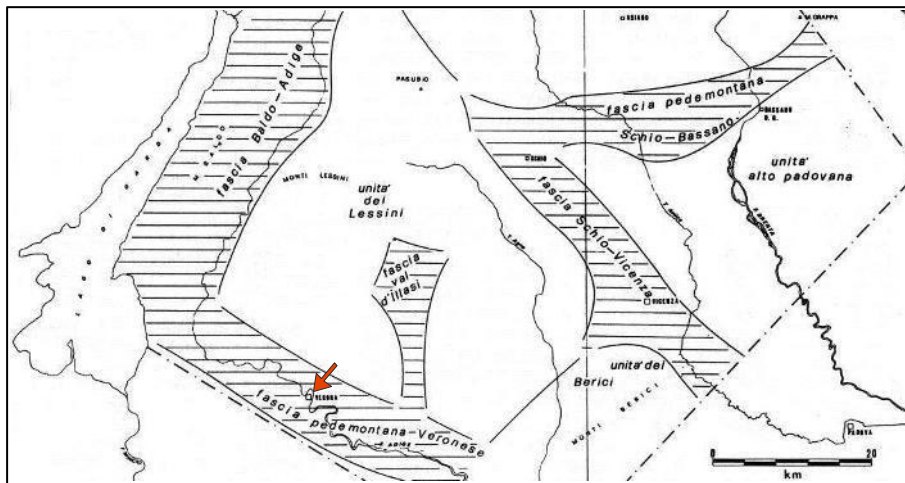
Nell'ambito delle "Unità cinematico - strutturali dell'Italia Nord orientale", l'area d'interesse progettuale si colloca nell'"Avampaese sudalpino – appenninico", unità che presenta una crosta con blande ondulazioni e con alti della Moho sia nel settore lessineo sia in quello adriatico (Istria occidentale e alto meso - Adriatico). L'unità ad occidente è sovrascorsa dai sistemi di embriciatura dell'area "Garda – Trento", mentre ad est, la linea "Schio – Vicenza" funge da svincolo trascorrente rispetto alle unità alloctone orientali. Il settore orientale è caratterizzato da un'avanfossa irregolare e discontinua e da una sensibile mobilità verticale perdurata anche durante il Pleistocene.



Unità cinematico – strutturali dell'Italia Nord Orientale (Slejko ed alii, 1987)

Legenda: 1) Alpi s.s. e settore delle Alpi Meridionali; 2) Dinaridi Esterne; 3) settore meridionale del Sudalpino; 4) avampaese sudalpino – appenninico. Limiti tettonici: a) Lineamento Insubrico separante le Alpi s.s. dalle Alpi Meridionali; b) linea della Valsugana (a occidente) e Linea Fella – Sava (ad oriente); c) fronte del Sudalpino; d) fronte delle Dinaridi Esterne; e) linea Schio – Vicenza

Nel "Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda e il Monte Grappa" oltre alle Unità Strutturali vengono definite anche le Fasce Sismotettoniche: le prime sono caratterizzate da omogeneità strutturale, attività neotettonica prevalentemente di tipo areale, sismicità ridotta o sparsa; le seconde coincidono in genere con le aree di limite fra le unità strutturali in cui l'attività tettonica è di tipo lineare, quella sismica è concentrata e frequente.



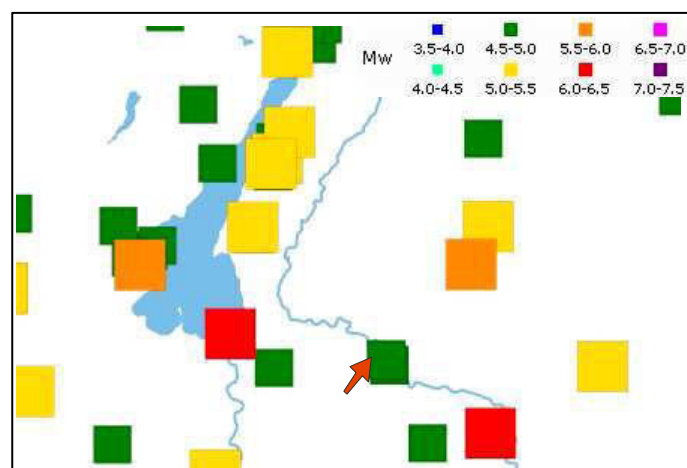
Estratto dal "Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda e il Monte Grappa"

(Panizza et. al. 1981)

La zona d'indagine ricade nella fascia pedemontana veronese, al margine fra la zona lessinea e l'area della pianura mantovano veronese.

Dal punto di vista neotettonico l'area denuncia sollevamenti e deformazioni non accentuate con blando basculamento verso Sud. Risultano in attività le faglie dirette. La sismicità storica è concentrata soprattutto nel settore meridionale dell'area, al passaggio fra i Lessini e la pianura, nonché lungo le valli di Illasi e di Chiampo.

Analizzando il catalogo dei Forti Terremoti d'Italia redatto dall'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), il quale riporta gli epicentri dei terremoti e le magnitudo (M_w), anche nelle vicinanze del territorio in esame si osserva come siano stati registrati eventi con M_w compresa tra 4,5 e 5,0.

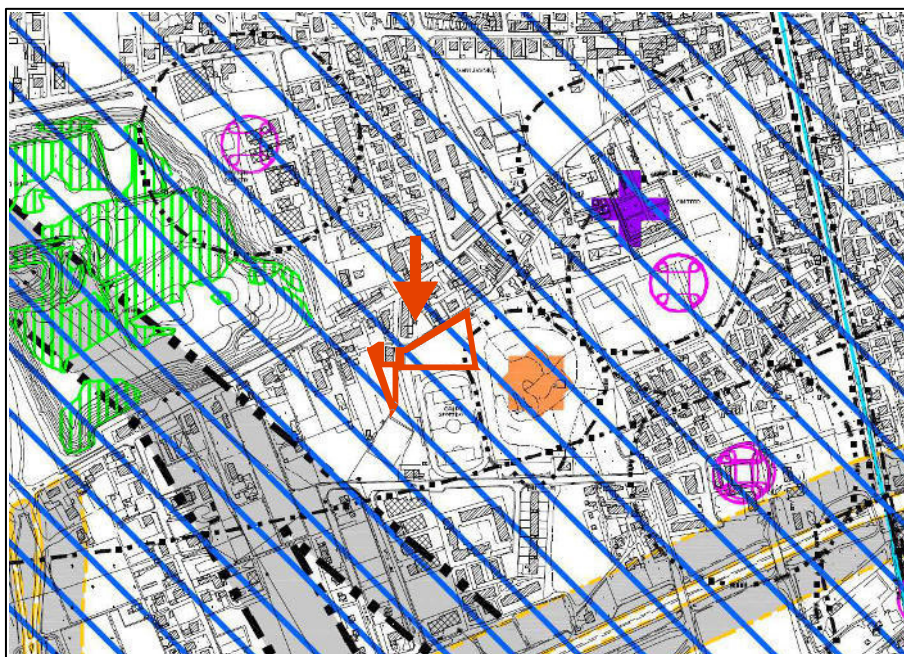


Intensità e magnitudo per i maggiori sismi registrati nella regione

5) ANALISI DEL PIANO DI ASSETO DEL TERRITORIO (PAT)

In riferimento alle tematiche inerenti il presente studio l'analisi del Piano di Assetto del Territorio del Comune di Verona ha evidenziato che nella *"Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale"* (Tav. 1) il sito d'indagine ricade nei seguenti ambiti:

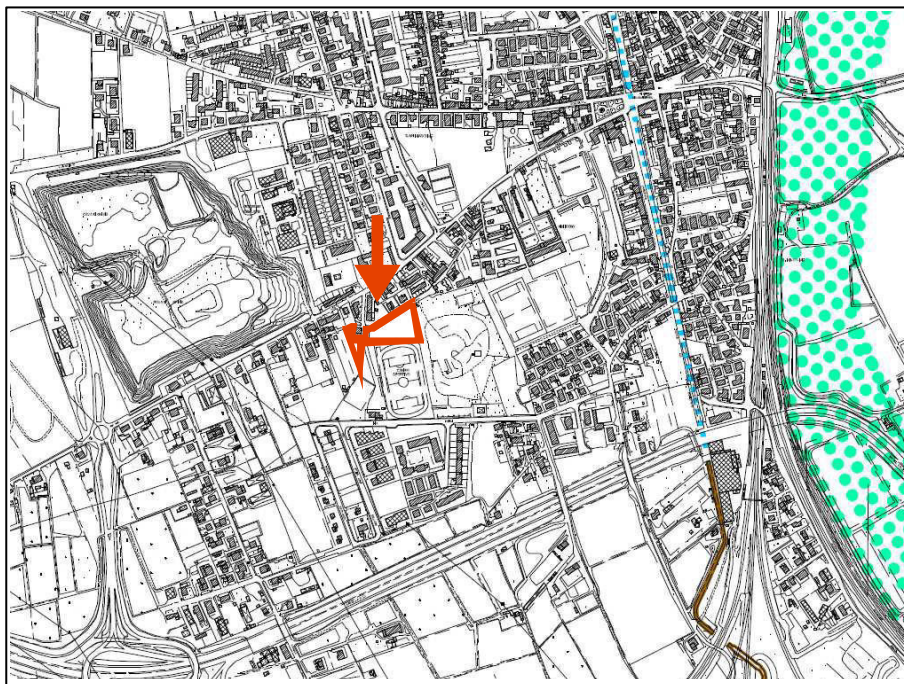
- *"AREA DI RICARICA DEGLI ACQUIFERI"* (art. 32); circostanza che comporta una prevenzione nei riguardi della falda freatica;
- fascia di rispetto per la presenza di *"DISCARICHE"* (art. 18); tale fascia lambisce solo parzialmente il margine est dell'area "B" dove tra l'altro si prevede di realizzare del verde pubblico.



Estratto dalla *"Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale"* del P.A.T. di Verona (Tav. 1)

La *"Carta delle Invarianti"* (Tav. 2) nella zona di interesse progettuale non evidenzia nessun ambito territoriale caratterizzato da particolari evidenze ed unicità geologiche.

Da osservare, al fine di una contestualizzazione geologica e stratigrafica della zona, che nelle vicinanze del margine est della zona d'indagine è presente una traccia di un paleoalveo (tonalità verde) orientata circa nord – sud.



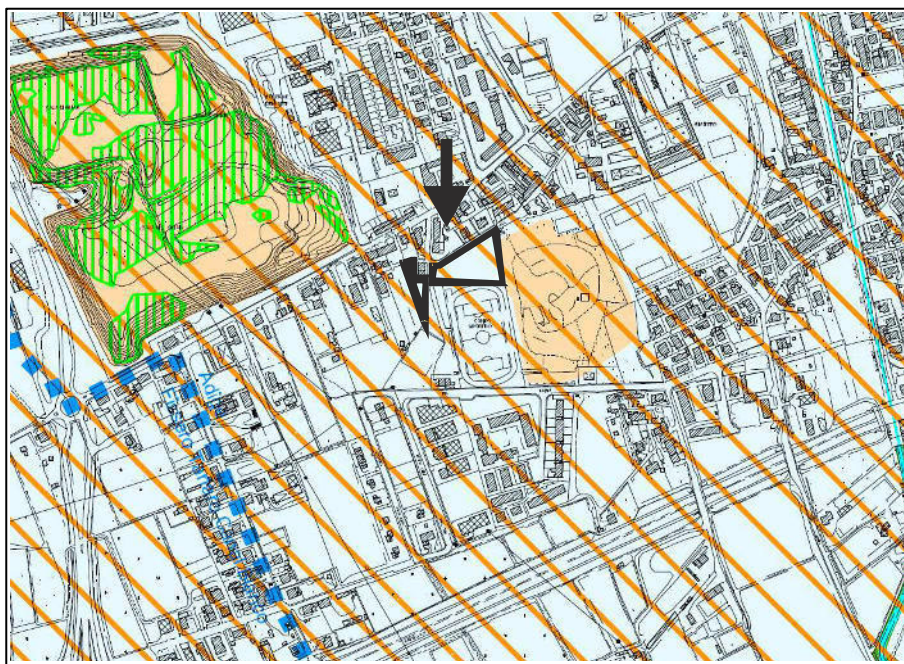
Estratto dalla "Carta delle invarianti" del P.A.T. di Verona (Tav. 2)

Nella "Carta delle Fragilità" (Tav. 3) il sito ricade nei seguenti ambiti:

- TERRENO OTTIMO SECONDO LE PENALITÀ AI FINI EDIFICATORI (art. 37);
- ZONA A VULNERABILITÀ INTRINSECA ALTA DEGLI ACQUIFERI (UNITÀ "A") (art. 38).

L'art. 37 delle Norme di Attuazione del P.A.T. si riferisce alle penalità ai fini edificatori, aree a bassa trasformabilità geologica. Le zone del territorio classificate con TERRENO OTTIMO non hanno alcun limite all'edificabilità.

L'art. 38 delle N.A. del P.A.T. si riferisce alla vulnerabilità intrinseca degli acquiferi. La zona d'indagine è inserita nell'unità delle aree di pianura classificata A (vulnerabilità intrinseca ALTA), caratterizzata da alluvioni fluviali e fluvio-glaciali a composizione prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa ad elevata permeabilità primaria con presenza di falda libera a profondità maggiore di 10 m dal piano campagna.



Estratto dalla "Carta delle Fragilità" del P.A.T. di Verona (Tav. 3)

Per quanto riguarda l'appartenenza ad ambiti caratterizzati da *vulnerabilità alta degli acquiferi* (art. 38) è necessario verificare la compatibilità di qualsiasi intervento urbanistico ed edilizio con il grado di vulnerabilità; inoltre tutti gli interventi devono rispettare le previsioni del Piano Regionale di Tutela delle Acque (P.T.A.) adottato con D.G.R.V. n. 4453 del 29 Dicembre 2004 e successivamente approvato con D.G.R.V. n. 107 del 5 Novembre 2009.

In merito al vincolo sismico (art. 8 delle N.A. del P.A.T.) tutto il territorio comunale è classificato sismico in zona 3 per effetto della Deliberazione del Consiglio Regionale 67/2003.

6) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

All'interno dell'area di progetto è stata condotta una campagna d'indagine geognostica per rilevare alcuni parametri geologici, geotecnici e sismici che sono andati ad integrare le informazioni bibliografiche acquisite per la zona di interesse.

Le informazioni disponibili hanno consentito di valutare qualitativamente e quantitativamente le caratteristiche geotecniche del sottosuolo delle aree "A" e "B".

Di seguito sarà descritta la campagna d'indagine geognostica (realizzata nel mese di marzo 2015) e la parametrizzazione geotecnica in riferimento ad alcuni parametri di particolare interesse progettuale.

In considerazione delle finalità del presente studio e relativamente a ciascun lotto edificabile si osserva la possibilità di dover integrare le informazioni acquisite, prevedendo specifiche indagini geognostiche che saranno commisurate in funzione delle opere che si andrà a progettare.

6.1) Campagna d'indagine

Le indagini geognostiche e le attività eseguite all'interno delle aree "A" e "B" sono state:

- sopralluogo nelle aree d'indagine e nelle zone circostanti;
- esecuzione di n. 2 prove simiche attive e analisi dei dati con le tecniche MASW e Rifrazione, per la determinazione delle velocità nel sottosuolo delle onde di taglio "Vs" e di compressione "Vp";
- esecuzione di n. 4 trincee esplorative superficiali con escavatore meccanico per la verifica qualitativa dei materiali; la profondità raggiunta è stata 3÷3.5 m.

La planimetria con l'ubicazione delle trincee esplorative è presente in allegato. Per ciascuna trincea è stata associata una scheda litostratigrafica descrittiva di quanto rilevato.

L'immagine seguente (riprende quanto presente in allegato) riporta l'ubicazione degli stendimenti sismici:

MASW1 (area A) orientato Nord – Sud; lunghezza dello stendimento 46 m

MASW2 (area B) orientato Sud Ovest – Nord Est; lunghezza dello stendimento 46 m



Ubicazione delle prove sismiche (base estratta dalle mappe di Google Maps)

6.1.1) PROVE SISMICHE

Le prove sismiche effettuate all'interno delle aree "A" e "B" sono state eseguite con la tecnica attiva, ovvero energizzando il sottosuolo e rilevando con un sismografo i tempi di arrivo ai geofoni delle onde prodotte.

I geofoni, ovvero ricevitori molto sensibili in grado di rilevare le più piccole vibrazioni nel sottosuolo, debbono essere posizionati a delle distanze regolari lungo un allineamento stabilito (stendimento). Le distanze tra i geofoni e la lunghezza dello stendimento vengono scelti in funzione della profondità da raggiungere e della definizione stratigrafica che si vuole conseguire. L'energizzazione del sottosuolo (battuta), ovvero la sorgente impulsiva in grado di produrre onde meccaniche con frequenze diverse, è stata eseguita ad un'estremità dell'allineamento di geofoni. Il risultato del rilievo di campagna sono dei sismogrammi che visualizzano i tempi di arrivo delle onde prodotte.

La strumentazione utilizzata è stata la seguente:

- sismografo digitale ECHO 12-24 2002 prodotto dalla ditta AMBROGEO S.r.l. caratterizzato da 24 canali di acquisizione digitale con dinamica a 16 bit, velocità di campionamento del segnale 0.131 millisecondi e filtro analogico Low Pass a 50 Hz;
- n. 2 stendimenti con 24 geofoni verticali di frequenza propria 4.5 Hz; la distanza tra i geofoni è stata 2 m (lunghezza totale di ciascuno stendimento 46 m);
- n. 6 punti di energizzazione del sottosuolo in sequenza ed esterni a ciascuno stendimento, alla distanza di 2, 4, 6, 8, 10, 16 m dal geofono n. 1;
- sorgente energizzante con massa battente da 10 kg dotata di dispositivo “trigger” per l’apertura del circuito d’acquisizione dei dati;
- tempo di acquisizione del segnale 1000 millisecondi e 400 millisecondi;
- acquisizione di n. 10 sismogrammi completi per ogni stendimento;
- software EasyMasw 2015-24.4.91 della ditta Geostru S.r.l. per l’elaborazione dei segnali sismici con la tecnica MASW; il programma restituisce lo spettro di velocità, il modello sperimentale medio della “curva di dispersione” e il profilo verticale della Vs avente i minori valori di errore percentuale e di disadattamento della “curva di dispersione teorica”;
- software Itersism 2.2 della ditta Geo&Soft International per l’elaborazione dei segnali sismici con la tecnica Rifrazione; il programma elabora le curve “spazio – tempo” (dromocrone), la profondità dei rifrattori e la sezione sismo-stratigrafica.

La qualità dei segnali registrati ha consentito due differenti tipi di analisi utili per una modellazione più completa e coerente del sottosuolo:

- **analisi MASW con onde di superficie tipo Rayleigh,**
- **analisi a Rifrazione con onde di volume Vp.**

L’analisi congiunta dei parametri “Vp” e “Vs” ha consentito di calcolare dei parametri geotecnici sismici utili per la parametrizzazione elasto-dinamica del sottosuolo (saranno descritti nel § 6.2).

La tecnica MASW ha avuto lo scopo di determinare le velocità di propagazione nel sottosuolo delle onde meccaniche di taglio “Vs”. Tale parametro ha consentito di calcolare la “Vs30” (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità) per la classificazione sismica del sottosuolo (così come consigliato dal D.M. 14/01/2008), verificare indirettamente la consistenza dei materiali e determinare il modulo di taglio dinamico (o rigidità) “G_{max}”.

Le considerazioni che hanno determinato la scelta della tecnica MASW sono state:

- possibilità di raggiungere significative profondità d'indagine;
- possibilità di verificare "l'inversione" delle velocità nei livelli di minore consistenza;
- presenza di "rumore di fondo" che avrebbe potuto alterare la qualità del segnale sismico acquisito.

La tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) si basa sul fenomeno della "dispersione" delle onde superficiali, nella fattispecie onde di Rayleigh (hanno vibrazioni con un movimento complesso ellittico retrogrado con asse maggiore verticale), che avviene nei mezzi stratificati o eterogenei. Il fenomeno della dispersione, ovvero la variazione della velocità di fase delle onde sismiche in funzione della frequenza e lunghezza d'onda, avviene a seguito della capacità d'investigare differenti profondità del sottosuolo in funzione delle lunghezze d'onda generate.

I parametri che condizionano le onde di Rayleigh sono: onde "Vs", spessore del mezzo e in misura minore densità e onde "Vp". Le velocità delle onde di Rayleigh corrispondono circa alla velocità delle "Vs" (0.94 Vs).

Le fasi di elaborazione sono essenzialmente due:

1. elaborazione dello "spettro di velocità" (velocità di fase delle onde in funzione della loro frequenza; lo spettro rappresenta un'elaborazione oggettiva del segnale registrato) e determinazione della "curva di dispersione sperimentale" (rappresenta un'elaborazione soggettiva delle potenze spettrali);
2. "inversione" della curva di dispersione mediante calcolo automatico con utilizzo di un algoritmo euristico per la definizione delle "curva di dispersione teorica" e del modello sismico, ovvero spessore dei sismostrati e velocità delle onde Vs (la qualità del risultato finale è influenzata dai parametri geologico – geotecnici utilizzati per l'elaborazione della curva di dispersione teorica).

La modellazione numerica della curva di dispersione prevede che alla base del modello sia posto un semispazio di spessore infinito.

Il risultato finale dell'elaborazione è il profilo verticale (centrale allo stendimento) delle velocità delle onde di taglio "Vs" in funzione della profondità.

In allegato sono riportati gli elaborati con i risultati ottenuti:

- ✓ migliore sismogramma rilevato,
- ✓ spettro delle velocità di fase,
- ✓ curva di dispersione teorica,
- ✓ profilo verticale delle velocità Vs,
- ✓ schema dei sismostrati e di alcuni parametri geotecnici (densità, G_{max}).

La tecnica a Rifrazione consente di rilevare le onde di volume, nella fattispecie onde di compressione “Vp” (o “onde Prime”, perché si propagano con maggiore velocità rispetto ad altri tipi di onde) generate con una sorgente energizzante.

La velocità con cui le onde si propagano dipende dalle proprietà fisiche del terreno: rigidità, densità, saturazione.

La tecnica di analisi si basa sul principio fisico della rifrazione e riflessione che avviene nel sottosuolo quando un’onda meccanica si propaga in materiali con caratteristiche meccaniche differenti. La condizione principale per l’applicazione del metodo è che la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenti con la profondità passando da uno strato al successivo.

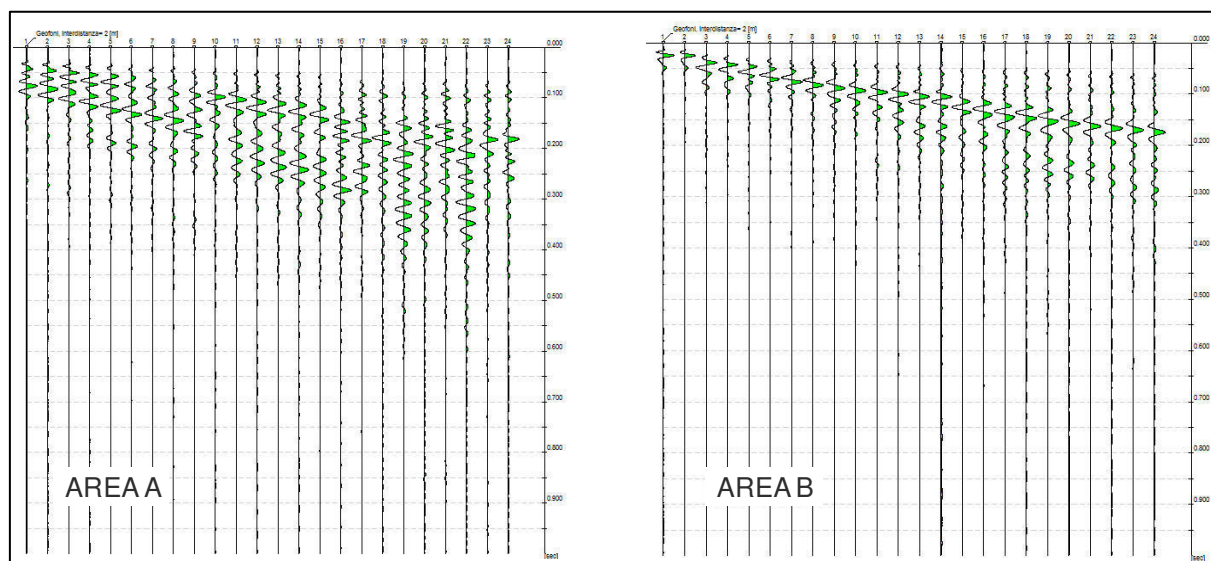
L’elaborazione dei tempi di arrivo ai geofoni delle onde generate permette di calcolare la velocità media con cui l’onda si propaga nel materiale e lo spessore dello strato.

In considerazione delle modalità operative con cui è stata condotta l’acquisizione dei segnali sismici non è stato possibile ricostruire una sezione sismo-stratigrafica bidimensionale, ma solo ottenere i valori di velocità con una stima della profondità dei rifrattori che determinano il cambio di velocità.

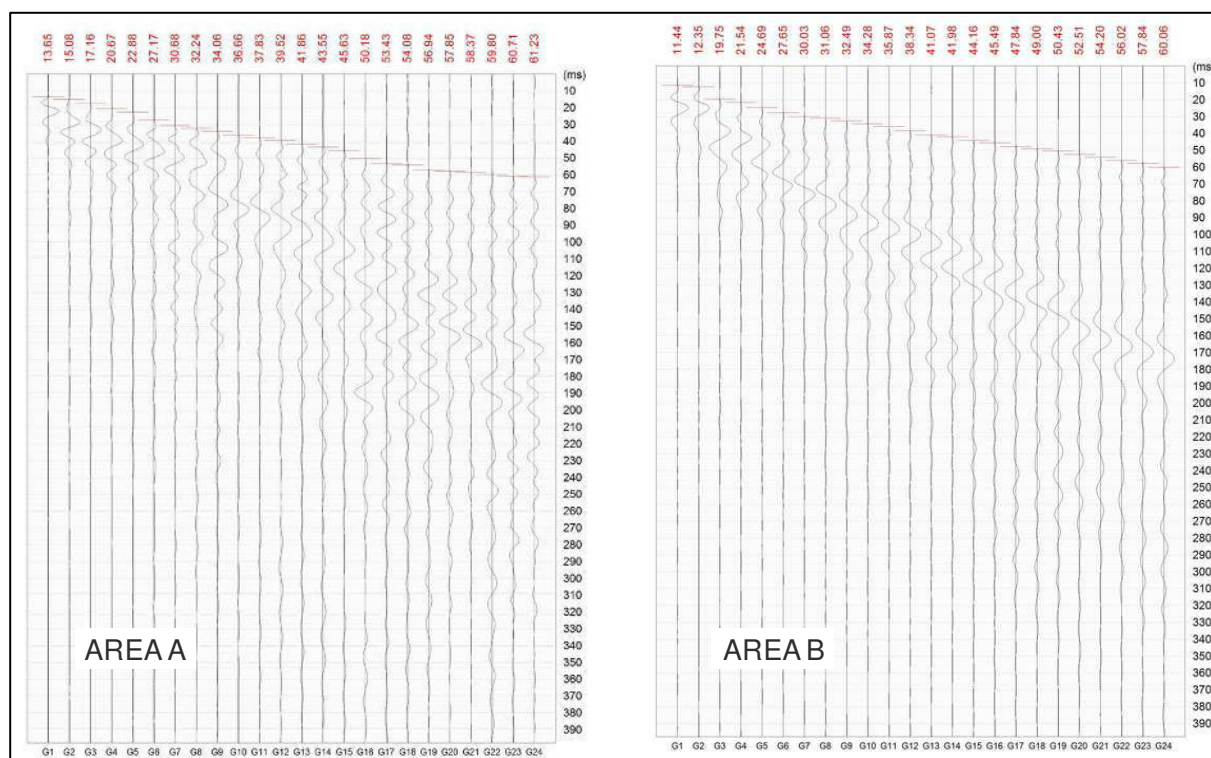
L’elaborazione dei segnali rilevati è consistita nelle seguenti operazioni:

1. determinazione dei primi tempi di arrivo (“FBP”);
2. calcolo delle dromocrone (curve distanza - tempo);
3. elaborazione delle velocità con il metodo dei tempi intercetti.

6.1.2) ELABORATI DELLE PROVE

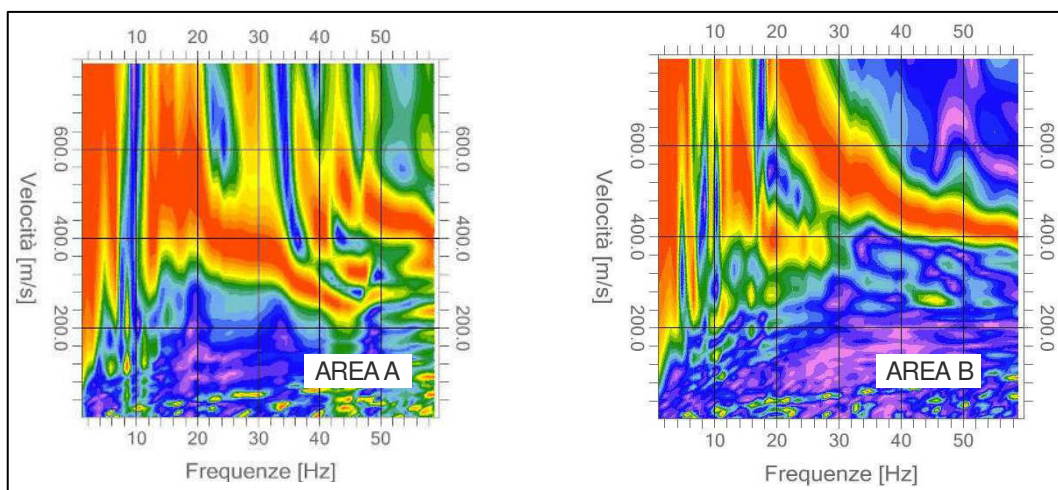


Relativamente alla tecnica MASW le immagini sopra riportate rappresentano i migliori **sismogrammi** acquisiti in sito con la distanza di battuta dal geofono n. 1 (offset) di 10 m per l'area "A" e 2 m per l'area "B". Le immagini dimostrano che tutte le componenti del segnale sismico sono state rilevate nel tempo d'acquisizione.



Relativamente alla tecnica a Rifrazione le immagini sopra riportate rappresentano i migliori **sismogrammi** acquisiti in sito con la distanza di battuta dal geofono n. 1 (offset) di 2 m e un tempo d'acquisizione di 400 ms. Le immagini evidenziano una discreta qualità del segnale acquisito, in cui i primi tempi di arrivo a ciascun geofono sono sufficientemente visibili.

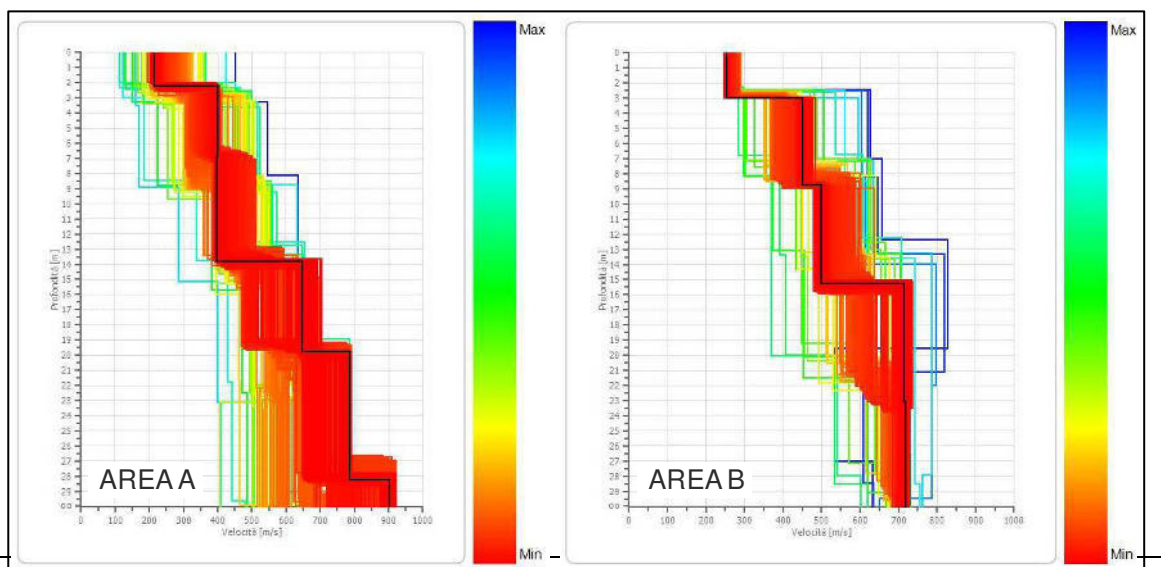
Relativamente alla tecnica MASW le immagini seguenti rappresentano gli **spettri delle velocità di fase** delle onde di Rayleigh nel dominio trasformato "Frequenze – Velocità". Gli spettri consentono di valutare le proprietà dispersive del segnale registrato e le tonalità rosse corrispondono ai massimi di energia spettrale. In fase di elaborazione a ciascuno spettro è stata sovrapposta la curva di dispersione sperimentale che ha permesso la definizione del modello sismo-stratigrafico.



I **profili sismici delle “Vs”** sino alla quota -30 m dal piano campagna sono rappresentati nelle successive immagini (elaborazione con software EasyMasw della Geostru), le quali riportano tutti i profili delle combinazioni di calcolo eseguite dal software per ottenere il profilo Vs (linea di colore nero) con i minori valori di errore percentuale e disadattamento della “curva di dispersione teorica”.

L’inversione delle curve di dispersione sperimentale ottenute dall’analisi degli spettri delle velocità di fase delle onde di Raleigh, ha consentito di valutare una situazione sismo-stratigrafica sostanzialmente simile nelle due aree di prova, in cui le velocità di taglio “Vs” sono crescenti con la profondità.

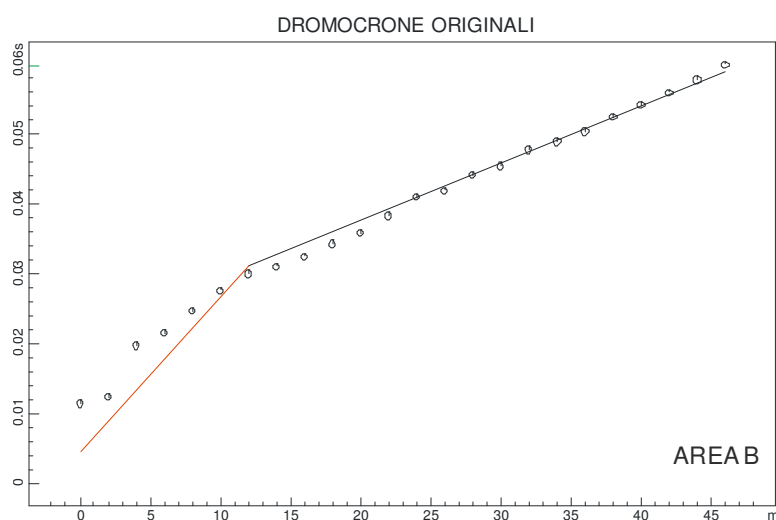
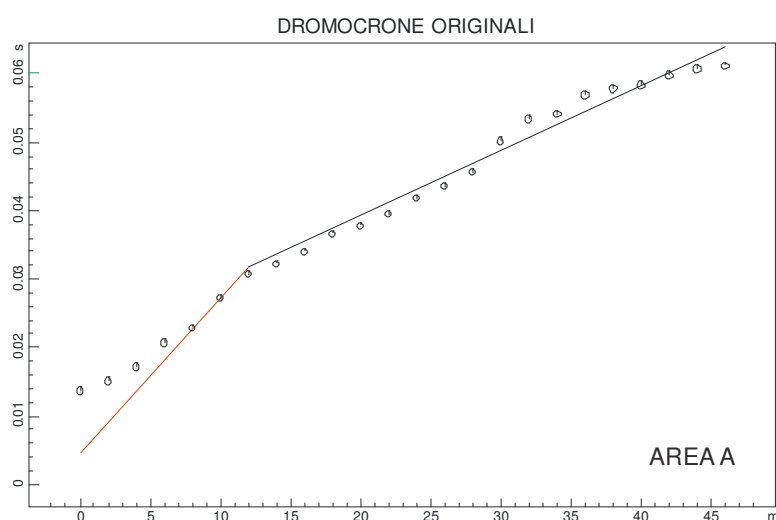
Le “Vs” medie sono relativamente lente in sub-superficie (214÷254 m/s), poi dalla profondità di circa -3 m sino circa -15 m aumentano a valori di 400÷500 m/s; a seguire le velocità sono molto alte $\geq 600\div700$ m/s.



Le immagini seguenti rappresentano le “dromocrone” ottenute con la tecnica della Rifrazione; esse hanno consentito di riconoscere la presenza di almeno un rifratore ad una profondità coerente con quella rilevata dalla tecnica MASW, il quale determina un sensibile cambio di pendenza delle curve “distanza – tempo” e conseguentemente delle proprietà elasto-meccaniche dei materiali.

In entrambi le aree indagate sono stati rilevati due sismostrati con interfaccia alla profondità indicativa di 4.5 m; le velocità sono le seguenti:

	Area A	Area B
V_{p1} (m/s)	441	449
V_{p2} (m/s)	1059	1220



6.2) Parametrizzazione geotecnica

In riferimento ai dati rilevati con la campagna d'indagine eseguita nel periodo di marzo 2015, di seguito sono stati stimati alcuni dei principali parametri geotecnici caratterizzanti il comportamento meccanico del sottosuolo. Essi sono stati determinati indirettamente elaborando le velocità delle onde di taglio "Vs" rilevate con le prove sismiche MASW e in modo empirico con l'osservazione dei materiali rilevati durante l'esecuzione delle trincee esplorative.

Le valutazioni sono state riferite ai primi metri di profondità dal piano campagna, ovvero nel volume di sottosuolo direttamente a contatto con le possibili opere di fondazione che si realizzeranno nelle nuove lottizzazioni.

Considerando la presenza di litologie incoerenti granulari di origine alluvionale fluviale e fluvioglaciale con classi granulometriche variabili dalle sabbie alle ghiaie, i parametri calcolati con l'elaborazione dei dati disponibili sono stati:

- peso di volume " γ ";
- angolo d'attrito " ϕ " (valore di picco);
- densità relativa "DR".

Il peso di volume " γ " è stato calcolato con l'equazione proposta da Dal Moro e al. 2007, la quale pone in relazione il peso di volume con la velocità delle onde di taglio "Vs".

$$\gamma = 0.75 \log_{10} Vs + 0.15$$

Considerando la presenza di ghiaie con matrice sabbiosa, l'angolo d'attrito " ϕ " è stato valutato con il metodo di De Mello (1971) valido qualora la componente sabbiosa sia prevalente e tale da condizionare la resistenza al taglio del materiale; mentre per le ghiaie o le ghiaie con sabbia è stato utilizzato il metodo di Schmertmann (1978).

Il metodo De Mello, valido per $\phi < 38^\circ$, è in funzione della pressione litostatica efficace e della resistenza penetrometrica dinamica normalizzata (è stata ricavata indirettamente dalla velocità Vs, Lysian 1993). Il metodo di Schmertmann è in funzione della DR delle ghiaie. Le relazioni utilizzate sono state le seguenti

$$\phi = 19 - (0.38 \sigma'_v) + 8.73 \log (N1_{60})$$

$$\phi = 38 + 0.08 DR$$

La densità relativa “DR” delle ghiaie è stata calcolata indirettamente con il metodo di Yoshida (1988, valido per terreni ghiaiosi) in funzione della pressione litostatica efficace e della resistenza penetrometrica dinamica (è stata ricavata indirettamente con la velocità Vs).

$$DR = 25 (N_{60} (0.769)^{0.46}) (\sigma'_v)^{-0.12}$$

A seguito delle analisi litologiche eseguite nelle trincee esplorative, l'angolo d'attrito ricavato indirettamente è stato confrontato con il valore ricavato con il metodo *osservazionale di Sanglerat*.

Tale metodo consente di ottenere una stima dell'angolo di attrito interno “ ϕ ” dei materiali granulari, in funzione dell'addensamento, della forma e rugosità dei grani, delle dimensioni e del fuso granulometrico. L'equazione per il calcolo è la seguente:

$$\phi = 36^\circ + \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \phi_4$$

- ϕ_1 = correzione per il grado di addensamento
- ϕ_2 = correzione per la forma e rugosità dei grani
- ϕ_3 = correzione per la dimensione dei grani
- ϕ_4 = correzione per la granulometria

La tabella di riferimento per la definizione dei coefficienti di correzione è di seguito riportata.

Addensamento	ϕ_1	molle	-6°
		media	0°
		serrata	+6°
Forma e rugosità	ϕ_2	spigolosa	+1°
		media	0°
		arrotondata	-3°
		molto arrotondata	-5°
Dimensione	ϕ_3	sabbia	0°
		ghiaia fine	+1°
		ghiaia grossa	+2°
Granulometria	ϕ_4	uniforme	-3°
		media	0°
		estesa	+3°

In considerazione di quanto rilevato cautelativamente è stato fatto riferimento ai valori della matrice sabbiosa, pertanto:

$$\phi = 36^{\circ} + 0^{\circ} + 0^{\circ} + 0^{\circ} - 3^{\circ} = 33^{\circ}$$

Premesso quanto descritto nel § 2 sulle valutazioni litostratigrafiche locali, di seguito si riportano dei valori di stima dei parametri geotecnici sub-superficiali. La suddivisione stratigrafica riprende quanto rilevato con le prove MASW.

AREA A

Unità	Profondità {m}	Vs {mts}	N ₆₀	N1 ₆₀	γ {T/m ³ }	S ϕ (°)	G ϕ (°)	G Dr (%)	Stato di addensamento
1	1,1	214	15	26	1,90	31,2	42,3	53	MEDIO
2	4,5	399	53	55	2,11	33,8	44,4	80	ADDENSATO
	10,2	397	52	36	2,11	31,7	43,7	72	ADDENSATO

AREA B

Unità	Profondità {m}	Vs {mts}	N ₆₀	N1 ₆₀	γ {T/m ³ }	S ϕ (°)	G ϕ (°)	G Dr (%)	Stato di addensamento
1	1,5	254	22	37	1,96	32,6	42,9	61	MEDIO
2	5,9	449	66	59	2,15	34,0	44,8	85	ADDENSATO
	12,1	499	81	50	2,18	32,8	44,9	86	ADDENSATO

Prof.	quota dal p.c. a metà dello strato considerato
Vs	velocità delle onde di taglio
N ₆₀	resistenza penetrometrica dinamica corretta
N1 ₆₀	resistenza penetrometrica dinamica corretta e normalizzata
γ	peso di volume
S ϕ	angolo d'attrito per le sabbie (valore di picco)
G ϕ	angolo d'attrito per le ghiaie sabbiose (valore di picco)
GDr	densità relativa delle ghiaie

La disponibilità dei parametri “Vs” e “Vp” acquisiti con le prove sismiche descritte nel § 6.1.1 hanno consentito, mediante relazioni empiriche note in letteratura scientifica, di stimare indirettamente altri parametri geotecnici che potranno essere utili nella modellazione dinamica del sottosuolo.

Le tabelle successive riportano la stima dei valori dei seguenti parametri:

V _p	velocità delle onde di compressione
V _s	velocità delle onde di taglio
ν	coefficiente di Poisson (è in relazione al rapporto V _p /V _s)
λ	costante di Lamè (è in relazione alla densità del mezzo, alle V _s e alle V _p)
k	costante di Bulk (è in relazione alla densità del mezzo, alle V _s e alle V _p)
E	modulo di Young (è in relazione alla densità del mezzo, alle V _s e alle V _p)
G _{max}	modulo di taglio dinamico o rigidità del sottosuolo (è in relazione alla densità del mezzo e alle V _s)

I valori delle velocità V_p e V_s riportati in tabella derivano da un'analisi congiunta dei dati MASW e Rifrazione, mentre la profondità e lo spessore degli strati riprende il modello sismo-stratigrafico ottenuto dalle prove MASW.

AREA A

Strato	Spessore (m)	Prof. (m)	γ kg/mc	V _s (m/s)	V _p (m/s)	ν Poisson	λ (MPa) Lamè	k (MPa) Bulk	E (MPa) Young	G (MPa) Rigidità
1	2,2	2,2	1905	214	441	0,35	196	254	235	87
2	4,6	6,8	2109	399	908	0,38	1067	1291	927	336
3	6,9	13,7	2107	397	904	0,38	1058	1279	917	332
4	6,1	19,8	2267	647	1348	0,35	2221	2854	2562	949
5	8,4	28,2	2330	785	1635	0,35	3357	4314	3877	1436
6	2,0	30,2	2375	902	1878	0,35	4512	5801	5218	1933

AREA B

Strato	Spessore (m)	Prof. (m)	γ kg/mc	V _s (m/s)	V _p (m/s)	ν Poisson	λ (MPa) Lamè	k (MPa) Bulk	E (MPa) Young	G (MPa) Rigidità
1	3,0	3,0	1961	254	449	0,26	142	227	320	127
2	5,8	8,8	2147	449	1020	0,38	1368	1657	1195	433
3	6,5	15,3	2182	499	1150	0,38	1799	2161	1504	543
4	7,7	23,0	2298	713	1483	0,35	2718	3497	3154	1168
5	7,2	30,2	2300	717	1494	0,35	2769	3557	3194	1183

In merito alla scelta dei parametri geotecnici di progetto per il calcolo della stabilità delle opere di fondazione che si riterrà opportuno progettare, si riporta lo schema dei coefficienti parziali (γ_M) da applicare ai parametri caratteristici del sottosuolo in riferimento a quanto proposto dal D.M. 14 gennaio 2008 tab. 6.2.II

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

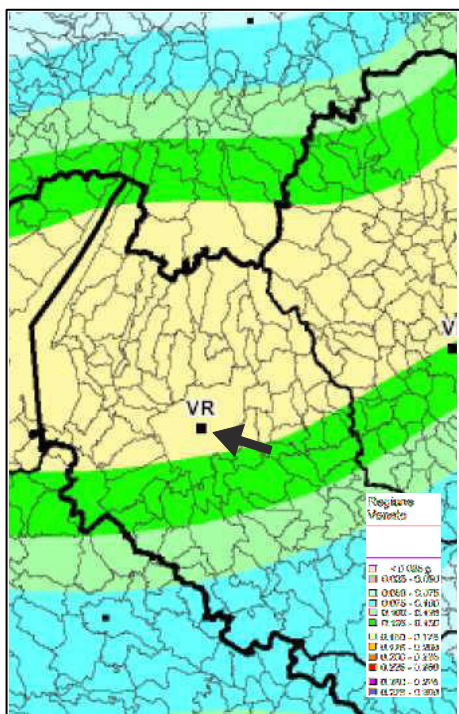
Relativamente alle opere che si andranno a progettare per l'urbanizzazione delle aree di Via Brigata Aosta si ritiene opportuno fornire le seguenti osservazioni di carattere geotecnico:

- il sottosuolo sino alla profondità di 10/15 m appare caratterizzato da litologie relativamente omogenee caratterizzate da un addensamento crescente con la profondità; nello specifico l'area "B" risulta caratterizzata da una qualità geotecnica dei materiali leggermente migliore di quella rilevata nell'area "A";
- in considerazione della presenza di materiali granulari incoerenti con granulometrie variabili dalle sabbie ai ciottoli il comportamento meccanico del sottosuolo di fondazione è granulare, pertanto il parametro geotecnico più significativo per la verifica della portanza dei terreni di fondazione è l'angolo d'attrito efficace " ϕ ";
- i materiali costituenti il sottosuolo appaiono di buona resistenza al taglio e limitata, ancorché molto contenuta, deformabilità; il grado di addensamento dei materiali è variabile da "mediamente addensato" a "addensato";
- qualitativamente la portanza dei terreni di fondazione appare buona / molto buona e per tipologie costruttive ordinarie tale da giustificare l'utilizzo di fondazioni dirette;
- dalla cartografia geologica allegata al P.A.T. del Comune di Verona si evince che la profondità della falda freatica dal piano campagna è maggiore di 10 m; pertanto non sono previste interferenze con le opere di fondazioni dirette che si renderanno necessarie per le opere in progetto.

7) PERICOLOSITA' SISMICA

Da un punto di vista amministrativo l'O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 ha classificato sismico il territorio comunale di **Verona** inserendolo in **Zona 3 (livello di sismicità BASSO)**, con accelerazione " a_g " orizzontale massima al suolo di riferimento (categoria A) **0.150g** (sono riferiti ad una probabilità del superamento del 10% in 50 anni).

Successivamente l'O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006 ha stabilito che il "livello di rischio sismico di base" del territorio da considerare nella progettazione strutturale sia definito mediante l'utilizzo di mappe suddivise in fasce con differente gradiente d'accelerazione " a_g " massima al suolo di riferimento (categoria A). Nell'area d'indagine la fascia di competenza ha una " a_g " variabile da **0.150g** a **0.175g** (sono riferiti ad una probabilità del superamento del 10% in 50 anni).



*Estratto dalle mappe di pericolosità sismica
del territorio nazionale*

7.1) Pericolosità sismica di base

Il D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) ha stabilito che la "**pericolosità sismica di base**" del sito sia definita da tre parametri variabili in funzione di prefissati periodi di ritorno " T_R " di un dato evento sismico:

- accelerazione (a_g) orizzontale massima al suolo di riferimento (categoria A),
- valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_o),
- periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_c^*).

Opportune tabelle allegate alle NTC riportano i valori dei tre parametri per i diversi stati limite di sicurezza per le prestazioni delle costruzioni in relazione alla vita nominale e classe d'uso delle costruzioni stesse ("SLO" Stato Limite di Operatività, "SLD" Stato Limite di Danno, "SLV" Stato Limite di salvaguardia della Vita, "SLC" Stato Limite di prevenzione del Collasso).

Relativamente alle aree d'indagine **e ipotizzando che la classe d'uso delle opere che si realizzeranno sia la II** (*costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali ...*) **mentre la vita nominale " V_N " delle opere strutturali ≥ 50 anni** (*opere ordinarie ...*), nella determinazione dell'azione sismica di base la normativa (NTC, § 2.4 e 3.2.1) consente l'utilizzo dei seguenti parametri (sono stati ricavati mediante l'utilizzo del programma "Spettri-NTC ver. 1.0.3" fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici):

latitudine località (ED50)	= 45,436N
longitudine località (ED50)	= 10,942E
Periodo di riferimento " V_R " per l'azione sismica	= 50 anni
" P_{VR} " Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	= 81% (per SLO)
" P_{VR} " Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	= 63% (per SLD)
" P_{VR} " Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	= 10% (per SLV)
" P_{VR} " Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	= 5% (per SLC)
" T_R " per "SLO" (con P_{VR} 81%)	= 30 anni
" T_R " per "SLD" (con P_{VR} 63%)	= 50 anni
" T_R " per "SLV" (con P_{VR} 10%)	= 475 anni
" T_R " per "SLC" (con P_{VR} 5%)	= 975 anni

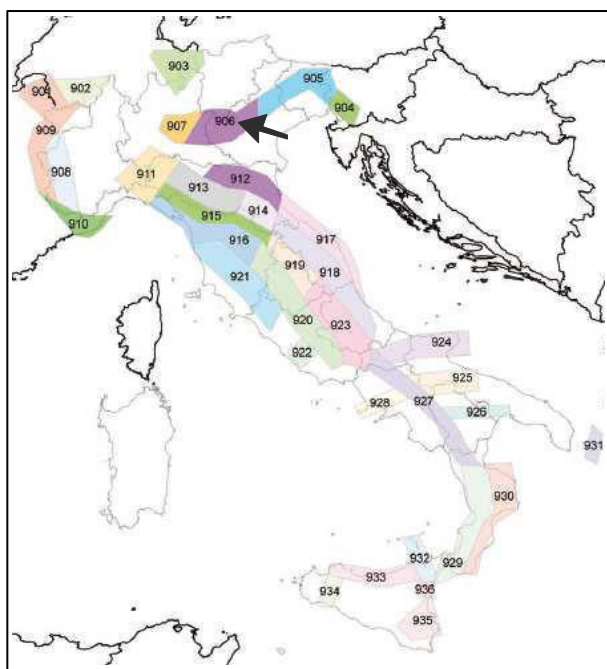
Stato Limite	T_R (anni)	a_g (g)	F_o	T_c^* (s)
SLO	30	0,042	2,511	0,235
SLD	50	0,056	2,523	0,245
SLV	475	0,158	2,430	0,276
SLC	975	0,204	2,469	0,280

Qualora la vita nominale e la classe d'uso delle costruzioni che si realizzeranno siano differenti da quelle considerate, i parametri riportati in tabella dovranno essere aggiornati in riferimento a quanto previsto dalla normativa.

La determinazione della magnitudo di un sisma rappresenta un elemento importante nella valutazione dell'azione sismica di un sito; la stima della magnitudo " M_w " prevista per la zona d'indagine può essere definita con il METODO DELLE ZONE SISMOGENETICHE, ovvero una delle 36 zone "ZS" in cui è stato suddiviso il territorio italiano e alle quali è stato associato un valore massimo di " M_{wmax} " (Linee Guida per la Microzonazione Sismica, 2008). Per la zona d'indagine:

ZS 906

M_w 6.60

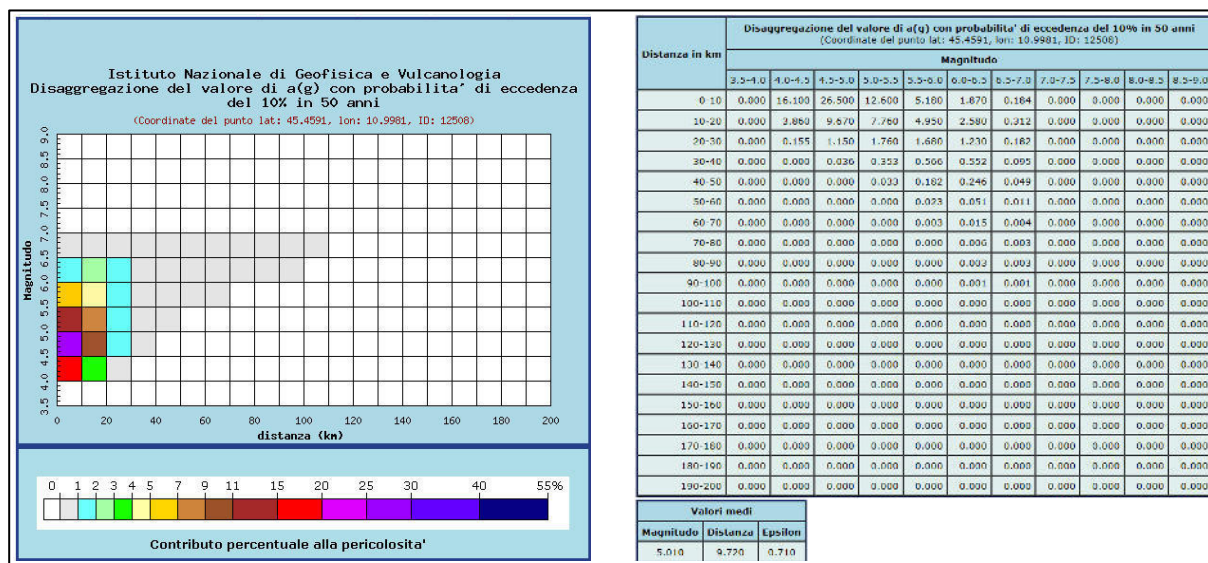


Zone sismogenetiche del territorio italiano (L.G. MS 2008)

In alternativa al metodo delle zone sismogenetiche la stima della magnitudo prevista per la zona d'indagine può essere valutata con il METODO DELLA DISAGGREGAZIONE, il quale consente di prendere in considerazione i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità del sito. L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia propone delle mappe e delle tabelle in cui per ogni comune del territorio italiano la disaggregazione dell'accelerazione di picco su suolo rigido permette di

calcolare il valore della magnitudo in funzione della distanza epicentrale e la relativa probabilità in funzione di determinati periodi di ritorno di un evento sismico.

Le immagini successive, ottenute dalle mappe proposte nel sito dell'INGV, rappresentano la pericolosità attesa per il comune di Verona (zona nord ovest rispetto al centro città) per un tempo di ritorno dell'evento sismico di 475 anni.



7.2) Pericolosità sismica locale

Le Linee Guida NTC-2008 definiscono la *risposta sismica locale* come “l’azione sismica quale emerge in superficie a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, subite per effetti morfologici o subite trasmettendosi dal substrato rigido attraverso le coperture”. Le coperture sedimentarie amplificano l’accelerazione sismica in superficie agendo contemporaneamente da filtro del moto sismico (diminuiscono l’energia complessiva), ma modificando la composizione e l’amplificazione di alcune frequenze. In riferimento al D.M. 14/01/2008 la “classificazione sismica del sottosuolo” e la “classificazione topografica del sito” consentono di *stimare* con un *approccio semplificato* gli effetti di sito sul segnale sismico, ossia l’accelerazione di riferimento amplificata (o accelerazione massima attesa in superficie “ a_{max} ”), ovvero la **pericolosità sismica locale**.

7.2.1) CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

In riferimento alla vigente normativa il sottosuolo di fondazione è stato classificato in funzione della “ V_{s30} ”, ovvero la velocità equivalente delle onde di taglio “ V_s ” sino alla profondità di 30 m.

La V_s è stata ricavata dall’analisi delle onde di superficie di Raleigh mediante la tecnica d’indagine sismica MASW; i § 6.1.1 e 6.1.2 descrivono le indagini eseguite e i risultati ottenuti.

L’equazione definita dalla normativa per il calcolo della “ V_{s30} ” (D.M. 14/01/2008, §3.2.2.) è la seguente:

$$V_{s30} = 30 / (\sum h_i / V_i)$$

h_i = spessore dello strato i esimo

V_i = velocità delle onde di taglio dello strato i esimo

La tabella successiva riporta la classificazione del sottosuolo descritta nelle NTC (§ 3.2.2.) in funzione di alcuni parametri geotecnici (resistenza al taglio non drenata equivalente “ $C_{u,30}$ ”, resistenza alla penetrazione dinamica equivalente “ $N_{spt,30}$ ”) e della velocità media “ V_{s30} ”.

<i>Categoria</i>	<i>Descrizione</i>
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi con valori $V_{s30} > 800$ m/s con strati di alterazione superficiale $h_{max} = 3$ m
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o terre a grana fina molto consistenti, con spessori > 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica media $N_{spt} > 50$, o coesione non drenata media $C_u > 250$ kPa)
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o terreni a grana fine di media consistenza, con spessori > 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa)
D	Depositi di terreni granulari scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori > 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt} < 15$, $C_u < 70$ kPa)
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C e D per spessori < 20 m posti sul substrato di riferimento ($V_{s30} > 800$ m/s)
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s (ovvero $10 < C_u < 20$ kPa) che includono uno strato spesso almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche

S2	Deposito di terreni suscettibili alla liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti
-----------	--

In riferimento ai dati acquisiti:

AREA "A" MASW1 $V_{s30} = 489 \text{ m/s} \Rightarrow$ Categoria di sottosuolo = B

AREA "B" MASW2 $V_{s30} = 514 \text{ m/s} \Rightarrow$ Categoria di sottosuolo = B

Gli effetti topografici sono in grado di modificare il moto sismico a seguito di fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche in prossimità delle creste dei rilievi; i fenomeni di amplificazione cresta – base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

La tabella successiva (§ 3.2.2 NTC) descrive le diverse categorie topografiche previste dalla normativa, le quali si riferiscono a configurazioni geometriche di cresta o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

<i>Categoria</i>	<i>Descrizione</i>
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 $i > 30^\circ$

La superficie topografica dell'area ha un'inclinazione media $< 15^\circ$:

Categoria topografica = T1

7.2.2) AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA

Il § 7.11.3.2 delle N.T.C.-2008 cita "l'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata in prima approssimazione con riferimento alle

categorie di sottosuolo". Il moto sismico alla superficie (in campo libero) associato ad ogni categoria di sottosuolo viene definito mediante l'**accelerazione massima attesa in superficie** " a_{max} " ed una forma spettrale ancorata ad essa.

L'accelerazione " a_{max} " rappresenta l'amplificazione dell'accelerazione di base (moto su suolo rigido) a seguito degli effetti di sito: ovvero le condizioni geologiche e topografiche.

L'accelerazione massima può essere calcolata con la seguente relazione (DM 14/01/2008, § 7.11.3.2)

$$a_{max} = S \cdot a_g$$

$$S = S_S \cdot S_T$$

S_S – coefficiente di amplificazione stratigrafica (in relazione alla categoria di sottosuolo)

S_T – coefficiente di amplificazione topografica (in relazione alla categoria topografica)

Considerando la classificazione sismica del sottosuolo, la classificazione topografica e la pericolosità di base del sito (a_g su suolo rigido), i valori dei coefficienti "S" e delle accelerazioni sismiche orizzontali amplificate " a_{max} " per ogni stato limite sono:

Periodo di riferimento V_R = 50 anni

Categoria del sottosuolo = B

	<i>SLO</i>	<i>SLD</i>	<i>SLV</i>	<i>SLC</i>
S_S	1.200	1.200	1.200	1.198
S_T	1.0	1.0	1.0	1.0
S	1.200	1.200	1.200	1.198
a_g	0.042	0.056	0.158	0.204
a_{max}	0.050	0.067	0.189	0.245

8) CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio geologico di due aree ubicate in Via Brigata Aosta a San Massimo di Verona, ha avuto lo scopo di valutare, ai sensi della vigente normativa, le caratteristiche geologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche del sottosuolo sul quale si prevede l'urbanizzazione e la suddivisione di quattro lotti edificabili. La superficie complessiva delle aree di progetto è circa 4.500 m² ed è suddivisa in due aree definite nella presente relazione "A" e "B".

La presente relazione descrive il contesto geologico in cui si inserisce l'area d'indagine, le indagini geognostiche eseguite in sito per ottenere dei dati utili per gli scopi del presente studio e la stima dei principali parametri geotecnici in campo statico e dinamico che si potranno rendere necessari per le puntuali valutazioni sulla stabilità dell'area.

Le analisi e le valutazioni descritte rappresentano delle conoscenze di base che andranno opportunamente integrate con altri dati rilevati in sito con specifiche indagini geognostiche, le quali saranno commisurate all'entità delle opere che si andranno a progettare su ciascun lotto edificabile.

In riferimento ai dati attualmente disponibili il sottosuolo risulta caratterizzato dalla presenza continua sino oltre la profondità di 15 m (ma fonti bibliografiche consentono di stimare profondità molto maggiori) di litologie incoerenti costituite da ghiaie e ciottoli di forma perlopiù arrotondata in matrice sabbiosa o limoso sabbiosa appartenenti al materasso alluvionale di origine fluviale e fluvioglaciale generato dall'attività idrodinamica del fiume Adige.

Lo stato di addensamento dei materiali è crescente con la profondità e variabile da mediamente addensato (in superficie) ad addensato. Lo sviluppo verticale dell'addensamento è sostanzialmente omogeneo tra le due aree di lottizzazione, ma in quella definita "A" le caratteristiche geotecniche sono leggermente di qualità inferiore rispetto all'area "B".

Non sono state rilevate penalità di tipo geologico o geotecnico per la realizzazione di opere edili, mentre ai fini urbanistici esiste un vincolo di tutela idrogeologica in quanto l'area d'indagine rientra nell'area di ricarica degli acquiferi.

Il Piano di Assetto del Territorio del Comune di Verona individua la falda freatica oltre la profondità di 10 m dal piano campagna, pertanto non andrà ad interferire con le opere che si prevede di realizzare per l'urbanizzazione dell'area.

Da un punto di vista sismico il territorio comunale di Verona è classificato sismico in zona 3 e il sottosuolo delle due aree indagate è classificabile in categoria B con valori di V_{s30} variabili da 489 a 514 m/s.

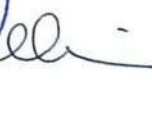
Qualora si realizzino opere ordinarie all'interno delle aree di nuova lottizzazione, le norme tecniche (D.M. 14/01/2008) prevedono un'accelerazione orizzontale massima attesa al sito " a_{max} " di ancoraggio dello spettro di risposta elastico variabile da 0.050g (V_R 50 anni, T_R 30 anni) a 0.245g (V_R 50 anni, T_R 975 anni).

Lì, luglio 2015

Dott. Geol. Enrico Nucci



Dott. Geol. Andrea Garbellini



ALLEGATI

ALLEGATO

Ubicazione dell'area d'indagine

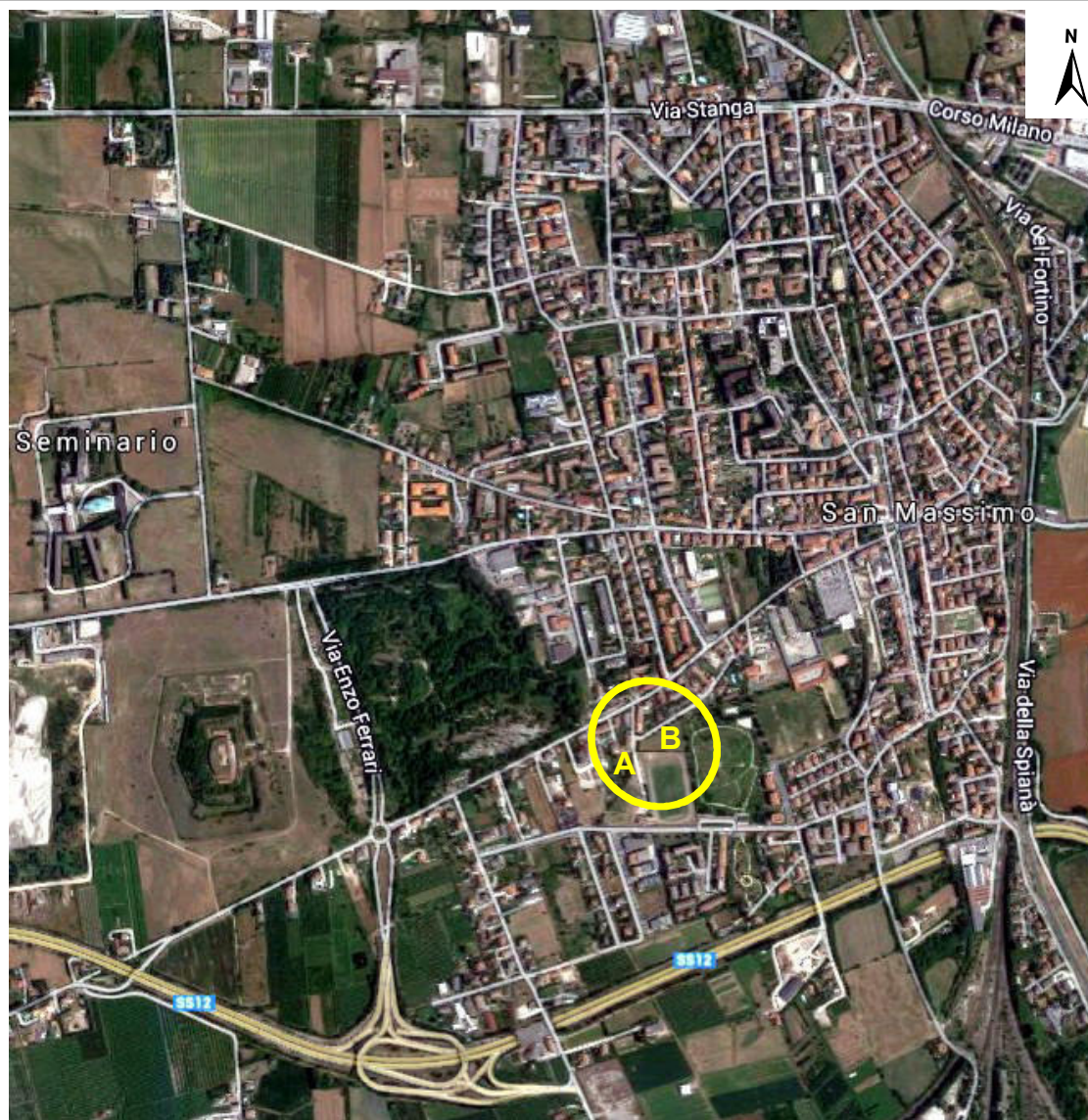
*Estratto dalle mappe di Google Maps
(planimetria non in scala)*

Comm.te: sig.ri ROSSETTO

Comune: Verona

Località: Via Brigata Aosta

Data: 12/03/2015



Coordinate geografiche (WGS84) centrali all'area di progetto A
45,43485N 10,94062E

Coordinate geografiche (WGS84) centrali all'area di progetto B
45,43516N 10,94156E

Coordinate geografiche (Ed50) centrali all'area di progetto A
45,43577N 10,94164E

Coordinate geografiche (Ed50) centrali all'area di progetto B
45,43608N 10,94258E

ALLEGATO

Ubicazione delle prove sismiche

*Estratto dalle mappe di Google Maps
(planimetria non in scala)*

Comm.te: sig.ri ROSSETTO
Comune: Verona
Località: Via Brigata Aosta
Data: 12/03/2015



— sviluppo dello stendimento sismico

g1, g24 posizione dei geofoni n. 1 e n. 24

— area di progetto A

— area di progetto B

ALLEGATO

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Comm.te: sig.ri ROSSETTO

Comune: Verona

Località: San Massimo - Via Brigata Aosta

Data: 12/03/2015

STUDIO NUCCI

SOCIETA' DI INGEGNERIA E GEOLOGIA APPLICATA

Via Albere n.132, 37137 Verona

tel 045.8622408, email studionuccisrl@fiscali.it



Allineamento della MASW N. 1; vista in direzione Sud



Allineamento della MASW N. 2; vista in direzione Nord Est

SISMICA MASW 01 - ALLEGATO

Comm.te: sig.ri ROSSETTO

Comune: Verona

Località: San Massimo - Via Brigata Aosta

Data: 12/03/2015

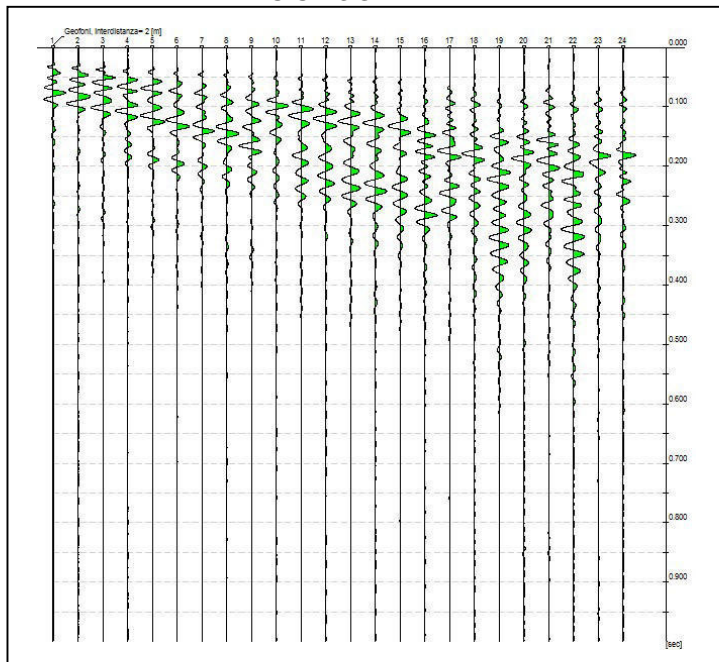
STUDIO NUCCI

SOCIETA' DI INGEGNERIA E GEOLOGIA APPLICATA

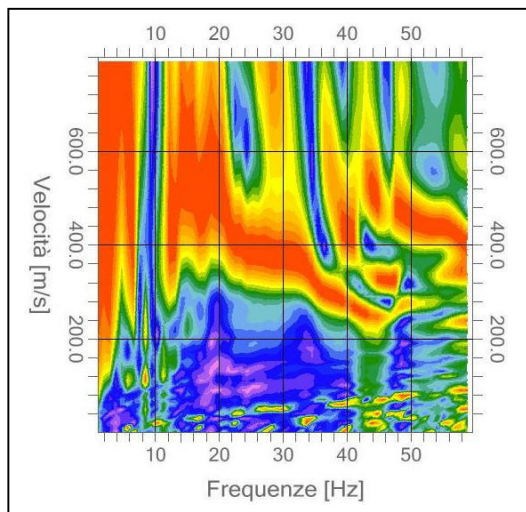
Via Albere n.132, 37137 Verona

tel 045.8622408, email studionuccisrl@fiscali.it

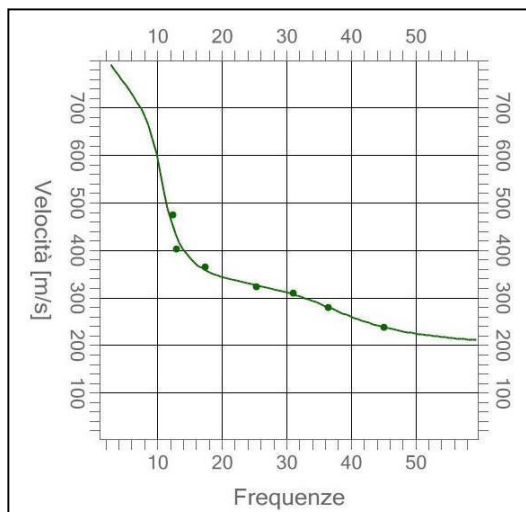
SISMOGRAMMA



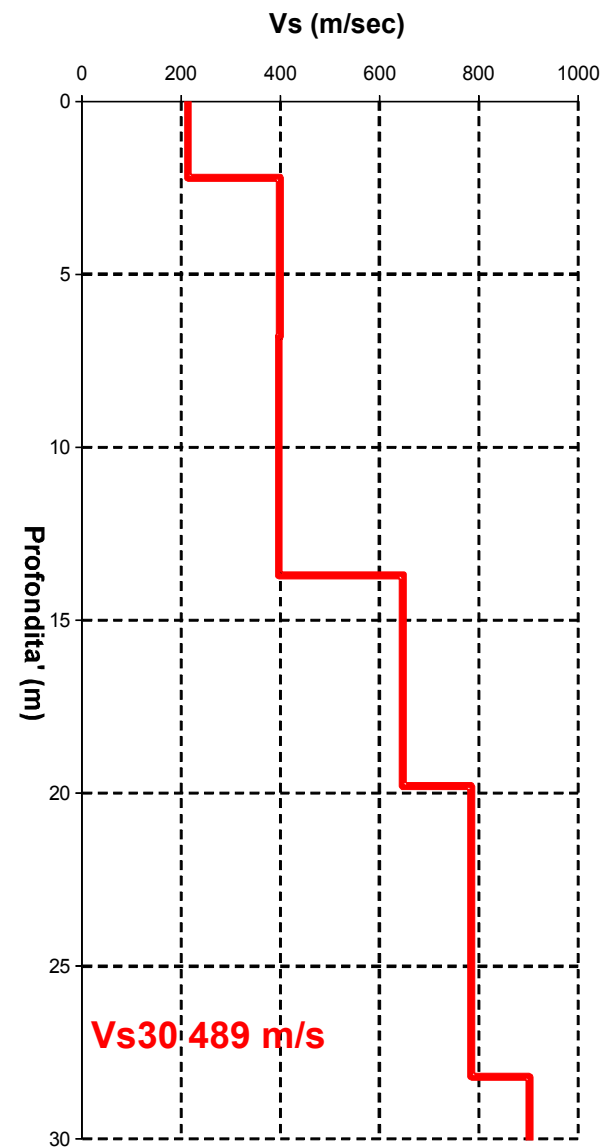
SPETTRO VELOCITÀ DI FASE



CURVA DI DISPERSIONE



Profilo verticale onde S



Strato	Spessore (m)	Prof. (m)	γ kg/mc	Vs (m/s)	G (MPa) Rigidità
1	2,2	2,2	1905	214	87
2	4,6	6,8	2109	399	336
3	6,9	13,7	2107	397	332
4	6,1	19,8	2267	647	949
5	8,4	28,2	2330	785	1436
6	2,0	30,2	2375	902	1933

SISMICA MASW 02 - ALLEGATO

Comm.te: sig.ri ROSSETTO

Comune: Verona

Località: San Massimo - Via Brigata Aosta

Data: 12/03/2015

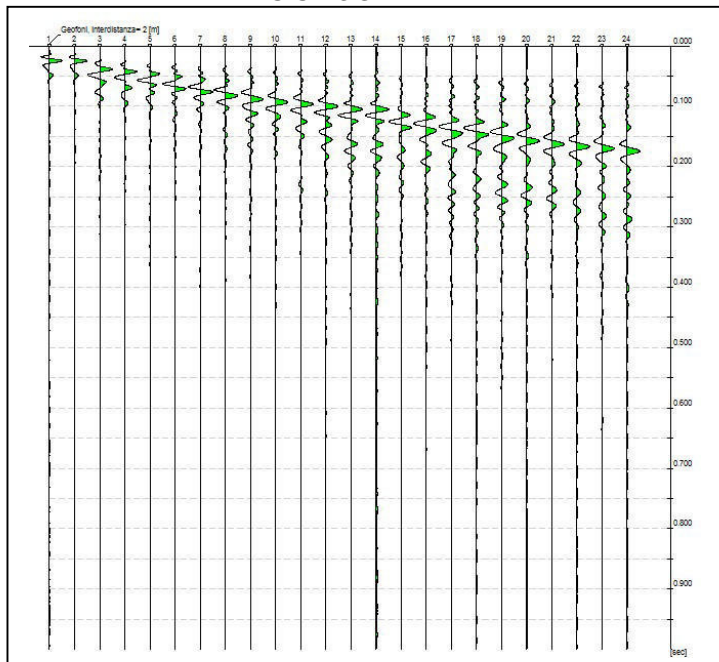
STUDIO NUCCI

SOCIETA' DI INGEGNERIA E GEOLOGIA APPLICATA

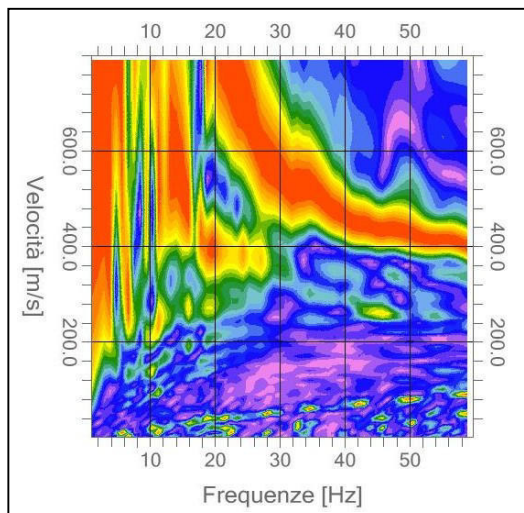
Via Albere n.132, 37137 Verona

tel 045.8622408, email studionuccisrl@fiscali.it

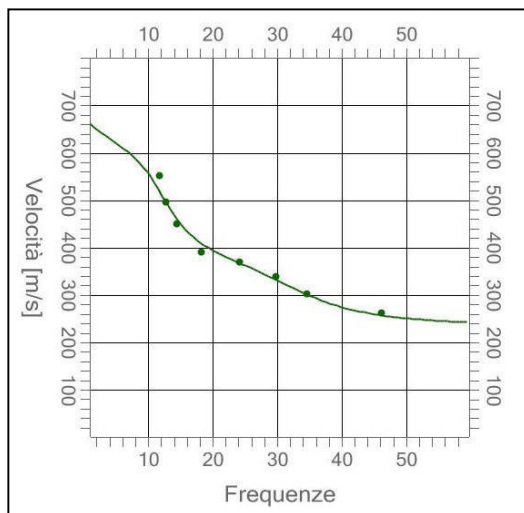
SISMOGRAMMA



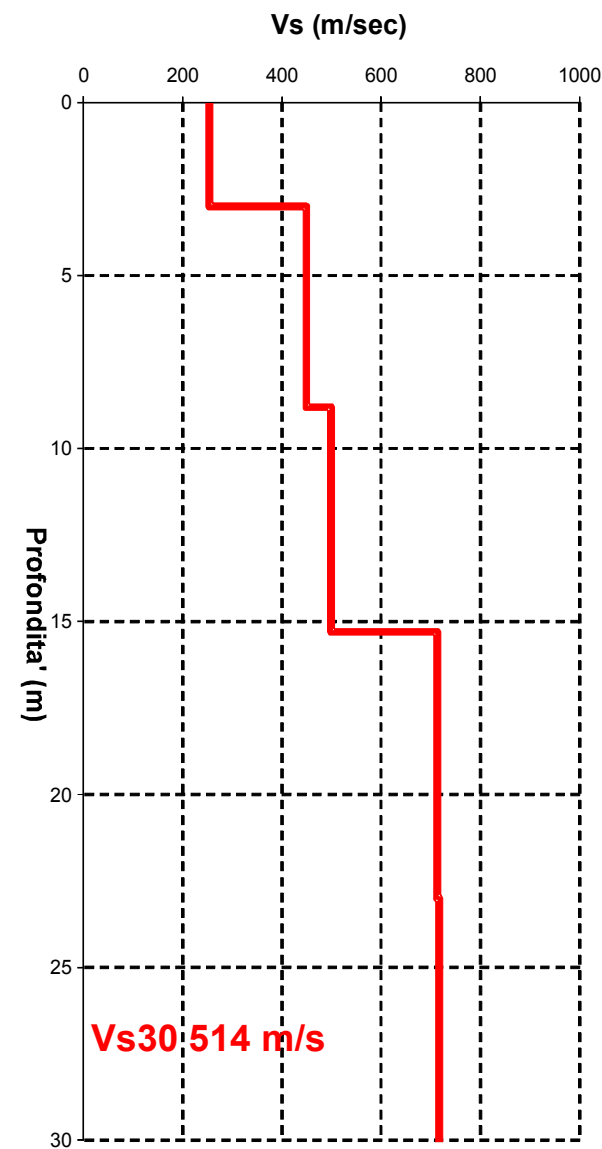
SPETTRO VELOCITÀ DI FASE



CURVA DI DISPERSIONE



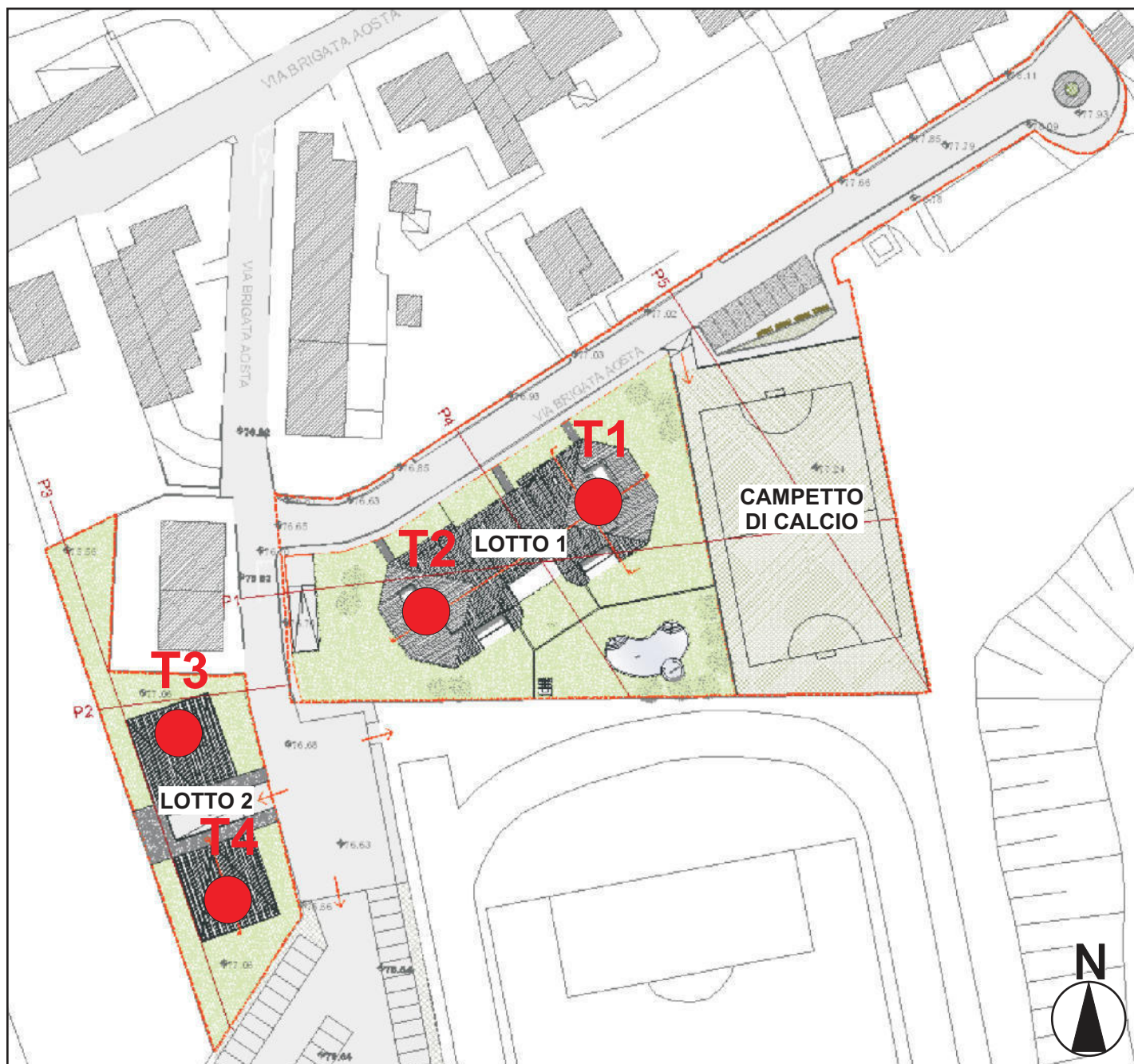
Profilo verticale onde S



Strato	Spessore (m)	Prof. (m)	γ kg/mc	Vs (m/s)	G (MPa) Rigidità
1	3,0	3,0	1961	254	127
2	5,8	8,8	2147	449	433
3	6,5	15,3	2182	499	543
4	7,7	23,0	2298	713	1168
5	7,2	30,2	2300	717	1183

ALLEGATO:

TRINCEE ESPLORATIVE E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



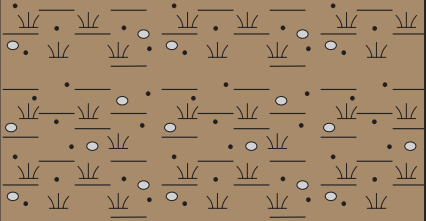
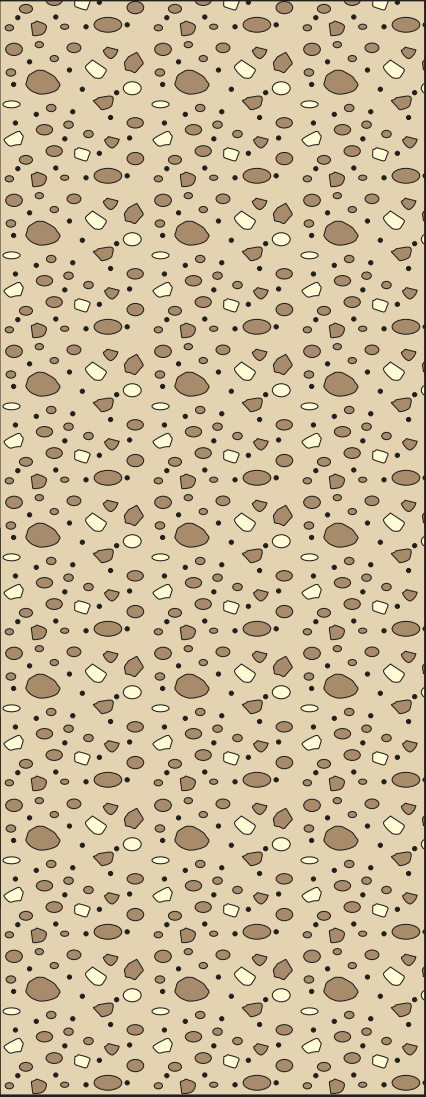
PLANIMETRIA AMBITO DI PROGETTO SCALA 1:1.000 ED UBICAZIONE TRINCEE ESPLORATIVE

Vista d'insieme della sezione stratigrafica relativa alla trincea esplorativa n.1



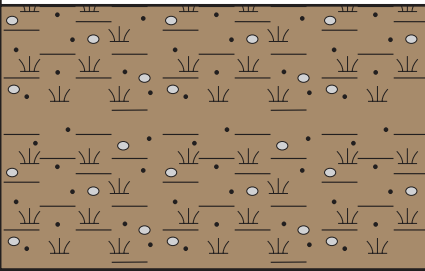
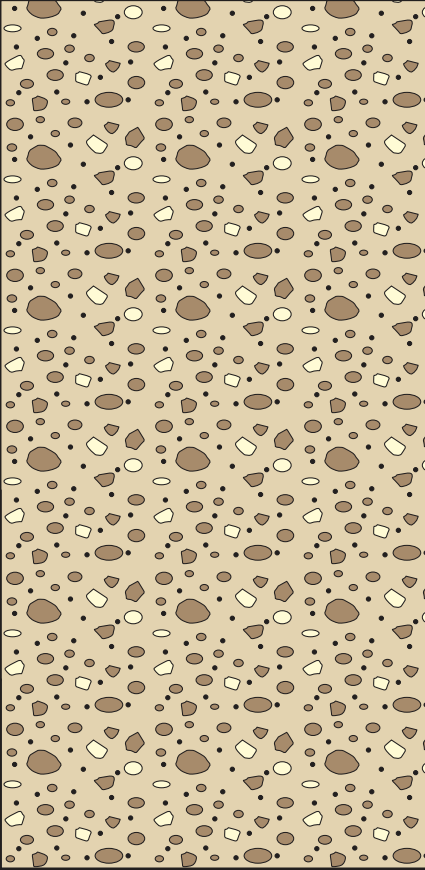
Cumulo dei depositi ghiaiosi con sabbia e ciottoli rinvenuti durante l'esecuzione della trincea esplorativa n.1



SEZIONE STRATIGRAFICA TRINCEA ESPLORATIVA n.1				
QUOTA DAL P.C. (m)		LITOLOGIA		DESCRIZIONE
0.0				
0.5				Terreno vegetale con ghiaia
1.0				Ghiaie e sabbia con ciottoli
1.5				
2.0				
2.5				
3.0				
3.5				
4.0				
4.5				
5.0				

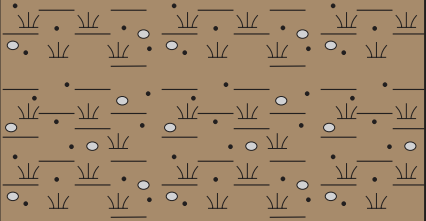
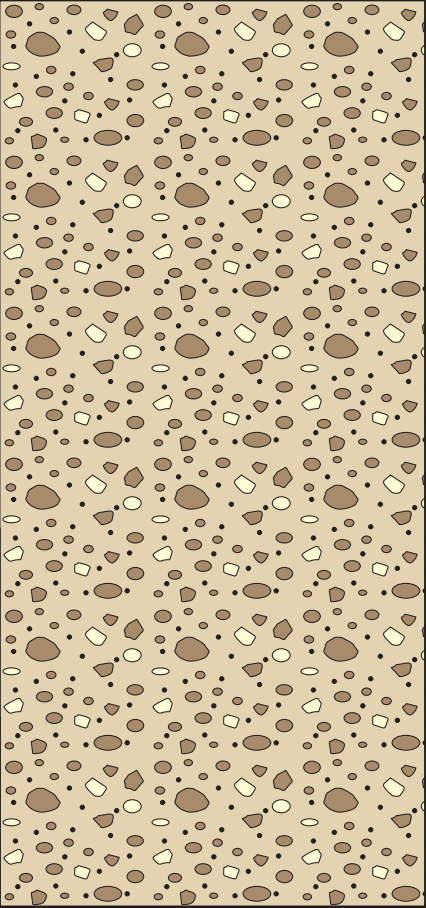
Vista d'insieme della sezione stratigrafica relativa alla trincea esplorativa n.2



SEZIONE STRATIGRAFICA TRINCEA ESPLORATIVA n.2				
QUOTA DAL P.C. (m) 0.0		LITOLOGIA		DESCRIZIONE
0.5				Terreno vegetale con ghiaia
1.0				Ghiaie e sabbia con ciottoli
1.5				
2.0				
2.5				
3.0				
3.5				
4.0				
4.5				
5.0				

Vista d'insieme della sezione stratigrafica relativa alla trincea esplorativa n.3



SEZIONE STRATIGRAFICA TRINCEA ESPLORATIVA n.3				
QUOTA DAL P.C. (m)		LITOLOGIA		DESCRIZIONE
0.0				
0.5				Terreno vegetale con ghiaia
1.0				Ghiaie e sabbia con ciottoli e ciottoloni (Ø 20/30 cm)
1.5				
2.0				
2.5				
3.0				
3.5				
4.0				
4.5				
5.0				

Vista d'insieme della sezione stratigrafica relativa alla trincea esplorativa n.4



SEZIONE STRATIGRAFICA TRINCEA ESPLORATIVA n.4				
QUOTA DAL P.C. (m)		LITOLOGIA		DESCRIZIONE
0.0				Terreno vegetale con ghiaia
0.5				Terreno vegetale con ghiaia
1.0				Ghiaie e sabbia con ciottoli e ciottoloni (Ø 20/30 cm)
1.5				
2.0				
2.5				
3.0				
3.5				
4.0				
4.5				
5.0				