



COMUNE DI CAMINO AL
TAGLIAMENTO
PROVINCIA DI UDINE
REGIONE FRIULI VENEZIA
GIULIA

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DENOMINATO "ELLO18
SOLAR 1" CON POTENZA DI PICCO PARI A 9'820,80 kWp E POTENZA IN
IMMISSIONE PARI A 8'172,00 kW

Proponente

ellomay
CAPITAL LIMITED

Ellomay Solar Italy Eighteen Srl
Via Sebastian Altman, 9
39100 Bolzano (BZ)
C.F.: 03138530211

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Titolo elaborato

CAMINO AL TAGLIAMENTO
RELAZIONE GEOLOGICA

Elaborato N.

S03

Data emissione

04/04/23

Nome file

REL_GEO_CAMINOALTAGLIAMENTO

N. Progetto

ELLO18 SOLAR 1

Pagina

COVER

00

04/04/23

PRIMA EMISSIONE

REV.

DATA

DESCRIZIONE

G.EDI.S. s.r.l.



AZIENDA CERTIFICATA
ISO 9001:2008

sede legale: Via Urbana 150 - 00184 Roma

sede amministrativa:
Via Roma, 28 – 02034 MONTOPOLI DI SABINA (RI)
Tel 0765/441102 (St) 0765/206263 (Fax)
329/9171242 (Cell)
e-mail: info@gedis-srl.com

COMUNE DI CAMINO AL TAGLIAMENTO (UD)



Relazione geologica inerente il progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica denominato “ELLO18 SOLAR 1” con potenza di picco pari a 9.820,80 kWp, presso il terreno sito in Via del Molino, Loc. Gorizzo, nel territorio del comune di Camino al Tagliamento, su committenza della Società Ellomay Solar Italy Eighteen S.r.l. (F. 63, Part. 62, 69, 114 e 115)

Roma, Aprile 2023

Dott. Geol. David Simoncelli

E' riservata la proprietà di questo elaborato che potrà essere riprodotto, anche in parte, solo dopo autorizzazione scritta

Sommario

PREMESSE.....	3
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	19
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE.....	21
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO LOCALE.....	24
CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE.....	25
LIQUEFAZIONE	28
CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	33
PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	36
CONCLUSIONI	37
ALLEGATI.....	38

PREMESSE

Sulla base di quanto richiesto dalla committenza, è stata redatta una relazione geologica inerente il progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica denominato “ELLO18 SOLAR 1” con potenza di picco pari a 9.820,80 kWp, presso il terreno sito in Via del Molino, Loc. Gorizzo, nel territorio del comune di Camino al Tagliamento, su committenza della Società Ellomay Solar Italy Eighteen S.r.l. (F. 63, Part. 62, 69, 114 e 115).

Il progetto definitivo prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra su strutture ad inseguimento solare mono-assiale e sarà ubicato nel Comune di Camino al Tagliamento (UD). La potenza nominale complessiva dell'impianto fotovoltaico, determinata dalla somma delle potenze nominali dei moduli FV, è pari a 9'820,80 kWp, per un'estensione complessiva di circa 11 Ha. Il progetto definitivo prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra con moduli realizzati in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, i quali saranno collegati elettricamente in serie a formare stringhe da 24 moduli e posizionati su strutture ad inseguimento solare mono-assiale. I moduli saranno opportunamente innalzati dal livello del terreno e le strutture di sostegno distanziate (pitch pari a 8,25m). All'interno dei confini dell'impianto FV è prevista l'installazione di quattro cabine di trasformazione realizzate tramite soluzione containerizzata, contenenti fondamentalmente gli inverter centralizzati (due per ogni cabina), i trasformatori MT/BT e i quadri elettrici MT e BT.

Allo scopo di ricostruire l'andamento stratigrafico del sito e di valutare le caratteristiche geotecniche e sismiche locali del terreno, sono state eseguite le seguenti indagini:

- un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio;
- acquisizione dati tratti da studi effettuati in aree limitrofe, da materiale bibliografico e dalla consultazione di materiale cartografico redatto dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, ISPRA-Progetto CARG, Servizio Geologico d'Italia e Autorità di bacino Fiume Tagliamento;
- n°3 prove penetrometriche dinamiche continue eseguite tramite l'utilizzo dello strumento di tipo superpesante (DPSH);
- n°1 prova di rumore (HVSR) eseguita tramite tromografo digitale "*Tromino*" ed elaborazione dati mediante il software "*Grilla*", forniti entrambe della Società Micromed spa;
- misurazioni con strumenti portatili sugli affioramenti presenti.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in cui è prevista l'opera è posta a circa 30.0 m s.l.m. e dista circa 1.7 km in direzione E dal centro storico di Camino al Tagliamento, in corrispondenza di un'area pressoché pianeggiante caratterizzata da bassa antropizzazione e da pendenze molto blande che degradano verso i

quadranti occidentali, in direzione del Fiume Tagliamento. Da segnalare la presenza di un canale artificiale denominato “Roggia Gorizzo” che scorre a sud-ovest dell’area in esame, ad una distanza di circa 150.0 m. In relazione alle condizioni topografiche del sito in esame (Tab. 3.2.III delle N.T.C. 2018) si definisce la Categoria T1 [superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$] corrispondente ad un Coefficiente di Amplificazione Topografica $ST = 1.00$. Essa è descritta nel F°40 – “Palmanova” della Carta Geologica d’Italia in scala al 100000, nel F°086 – “San Vito al Tagliamento” della Carta Geologica d’Italia in scala al 50000 e nelle sezioni 086080 “Camino al Tagliamento” della Carta Tecnica Regionale Numerica (C.T.R.N.) in scala 1:10000 edita dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geo-litologico locale, anche sulla base delle indicazioni riportate sul Foglio n°086 “San Vito al Tagliamento” della CARTA GEOLOGICA D’ITALIA in scala 1:50.000, il lotto in esame si colloca nell’avampaese neogenico-quadernario della catena Sudalpina orientale S-vergente, a partire dal Pliocene condiviso con la catena appenninica settentrionale NE-vergente (Fig. 1). Tale avampaese, che comprende la quasi totalità della pianura venetofriulana e l’*offshore* adriatico, in un contesto regionale più ampio è situato all’estremità nord-orientale della microplacca adriatica, che sottoscorre verso NW al di sotto delle Alpi *s.s.* (CASTELLARIN *et alii*, 2006). La catena Sudalpina orientale (CSO) si estende dal sistema della faglia Schio-Vicenza a ovest (SV in Fig. 3) al

sistema di Idrija (ad est) che interessa l'area a cavallo del confine italo-sloveno; a nord viene separata dal sistema di falde dell'Austroalpino ad opera del Lineamento Periadriatico (LP in Fig. 1). Nel suo insieme la CSO rappresenta un sistema a pieghe e sovrascorrimenti retrovergente rispetto alla catena Alpina (cfr. SCHMID et alii, 2004 e bibl. cit.). Nella parte interna della CSO sono presenti anche scaglie di basamento (MERLINI et alii, 2002; POLI et alii, 2002); nell'area prealpina la catena è invece formata solo da sovrascorrimenti pellicolari di copertura (thin-skinned thrust) che si appilano mediamente verso meridione sull'avampaese e ne incorporano porzioni successive mediante l'attivazione di nuovi sovrascorrimenti (cfr. PERUZZA et alii, 2002; GALADINI et alii, 2005; ZANFERRARI et alii.).

L'avampaese sudalpino in cui rientra l'area in esame e quella immediatamente circostante, ha registrato una lunga successione di eventi sedimentari, magmatici e tettonici, messi in luce dai sondaggi per la ricerca di idrocarburi e dalle indagini geofisiche effettuate dall'AGIP nella seconda metà del '900. In particolare, il rilievo aereomagnetico (CATI et alii, 1989a) ha definito profondità e andamento del tetto del basamento magnetico, al quale viene fatto corrispondere il basamento pre-alpino (varisico), e ha evidenziato inoltre alcuni grandi corpi vulcanico - vulcanoclastici paleozoici e triassici (Fig. 2). Il top del basamento magnetico risulta in approfondimento da sud verso nord, testimoniando il sottoscorrimento dell'avampaese sotto il fronte sudalpino: la profondità passa da circa 8,1 km in corrispondenza della costa adriatica a 11 km sotto Gemona; si aggira sugli 8,0-8,5 km in corrispondenza dell'area in questione. Nel settore NE di questo è presente anche una porzione di un grande corpo di vulcaniti basiche paleozoiche, che sono attribuite alla Formazione del Dimon

(Carbonifero inferiore della Catena Paleocarnica). Il basamento si ritiene costituito dalle successioni paleozoiche non- o semimetamorfiche (Caradociano – Bashkiriano), che affiorano a nord del sistema della faglia Valsugana-Fella-Sava (VFS in Fig.4) nelle Alpi Carniche centrali e orientali (VENTURINI C., 1990; VENTURINI C. et alii, 2002), dove formano la catena Paleocarnica varisica e la relativa copertura post-orogena (Moscoviano pp. - Artinskiano). Corrispondenti successioni del Permiano inferiore sono state incontrate nel pozzo AGIP Amanda 1 bis (CATI et alii, 1989b), ubicato nell'offshore adriatico 25 km a sud della foce del Tagliamento (Fig. 2).

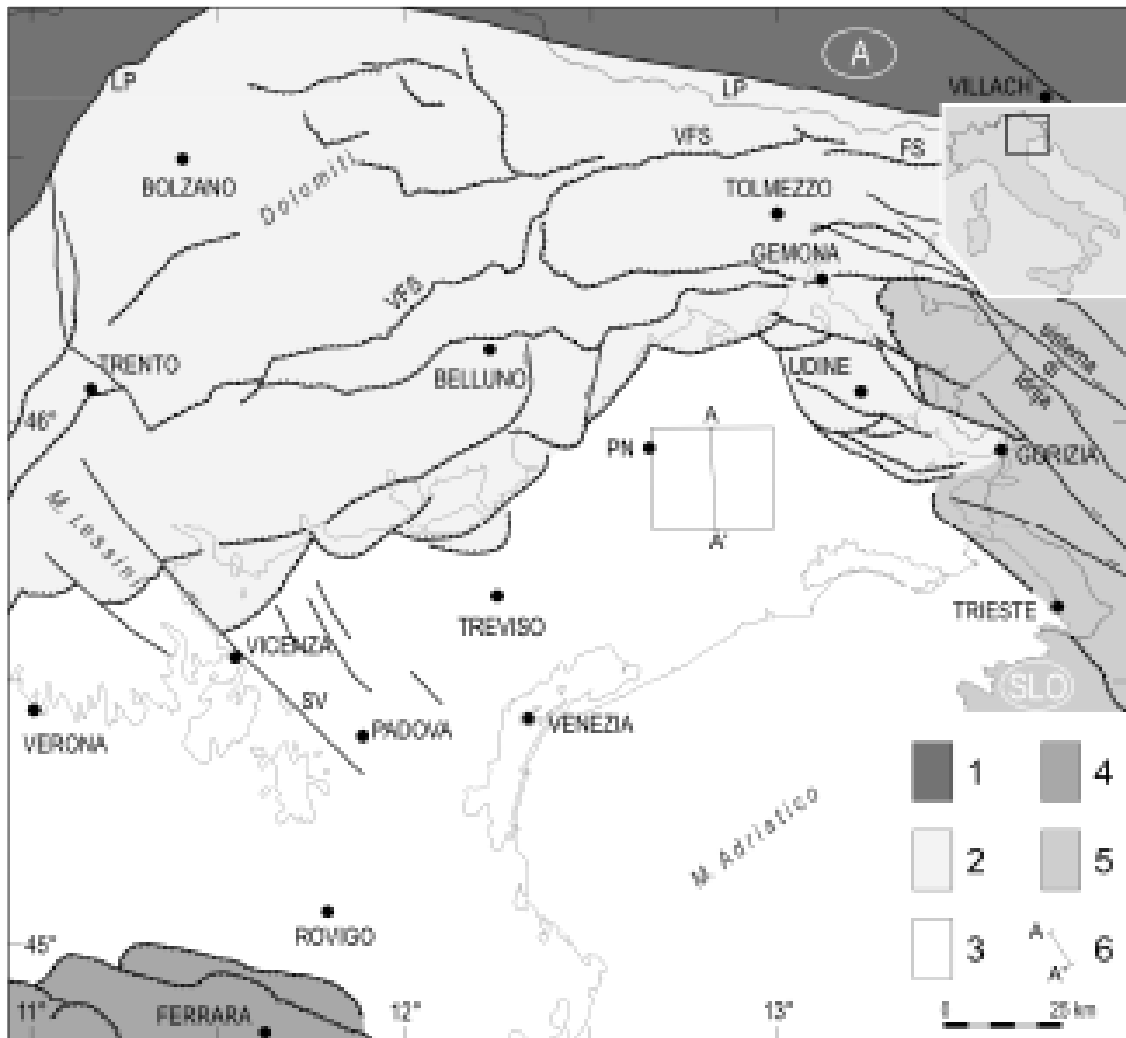


Fig. 1 – L'area del Foglio 086 "San Vito al Tagliamento" nel quadro del sistema Alpi –Appennino.
 Legenda: 1 - Austroalpino; 2 – catena Sudalpina orientale; 3 - avampaese sudalpino orientale, condiviso dal Pliocene con la catena Appenninica settentrionale; 4 – catena Appenninica settentrionale; 5 - regione a prevalente o esclusiva strutturazione dinarica paleogenica; 6: traccia del profilo geologico A-A' del Foglio. LP: Lineamento Periadriatico; VFS: sistema della faglia Valsugana-Fella-Sava; SV: faglia Schio-Vicenza. PN: Pordenone.

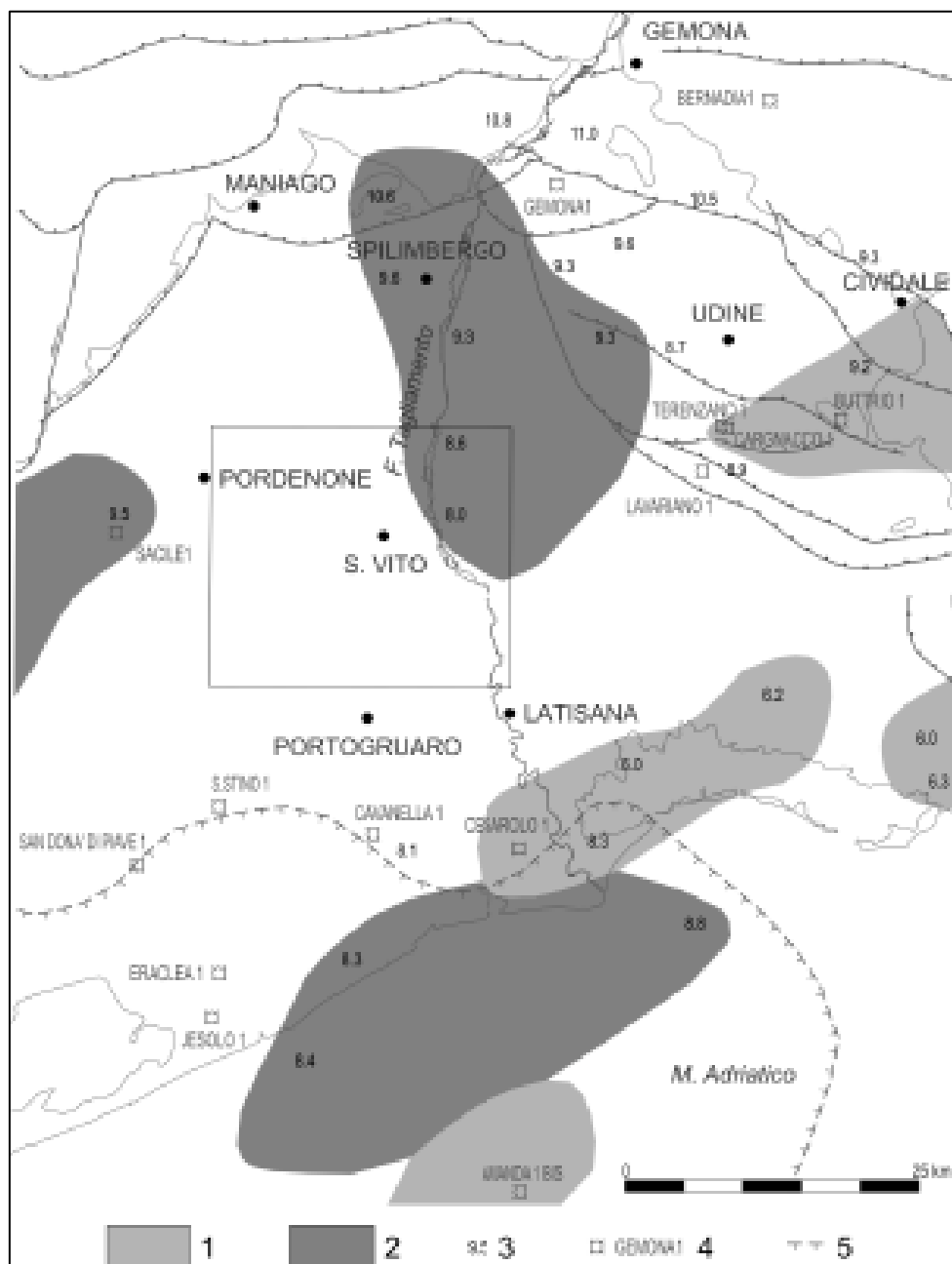


Fig. 2 – Carta strutturale del basamento magnetico, con la distribuzione dei maggiori corpi vulcanici e vulcanoclastici di età ladinica (1) e carbonifera (2) individuati dal rilievo aereomagnetico AGIP (da CATI et alii, 1989a, modificata); la profondità in km (3) si riferisce al tetto del basamento o dei corpi vulcanico-sedimentari. Sono riportati i pozzi esplorativi per ricerca di idrocarburi (4), un tratto del margine della Piattaforma Carbonatica Friulana verso il Bacino di Belluno (5) e i principali sovrascorrimenti della catena Sudalpina orientale, che nell'area rappresentata sono tutti di copertura.

L'evoluzione geologica dell'area compresa nell'area in esame è essenzialmente delineata dall'Ultimo Massimo Glaciale (o LGM: *Last Glacial Maximum*) in poi, mentre invece è ancora frammentaria ed incerta per le fasi precedenti. La causa di queste difficoltà può essere imputata al totale seppellimento subito dai depositi quaternari più antichi nella pianura, dove essi sono raggiungibili solo attraverso carotaggi profondi difficilmente correlabili tra loro, e alla scarsità di dati cronostratigrafici.

Gli eventi succedutisi a partire dalle fasi finali del Pleistocene superiore hanno direttamente condizionato l'assetto geologico e geomorfologico di buona parte dei sistemi sedimentari quaternari attualmente affioranti nell'ambito dell'area in esame. Questa fase evolutiva è stata dominata dalle espansioni glaciali avvenute nella valle del Tagliamento, che hanno portato alla costruzione dell'anfiteatro morenico del Tagliamento e della relativa pianura fluvioglaciale, nonché dalla evoluzione ed aggradazione dei conoidi e *megafan* alluvionali costruiti allo sbocco delle valli dai principali corsi d'acqua, quali il Tagliamento, il Meduna e il Cellina.

Durante il LGM, che per il bacino del Tagliamento è compreso tra circa 25.000 e 15.000 anni BP (ZANFERRARI *et alii.*), nei principali bacini montani il peggioramento climatico portò allo sviluppo di estese masse glaciali e ad un aumento della produzione di detrito da parte dei versanti. Lingue glaciali percorsero il fondovalle principale, mentre non è chiaro se questo sia avvenuto anche nei fondovalle di Cellina e Meduna. In questa fase si verificò un forte abbassamento del livello marino a causa del grande volume d'acqua immobilizzato dai ghiacciai ma, nonostante questa situazione di stazionamento basso del mare, la pianura friulana subì un'intensa fase di aggradazione per effetto della grande quantità di

sedimenti mobilizzati dai processi glaciali, che avevano determinato un generale incremento delle portate liquide e solide dei corsi d'acqua.

Nel settore di pianura compreso nel Foglio "San Vito al Tagliamento" si espandevano le alluvioni del Tagliamento e dei sistemi deposizionali del Cellina e del Meduna provenienti da nord.

In questo periodo il Cellina e il Meduna hanno costruito al loro sbocco in pianura, in seguito a successive avulsioni, conoidi polifasici costituiti da diversi lobi parzialmente sovrapposti (AVIGLIANO *et alii*, 2002a, ZANFERRARI *et alii*). Il grado di evoluzione dei suoli ed alcune indicazioni geocronologiche fanno ritenere che i depositi costituenti il lobo di Roveredo del sistema del Cellina, distribuiti nel margine nord-occidentale dell'area e attribuiti al *sintema di Vivaro*, rappresentino una delle fasi iniziali di costruzione del conoide. Questa fase sarebbe avvenuta prima che il corso d'acqua migrasse nel settore orientale del conoide pleistocenico e precedentemente alle prime fasi di incisione che vengono datate al passaggio tra Pleistocene e Olocene (ZANFERRARI *et alii*). Durante il LGM dalla fronte del ghiacciaio tilaventino si originavano gli scaricatori glaciali che hanno costruito nell'alta pianura distinti conoidi, costituiti da un'alternanza di ghiaie e ghiaie sabbiose. Un lembo del conoide pleistocenico ghiaioso conservato in sinistra idrografica del Tagliamento è visibile a nord di Codroipo. Verso valle le alluvioni, divenute a granulometria più sottile (sabbioso-limose e limoso-argillose), si fondevano contribuendo a costruire la parte distale del *megafan* del Tagliamento (bassa pianura), caratterizzata appunto da sedimenti fini della piana inondabile e da corpi di canale sabbiosi, localmente alternati a sottili livelli torbosi e limoso-organici rappresentanti momenti di stasi della deposizione fluviale

(BONDESAN *et alii*, 2003; FONTANA *et alii*, 2004). Tali depositi alluvionali, visibili nel settore posto a ovest del F. Reghena fino al T. Meduna, sono rappresentati dal *subsistema di Canodusso* e possono essere in parte coevi con quelli del *sistema di Vivaro*. La differenziazione di tessitura che distingue alta e bassa pianura si è delineata proprio durante il LGM, quando le correnti fluvioglaciali, non essendo ancora confinate lateralmente entro solchi di incisione, perdevano la loro capacità di trasporto entro i primi 15-25 km del loro percorso in pianura, abbandonando quindi le granulometrie grossolane. Si ritiene che fu proprio tale motivo a limitare la sedimentazione delle ghiaie all'attuale alta pianura (FONTANA *et alii*, 2004).

Nella fase cataglaciale del LGM, tra 18.000 e circa 15.000 anni BP, si verificò il progressivo ritiro dei ghiacciai, con una conseguente riduzione in pianura della portata solida delle correnti fluvioglaciali provenienti dagli scaricatori rimasti ancora attivi; ciò produsse la disattivazione di estesi settori di conoidi e *megafan* per incisione delle loro parti apicali. L'attività fluviale, confinata in aree più ristrette, aumentò la capacità di trasporto delle acque e comportò lo spostamento dell'area deposizionale diversi chilometri più a valle, con la creazione di corpi telescopici (*subsistema di Remanzacco*), che nella bassa pianura sono sovrapposti ai depositi più antichi (Fig. 3). In particolare i *megafan* del Tagliamento (cioè quello relativo allo scaricatore di Pinzano) e del Corno di San Daniele (relativo allo scaricatore di San Daniele) subirono nell'alta pianura un'intensa erosione con formazione di importanti scarpate, mentre a valle i corsi d'acqua sedimentarono sulla superficie pleniglaciale dando origine a sistemi telescopici. Quello riferibile al Corno di San Daniele si individua nel settore

nord-orientale dell'area presso Codroipo; mentre per quanto riguarda quello riferibile al Tagliamento, si è conservato in superficie soltanto il lembo sul lato occidentale che si stende da Arzene verso Orcenico e Fiume Veneto.

Al margine meridionale dell'alta pianura le incisioni ridussero progressivamente la loro profondità fino a scomparire: i sedimenti fluviali dei sistemi deposizionali telescopici si depositarono sulla pianura pleniglaciale, formando lunghe diramazioni caratterizzate da alvei ghiaiosi e sabbioso-ghiaiosi (Fig. 18). Queste direttrici cataglaciali avevano alvei di tipo *braided* quasi fino al limite inferiore delle risorgive, mentre più a valle si svilupparono dei dossi fluviali che poggiavano sui sedimenti pleniglaciali. I dossi sono generalmente ben riconoscibili rispetto alla pianura circostante sulla base della loro tessitura più grossolana, ma non hanno un marcato rilievo morfologico a causa della rielaborazione operata dal reticolo idrografico locale e dei fiumi di risorgiva, nonché dalle sistemazioni agrarie. L'aumentata capacità di trasporto della corrente fluviale, legata al terrazzamento delle parti apicali dei *megafan*, giustifica la presenza di sabbie ghiaiose nei dossi fluviali riconosciuti in bassa pianura, diversamente da quel che accadeva nel pleniglaciale, quando la deposizione delle ghiaie era limitata all'alta pianura. Nell'ambito del *megafan* del Tagliamento i depositi relativi ai dossi cataglaciali sono visibili solo nelle aree non sepolte dalla sedimentazione successiva; in particolare sono ben riconoscibili quelli che si sviluppano tra Bagnarola, Sesto al Reghena e Gai di Portogruaro, quelli presenti a sud di Cordovado e quelli tra Marignana e Pramaggiore e tra Villotta e Pravisdomini. Con il definitivo ritiro dei ghiacciai ebbe inizio la fase postglaciale e si delineò l'assetto geologico e geomorfologico attuale. In questo periodo avvenne un'ulteriore migrazione

verso valle del punto di equilibrio dei principali corsi d'acqua che determinò:

- l'incisione della parte apicale dei conoidi precedentemente formati;
- la tendenza alla formazione di incisioni nella bassa pianura da parte dei corsi d'acqua, particolarmente ampie e profonde lungo i percorsi seguiti dal Tagliamento tra il Tardoglaciale e l'Olocene iniziale;
- lo sviluppo a cavallo tra alta e bassa pianura di nuovi sistemi telescopici (*sintema del Po*) che si sovrapposero a quelli esistenti.

Nella fase postglaciale il Tagliamento, le cui acque ormai defluivano esclusivamente attraverso la stretta di Pinzano, ha costruito un nuovo lobo deposizionale con apice riconoscibile lungo l'attuale corso poco a monte di Valvasone. Questi depositi caratterizzano gran parte della metà orientale dell'area in esame. Nella bassa pianura friulana sono stati identificati vari percorsi fluviali postglaciali, in genere costituiti non da un singolo alveo, ma da una fascia di canali. Quasi sempre si individuano solo segmenti di tali fasce poiché i percorsi più recenti hanno eroso, riattivato o sepolto quelli precedenti. Pur trattandosi di una situazione complessa, appare evidente come l'evoluzione postglaciale del Tagliamento non sia stata guidata da una progressiva migrazione laterale dell'alveo, ma sia stata il prodotto di numerose avulsioni. Il principale nodo di avulsione del Tagliamento è riconoscibile poco a valle dell'apice del sistema postglaciale, quasi in corrispondenza del Ponte della Delizia. La presenza in tale zona del

limite superiore delle risorgive può aver favorito i frequenti cambi di direzione del fiume, a causa della notevole diminuzione del gradiente topografico, che passa dal quasi 5‰ delle ultime propaggini dell'alta pianura al 3‰ dell'inizio della bassa. Un altro nodo avulsivo è riconoscibile tra Varmo e Madrisio, nella fascia dove il fiume cambia tipologia passando da un alveo a canali intrecciati a uno monocursale e meandriforme. Tra il Tardoglaciale (circa 15.000÷10.000 anni BP) e la prima parte dell'Olocene il Tagliamento incise il proprio letto anche nella bassa pianura, lungo le direzioni seguite dal fiume, a valle della fascia delle risorgive, si formarono ampie e profonde bassure, le cui scarpate erano alte fino 10-15 m. Queste incisioni causarono un notevole confinamento del flusso idrico e sedimentario del Tagliamento, che consentì quindi il trasporto di ghiaie ben all'interno della bassa pianura e, almeno in alcune fasi del Postglaciale, anche fino all'attuale zona lagunare (FONTANA et alii, 2004). Le cause di questo notevole cambiamento nella dinamica fluviale sono essenzialmente legate al miglioramento delle condizioni climatiche e al completo ritiro dei ghiacciai alpini, che causarono una drastica diminuzione nella quantità di sedimento che raggiungeva la pianura. Nonostante la notevole abbondanza di materiale presente all'interno delle valli durante il Tardoglaciale, questo rimase bloccato nei bacini alpini (cfr. SURIAN & PELLEGRINI, 2000), in parte per il nuovo sviluppo della copertura vegetale che stabilizzava i versanti e in parte intrappolato nei laghi intravallivi che si formarono anche nel bacino del Tagliamento dopo il ritiro dei ghiacciai (VENTURINI, 2003). Sulla maggior parte del megafan del Tagliamento (Fig.3) la sedimentazione rimase molto scarsa fino all'Olocene superiore, mentre negli ultimi 7.000 anni si è instaurata una nuova importante fase di

aggradazione nel settore più distale. Infatti la risalita marina interessò l'attuale area costiera già dal 5.000 a.C., consentendo quindi la formazione dei delta e delle lagune in cui la sedimentazione interessava estese superfici. Nonostante ciò, il Tagliamento ha avuto la capacità di mantenere attive alcune delle profonde e ampie bassure scavate nei depositi del LGM fino a circa il 2.000÷1.000 a.C., periodo coincidente con la fine del Subboreale. Per buona parte dell'Olocene nella bassa pianura la sedimentazione è rimasta confinata quasi esclusivamente entro le incisioni, mentre sulle superfici pleniglaciali e cataglaciali si sono formati suoli, talora con buon grado di evoluzione. Essi sono generalmente caratterizzati da orizzonti cambici e, talvolta, di illuviazione di argilla nell'alta e media pianura ghiaiosa nonché sulla superficie dei dossi cataglaciali a tessitura grossolana della bassa pianura. Al contrario, nelle aree della bassa pianura dominate da depositi essenzialmente limosi si è avuta la formazione di orizzonti calcici caratterizzati dalla presenza di concrezioni carbonatiche. Anche queste superfici erano comunque soggette ad un certo grado di rimodellamento, legato principalmente alle acque di ruscellamento e al reticolo idrografico secondario. Durante il Postglaciale i corsi di risorgiva hanno essenzialmente svolto un'azione erosiva sui sedimenti precedentemente depositi dai sistemi alluvionali alpini, rimodellando la pianura preesistente in modo localizzato. Infatti, trattandosi di fiumi intra-bacinali, cioè che nascono e si sviluppano all'interno del bacino sedimentario di un fiume alpino (MOZZI, 1998) e non sono direttamente alimentati da un bacino montuoso, essi non hanno la capacità di trasportare e sedimentare grandi quantità di materiale solido.

In corrispondenza delle depressioni in cui si trovano i fiumi di risorgiva si è verificata, nella parte terminale dell'Olocene, la sedimentazione di

materiale prevalentemente limoso-argilloso e limoso-sabbioso che ha parzialmente riempito le bassure. I maggiori corsi di risorgiva defluivano nelle lagune e perciò hanno subito anche gli effetti dell'innalzamento eustatico, verificatosi in questo periodo dell'evoluzione, che ha favorito la sedimentazione lungo i loro tratti terminali. L'evoluzione dei corsi d'acqua di risorgiva è tuttavia complessa, in quanto influenzata da diversi fattori, non ultimo quello dell'interazione con l'idrografia principale. Ad esempio, il basso corso del F. Varmo, alimentato dalle sorgenti, ha subito importanti variazioni a causa della progressiva migrazione del Tagliamento verso est verificatasi tra il XV e il XVIII secolo d.C. Tra il II e il I millennio a.C. la dinamica fluviale nella bassa pianura mutò decisamente, passando da una fase prevalentemente erosiva a una di sedimentazione. Le cause di questa tendenza, che si riconosce nell'intera pianura veneto-friulana, non sono ancora del tutto note, ma sono probabilmente correlabili all'innalzamento marino olocenico e alla conseguente diminuzione della pendenza del tratto finale dei fiumi (FONTANA et alii, in stampa). Tutti i dossi formati nel Postglaciale furono creati negli ultimi 3.500 anni e si differenziano da quelli pleistocenici sia per la notevole ampiezza sia per l'elevazione rispetto alla piana circostante. Tali dossi sono riconoscibili lungo il corso attuale del Tagliamento a valle di Canussio, lungo l'antico ramo coincidente con il Lemene a valle di Boldara e lungo il percorso dell'attuale roggia Lugugnana a valle di Cordovado, corrispondente al cosiddetto Tiliaventum Maius attivo in epoca romana. Probabilmente per effetto del diminuito gradiente longitudinale, negli alvei abbandonati relativi a questa fase la profondità dei canali meandrici non supera generalmente i 10÷12 m e il limite di deposizione delle ghiaie è arretrato verso monte di alcuni

chilometri rispetto alla fase precedente, quando giungeva fino all'area lagunare. Lungo l'attuale Tagliamento le ghiaie terminano poco a monte di Latisana; tale corso è stato assunto dal fiume durante l'alto Medioevo e successivamente ha subito limitate variazioni, per lo più legate a spostamenti e avulsioni locali nel settore con alveo braided e all'evoluzione dei meandri nel tratto più meridionale.

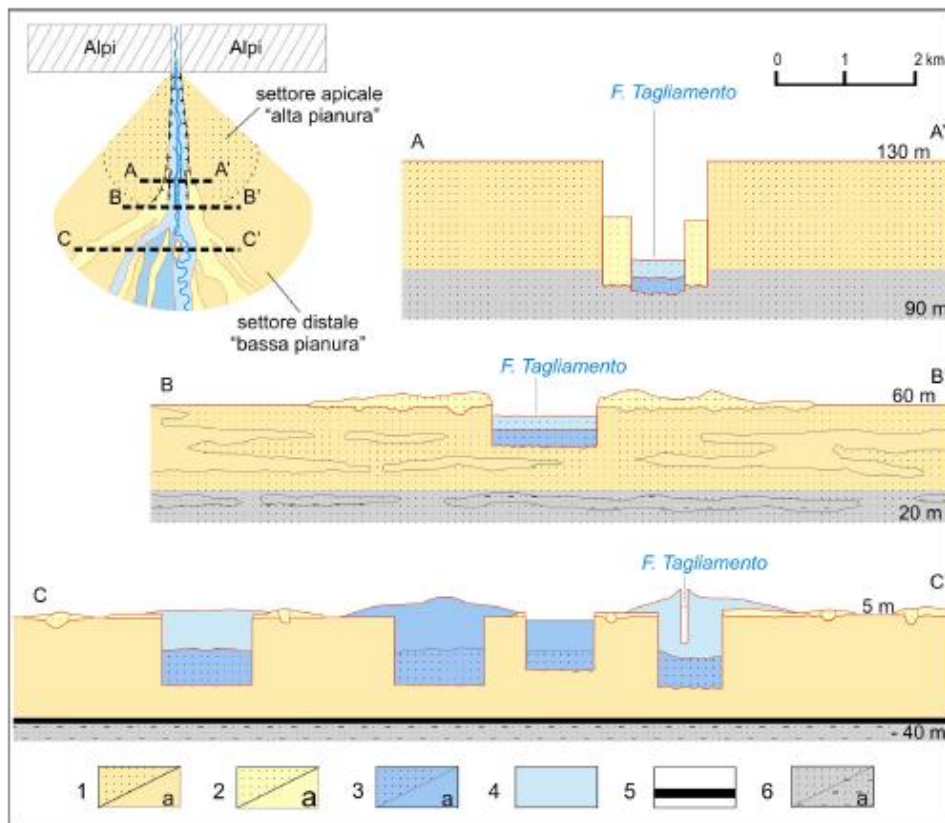


Fig. 3 - Schema semplificato del megafan telescopico del Tagliamento (da FONTANA, 2006 modificato). 1) ghiaie e sabbie del subsistema di Canodusso SPB3; a) limi e argille; 2) ghiaie e sabbie del subsistema di Remanzacco SPB4; a) limi e argille; 3) ghiaie e sabbie dell'unità di Malamocco POI9; a) limi e argille; 4) ghiaie e sabbie dell'unità di Torcello POI10; a) limi e argille; 5) torbe pre-LGM; a) depositi costieri e lagunari.

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Nel Quaternario recente i torrenti Cellina e Meduna e il F. Tagliamento, che hanno contribuito alla costruzione della pianura friulana in cui è compresa l'area del Dell'area in esame "San Vito al Tagliamento", hanno ripetutamente cambiato percorso a valle del loro sbocco vallivo, interessando un'area molto ampia. Si sono così formati dei vasti sistemi sedimentari che in pianta presentano una caratteristica morfologia a ventaglio. Il peculiare assetto della pianura e la distribuzione delle tessiture dei depositi superficiali, totalmente di origine alluvionale, sono legate all'attività deposizionale operata da questi corsi d'acqua e alle frequenti avulsioni cui essi sono stati soggetti; si tratta di un processo rapido, talvolta innescato da un singolo evento alluvionale, che comporta l'abbandono totale o parziale di una fascia di alvei attivi in favore di un nuovo percorso (ALLEN 1965). Nella pianura friulana e veneta orientale, dalla fascia pedemontana fino agli ambiti lagunari costieri, i principali sistemi deposizionali fluviali sono ben distinguibili tra loro (Fig. 4). Quello del Fiume Tagliamento, dallo sbocco in pianura presso Pinzano, si estende verso sud fino alla zona costiera, delimitato verso ovest dai corsi del T. Meduna e del F. Livenza e ad est dal sistema fluviale Corno-Stella. Esso si distingue per la sua notevole estensione, per il basso gradiente topografico che lo caratterizza nella bassa pianura e per la selezione granulometrica dei sedimenti che da ghiaie passano a sabbie, limi e argille nelle porzioni distali. Anche per questa ragione, tali caratteristiche lo rendono meglio identificabile come megafan alluvionale, piuttosto che un classico conoide alluvionale.

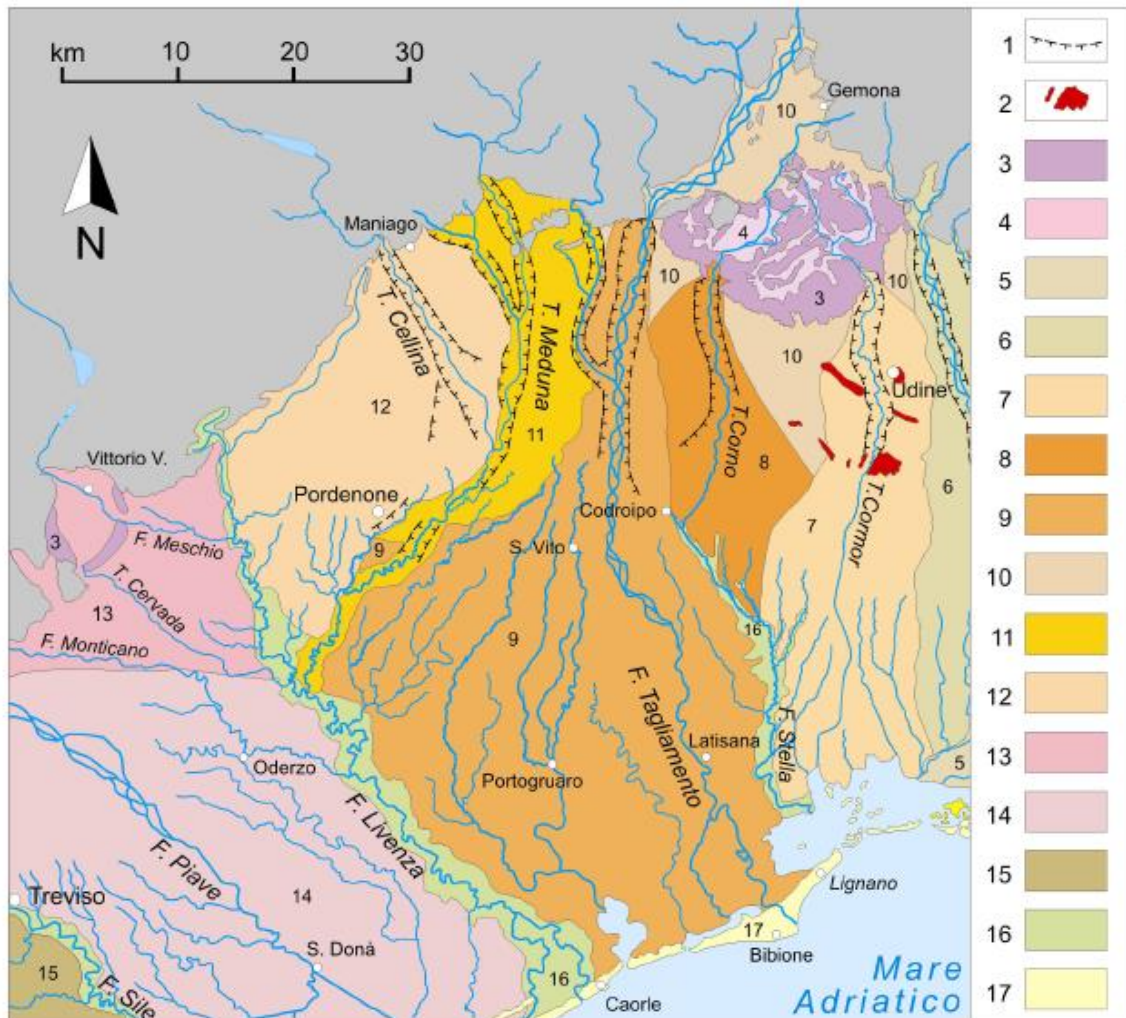


Fig. 4 - Schema dei sistemi deposizionali della pianura veneto-friulana (modificato da FONTANA et alii, 2004). 1) orlo di scarpata fluviale; 2) terrazzi tettonici della pianura; 3) cordoni morenici degli anfiteatri di Tagliamento e Piave; 4) depressioni intermoreniche; 5) megafan dell'Isonzo-Torre; 6) conoide del Natisone-Judrio; 7) megafan del Torre; 8) megafan del Cormo; 9) megafan del Corno di S. Daniele; 10) piana di Osoppo e aree interposte tra megafan; 11) conoide del Meduna; 12) conoide del Cellina; 13) conoidi dei fiumi Monticano, Cervada e Meschio; 14) megafan del Piave di Nervesa; 15) megafan del Brenta; 16) depositi dei principali fiumi di risorgiva; 17) sistemi costieri e deltizi.

L'area in esame, nello specifico, è caratterizzata litologicamente da materiali alluvionali caratterizzati da sabbie e limi con intercalazioni ghiaiose più competenti, la cui porzione più superficiale risulta alterata e rimaneggiata dalle attività agricole. Tali depositi sono cronologicamente attribuibili alla fase post-glaciale del Fiume Tagliamento, dal Pleistocene sup. all'Olocene e sono riconducibili al Sintema del Po – Unità di Malmocco-POI₉ (vedi carta geologica in allegato).

Le osservazioni compiute hanno evidenziato le discrete condizioni geomorfologiche del terreno in oggetto. Infatti, nell'area in esame, non esistono tracce di frane e smottamenti, le acque di corrivazione non hanno prodotto dissesti o altre forme di erosione e l'area non è stata interessata inoltre da fenomeni di impaludamento recente (vedi carta PAI in allegato).

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

La Pianura Friulana rappresenta il lembo orientale della Pianura Padana, anche se per le sue caratteristiche deve essere considerata marginale rispetto all'evoluzione di quest'ultima, essendo caratterizzata da maggiore acclività e da sedimenti in genere più grossolani. La sua elevazione va da poco meno di 300 m sul livello del mare, per una lunghezza nord-sud di circa 80 km. La potente coltre di sedimenti che la costituiscono è in buona parte quaternaria, con un basamento prequaternario che nell'area orientale si rinviene a pochi metri di profondità e verso ovest arriva a -250 metri s.l.m.m. nel sottosuolo di Grado e a più di -600 metri ad ovest di Latisana. Nella pianura si ha una singolare situazione idrogeologica caratterizzata da

estesi ed abbondanti affioramenti di acque sotterranee che si manifestano in maniera pressoché continua lungo una fascia che si sviluppa da est ad ovest a quote comprese fra i 10 e i 40 m s.l.m.m. L'area interessata da questi fenomeni, che separa l'Alta Pianura a nord, dalla Bassa Pianura Friulana a sud, viene comunemente chiamata Fascia delle Risorgive. Ciò è conseguenza del fatto che la pianura è costituita da una potente successione di depositi fluviali, fluvio-glaciali e marini con caratteristiche granulometriche diverse andando da monte verso mare. Le alluvioni della fascia pedemontana, che costituiscono l'Alta Pianura, sono grossolane con prevalenza di ghiaie, ghiaie e sabbie e rari conglomerati. Esse sono fortemente permeabili e sono sostenute da un basamento generalmente impermeabile. Il processo di alimentazione della falda freatica indifferenziata dell'Alta Pianura dipende in maniera determinante dalle rilevanti dispersioni che si verificano dalle zone montane, lungo gli alvei ghiaiosi e dall'alimentazione diretta delle piogge, determinando un regime avente un comportamento analogo a quello dei corsi d'acqua, con una o due fasi di piena annuali. Le escursioni della falda durante l'anno sono molto differenti da zona a zona: dai valori più bassi riscontrabili all'estremità meridionale lungo la Fascia delle Risorgive con pochi metri di oscillazione, si passa agli oltre 50 metri a ridosso dei rilievi dell'arco prealpino. La falda freatica in prossimità delle Risorgive affiora parzialmente in superficie per la presenza nel sottosuolo di depositi alluvionali progressivamente più fini, meno permeabili, con frequenti intercalazioni argillose di notevole estensione e spessore. In questa zona le acque emergono attraverso una miriade di polle che danno luogo ad una serie di corsi d'acqua (fiumi di risorgiva). La Fascia delle Risorgive si estende per circa 100 km, di cui

quaranta in destra Tagliamento e sessanta in sinistra. L'ampiezza risulta dell'ordine di diverse centinaia di metri, si presenta variabile nello spazio e nel tempo in funzione delle condizioni di alimentazione. Il limite meridionale della Fascia rappresenta convenzionalmente il confine tra Alta e Bassa Pianura. Spostandosi verso sud, le alluvioni della Bassa Pianura, costituite da frazioni granulometriche afferenti alle sabbie argillose, ai limi ed argille alternati a sedimenti ghiaioso-sabbiosi, spesso limosi, hanno dato origine nel sottosuolo a numerosi orizzonti impermeabili intervallati da altri porosi, tutti più o meno continui. Si è così costruita una complessa sequenza di sistemi di acquiferi sovrapposti, confinati o semiconfinati. La sequenza è localmente sottoposta ad una falda freatica superficiale e discontinua. I sistemi di acquiferi trovano radice già a monte della Fascia delle Risorgive, interdigitandosi con il sistema freatico dell'Alta Pianura. Le caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo sono relativamente disomogenee e differiscono sensibilmente da zona a zona in virtù della diversa genesi dei depositi della Pianura Friulana. I depositi ed i materiali che costituiscono gli acquiferi sono perlopiù il prodotto della deposizione di sedimenti avvenuta durante il Quaternario e, se si considerano i sistemi profondi, dal Miocene. Si sono susseguite nel tempo, infatti, più fasi climatiche e paleogeografiche diverse che hanno determinato molteplici facies deposizionali con variazioni laterali e verticali. Apporti di materiali permeabili sono dovuti generalmente, alle fasi cataglaciali delle glaciazioni. Diversamente, movimenti isostatici e variazioni di livello marino hanno comportato fasi di ingressione e di regressione marina tali da definire e condizionare la deposizione di sedimenti marini intercalati in zone sottoposte altrimenti ad intenso alluvionamento fluviale. Si ritrovano così materiali misti, sia

sabbioso-argillosi che limoso-argillosi e talora organici, in tutta l'area compresa tra la Fascia delle Risorgive e l'area perilagunare, mentre più a sud prevalgono depositi fini limoso-argillosi.

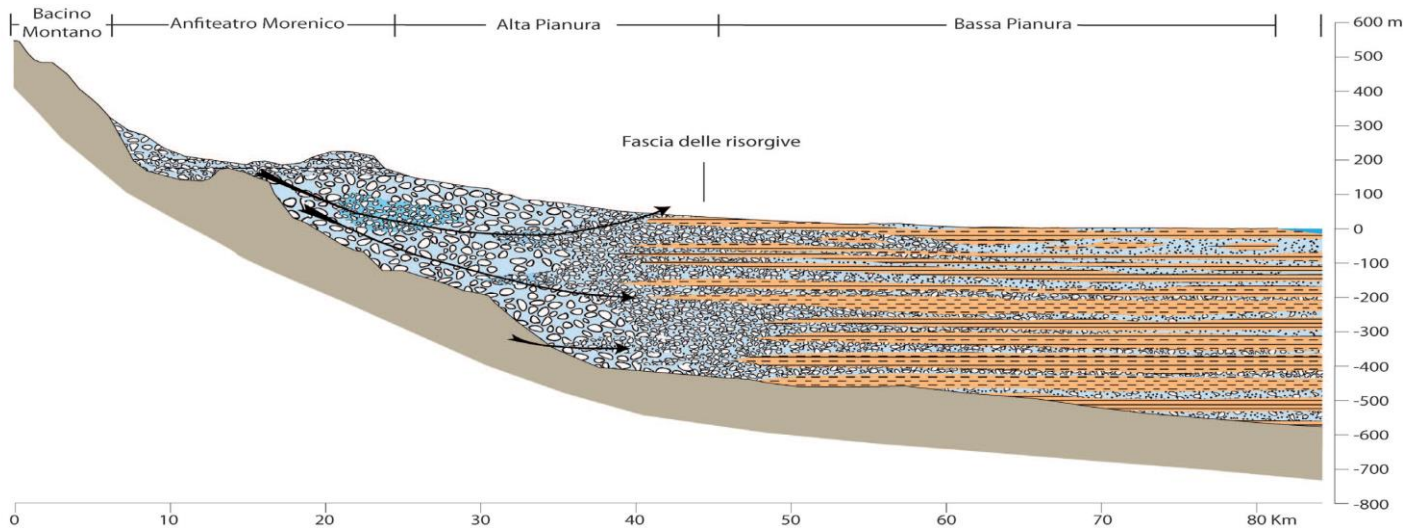


Fig. 5 - Sezione idrogeologica schematica della Pianura Friulana. In celeste i depositi ghiaiosi e sabbiosi permeabili in cui risiedono la falda freatica e i sistemi di acquiferi artesiani, in arancione i depositi limoso-argillosi impermeabili, in beige il basamento pre quaternario. Le frecce indicano le direzioni preferenziali di deflusso – “Risorse idriche sotterranee del F.V.G.” – Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Università degli studi di Trieste-Dipartimento di Geoscienze.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO LOCALE

Per quanto concerne l'idrogeologia a livello locale, l'area in esame si colloca nella fascia settentrionale della Bassa Pianura. La falda freatica può considerarsi superficiale, anche se al momento delle indagini non è stata intercettata. Da studi precedenti, effettuati nella zona oggetto del presente

studio, e dalle misurazioni relative a pozzi presenti in aree limitrofe (dati consultabili sul sito della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia) la falda freatica superficiale subisce oscillazioni in un intervallo di profondità compreso tra i - 3,50 e 6,00 metri dal p.c. L'andamento generale del percorso sotterraneo, in seno al complesso alluvionale, decorre verso est, in direzione dell'alveo del Fiume Tagliamento, il quale scorre a circa 3.7 km dal sito in esame. La litostratigrafia, essendo caratterizzata da alternanze molto frequenti di materiali fini e grossolani, genera la presenza di un sistema multifalda complesso con acquiferi di varia estensione. L'area oggetto del presente studio non ricade in zone esondabili (vedi stralcio PAI in allegato).

CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Allo scopo di ricostruire l'andamento stratigrafico del sito e di valutare le caratteristiche geotecniche e sismiche locali del terreno, sono state pertanto eseguite le seguenti indagini:

- un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio;
- acquisizione dati tratti da studi effettuati in aree limitrofe, da materiale bibliografico e dalla consultazione di materiale cartografico redatto dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, ISPRA-Progetto CARG, Servizio Geologico d'Italia e Autorità di bacino Fiume Tagliamento;

- n°3 prove penetrometriche dinamiche continue eseguite tramite l'utilizzo dello strumento di tipo superpesante (DPSH);
- n°1 prova di rumore (HVSR) eseguita tramite tromografo digitale "*Tromino*" ed elaborazione dati mediante il software "*Grilla*", forniti entrambe della Società Micromed spa;
- misurazioni con strumenti portatili sugli affioramenti presenti.

Dall'interpretazione dei dati acquisiti è stata desunta la seguente ricostruzione stratigrafica minima (vedere stralcio carta geologica stratigrafie in allegato):

DPM N°1

	dal P.C. a -0.5 m = TERRENO AGRICOLO
	da -0.5 m a - 1.1 m = SABBIE LIMOSE
	da -1.1 m a - 2.4 m = LIMI
	da -2.4 m a - 3.1 m = SABBIE GHIAIOSE
	oltre -3.1 m = GHIAIE

DPM N°2

	dal P.C. a -0.6 m = TERRENO AGRICOLO
	da -0.6 m a - 1.1 m = SABBIE LIMOSE
	da -1.1 m a - 1.8 m = GHIAIE IN MATRICE SABBIOSO-LIMOSA
	da -1.8 m a - 2.3 m = SABBIE LIMOSE
	oltre -2.3 m = GHIAIE

DPM N°3

	dal P.C. a -0.6 m = TERRENO AGRICOLO
	da -0.6 m a - 1.4 m = GHIAIE IN MATRICE SABBIOSO-LIMOSA
	da -1.4 m a - 1.9 m = SABBIE LIMOSE
	oltre -1.9 m = GHIAIE

(*) tali profondità sono state estrapolate anche sulla base dei dati provenienti dalle indagini geofisiche

Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche, l'acquisizione dati da prove di laboratorio effettuate su analoghi litotipi, hanno permesso di determinare la seguente tabella dei parametri minimi dei litotipi rinvenuti:

LITOTIPI	Peso di volume γ (t/m ³)	Angolo di attrito φ (°)	Coesione drenata C (t/m ²)
TERRENO AGRICOLO	1.70	23	0.0
SABBIE LIMOSE	1.75	27	0.2
LIMI	1.80	24	0.5
SABBIE GHIAIOSE	1.85	30	0.0
GHIAIE IN MATRICE SABBIOSO-LIMOSA	1.88	31	0.1
GHIAIE	1.90	33	0.0

LIQUEFAZIONE

Le **NTC 2018** prevedono che il sito presso il quale è in progetto una nuova opera deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza di interventi di miglioramento del terreno l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della resistenza di progetto e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

Per ciò che concerne la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione, questa è connessa alla presenza di terreni sabbiosi saturi a profondità inferiori a 15 m e alla eventualità di terremoti con magnitudo superiore a 5.

Lo scuotimento indotto dal moto sismico genera un incremento della pressione dell'acqua contenuta nei pori del terreno che può arrivare ad uguagliare la tensione efficace del terreno. In questa condizione si ha l'annullamento della resistenza al taglio del terreno e, di conseguenza, la sua liquefazione. Ai sensi delle N.T.C. di cui al D.M. 17/01/18 (paragrafo 7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione) la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di free-field) inferiori a 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 $U_c > 3,5$.

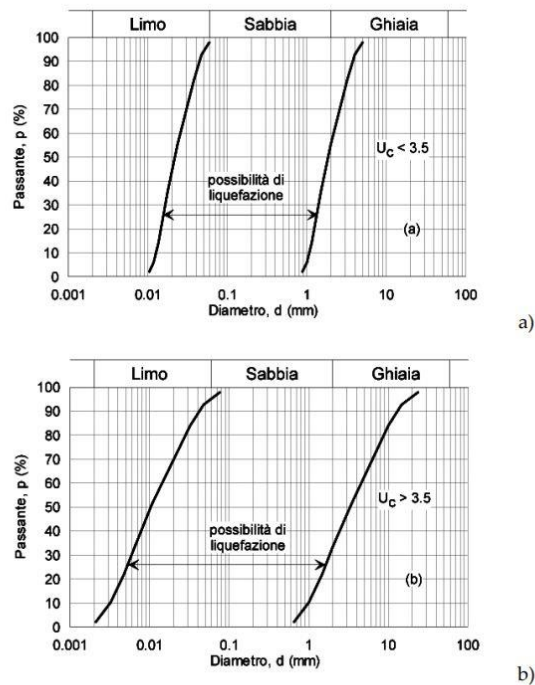


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Lo spessore di materiale considerato terreno fondale è rappresentato da tutti gli strati presenti al di sotto delle terreno agricolo superficiale. Ai fini di una valutazione sulla possibile omissione della verifica a liquefazione,

nel rispetto del § 7.11.3.4.2 delle N.T.C./18, è possibile omettere quest'ultima relativamente allo strato di ghiaie presente a partire dalla profondità variabile da -1.90 m a - 3.1 m, in quanto risulta soddisfatta la condizione n°3 (vedi tabella seguente).

(N1)60 > 30

Strato	Descrizione	NSPT	Prof. (m)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	CN	N160
1	Terreno agricolo	4.00	0.5	0.04	1.7	5.62
2	Sabbia limosa	9.00	1.1	0.14	1.7	12.55
3	Limo	4.00	2.4	0.29	1.7	5.9
4	Sabbiaghiaiosa	13.00	3.1	0.44	1.45	16.19
5	Ghiaia	37.00	3.4	0.54	1.32	40.88

Relativamente ai depositi prettamente sabbioso limosi meno addensati presenti al di sopra dello strato ghiaioso più competente, si fa presente che, ai fini di una valutazione sulla possibile omissione della verifica a liquefazione, nessuna delle condizioni del § 7.11.3.4.2 delle N.T.C./18 risulta soddisfatta. Di conseguenza, è stato valutato il coefficiente di sicurezza alla liquefazione degli strati compresi tra la coltre superficiale e le ghiaie, considerando una falda superficiale posta alla profondità di -3.0 e dei parametri geotecnici riferiti alla tipologia di materiale presente nell'area avente le caratteristiche geotecniche più scadenti. Il criterio metodologico adottato è quello proposto da Seed & Idriss (1982), il quale rientra nei metodi definiti semplificati. Per quest'ultimi, a differenza di quelli empirici, si richiede che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie (nel caso specifico assume un valore di $a_g = 0.157$).

In tutti i metodi semplificati, compreso quello attualmente adottato, il coefficiente di sicurezza F_s , che esprime il rischio alla liquefazione, è dato dal rapporto fra la resistenza alla liquefazione del deposito sciolto e lo sforzo dinamico di taglio che lo sollecita durante l'evento sismico.

Nel caso specifico, sono state prese in considerazione le informazioni desunte, dalle prove DPSH eseguite nell'area di studio. Viene considerato "non liquefacibile" un deposito in cui sia $F_s > 1.3$. I calcoli eseguiti per la valutazione del potenziale di liquefazione sono riassunti nella tabella 2:

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE				
(da prove dinamiche SPT)				
Metodo semplificato				
Metodo di Seed e Idris (1982)				
PARAMETRI:				
γ	=	1.75	g/cm ³	
σ_{vo}	=	0.53	kg/cm ²	
σ_{vo}'	=	0.48	kg/cm ²	
profondità della prova	=	300	cm	
N_{SPT}	=	4		
profondità falda	=	250	cm	
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³	
Pressione neutra	=	0.050	kg/cm ²	
z	=	3	m	
				R= Resistenza al taglio mobilizzata
				T= Sforzo di taglio indotto dal sisma
				d_{50} = Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%
FORMULE:			RISULTATI:	
Na	=	$(N_{SPT} * (1.7 / (\sigma_{vo} + 0.7)) + N_f)$	=	8.787234043 Na
N_f	=	3		
R	=	$Na/90$	=	0.097635934 R
T	=	$0.65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}' / \sigma_{vo})) * r_d$	=	0.107716461 T
a_{max}/g	=	0.157		
r_d	=	0.955		
1.3	≤	F_s=R/T Sabbie sature	=	0.906416098 Liquefacibile
"Software Freeware distribuito da geologi.it" Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103820				

Tab.2 - Riepilogo dei risultati emersi per la verifica alla liquefazione

Pertanto, sulla base dei calcoli eseguiti, il terreno di fondazione considerato risulta “liquefacibile” , non essendo verificato il fattore di sicurezza F_s che, nel caso specifico, assume un valore di $F_s = 0.91$ (< di 1.3).

CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Coordinate WGS84 del sito Lat. 45.926163° - Long. 12.965845°

Secondo la delibera della Giunta Regionale 6 maggio 2010 n°845 ”Classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità “ Il Comune di San Vito al Tagliamento è stato classificato come riportato di seguito:

Codice ISTAT	Comune	Nuove zone sismiche	Aree di Alta/Bassa sismicità	Zone sismiche previgenti (d.g.r. 2325/2003)
6030015	Camino al Tagliamento	3	Bassa	2

Con pericolosità sismica si intende lo scuotimento del suolo atteso in un sito a causa di un terremoto. Nel 2004 è stata rilasciata questa mappa della pericolosità sismica (<http://zonesismiche.mi.ingv.it>) che fornisce un quadro delle aree più pericolose in Italia. La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (GdL MPS, 2004; rif. Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, n. 3519, All. 1b) è espressa in termini di accelerazione orizzontale del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005). L’Ordinanza PCM n. 3519/2006 ha reso tale mappa uno strumento ufficiale di riferimento per il territorio nazionale.



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

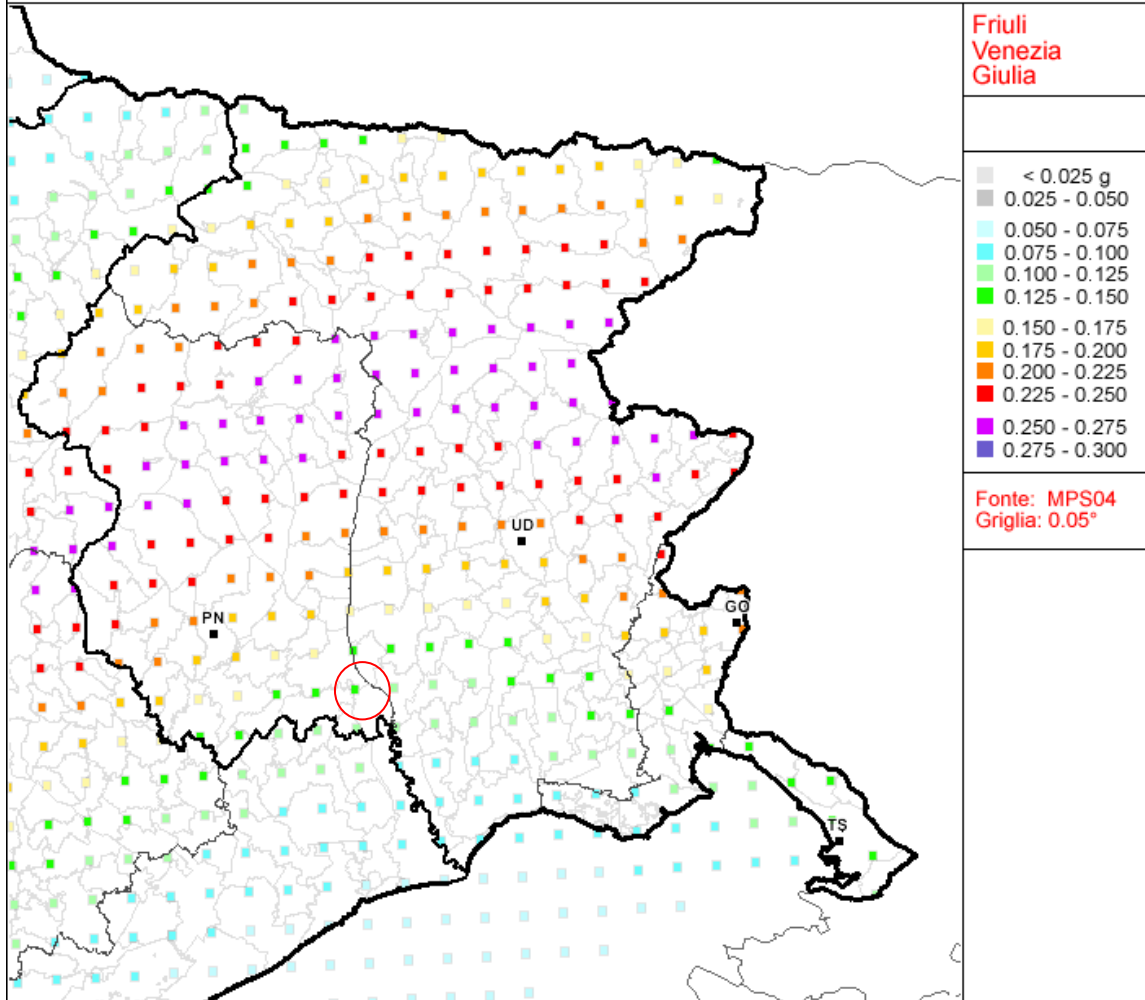
Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressi in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



○ Ubicazione dell'area

Sulla base dei dati pervenuti e dall'acquisizione dei dati stratigrafici tratti da altre indagini geognostiche effettuate in siti limitrofi, da cui è stato possibile delineare anche la stratigrafia del sito in oggetto fino alla profondità di oltre 30,0 mt, si è tarata l'elaborazione dell'indagine effettuata (vedi report in allegato), ottenendo valori della $V_{s_{eq}}$ di **262 m/s (HVSR)**.

Ai sensi del D.M. 17.01.2018 (“Norme Tecniche per le Costruzioni”, Tab. 3.2.II), per la progettazione di manufatti soggetti ad azioni sismiche, il terreno in esame può essere riferito alla **Categoria di Suolo di Fondazione 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 graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 m/s e 360 m/s.**

PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Nell'ipotesi, da verificare in fase progettuale, di un edificio ricadente in **Classe III** (par. 2.4.2 NTC) e di una **vita nominale pari a 50 anni** e un **periodo di riferimento pari a 75 anni**, si definiscono i seguenti parametri di pericolosità sismica ai sensi della normativa vigente:

Stati limite

Classe Edificio
III. Affollamento significativo...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc' [s]
Operatività (SLO)	45	0.051	2.507	0.261
Danno (SLD)	75	0.065	2.485	0.285
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.157	2.548	0.365
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.199	2.616	0.378
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,46	1,39
CC Coeff. funz categoria	1,63	1,59	1,46	1,45
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.020	0.055	0.066
kv	0.008	0.010	0.028	0.033
Amax [m/s²]	0.756	0.957	2.252	2.717
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

(Fonte Geostru Software 2022; www.geostru.com)

CONCLUSIONI

L'area interessata dall'opera è globalmente stabile e ricade in zona già nota. Considerando sia le caratteristiche geomorfologiche e litologiche del terreno descritto, che le sue condizioni topografiche, non si ravvisano difficoltà di ordine geologico alla realizzazione di quanto progettato a patto che:

- si attui un'adeguata regimazione delle acque superficiali;
- non si apportino variazioni al regime idrologico superficiale.
- le fondazioni delle strutture in progetto vengano impostate all'interno dei materiali a prevalenza ghiaiosa riscontrati nell'area di indagine.

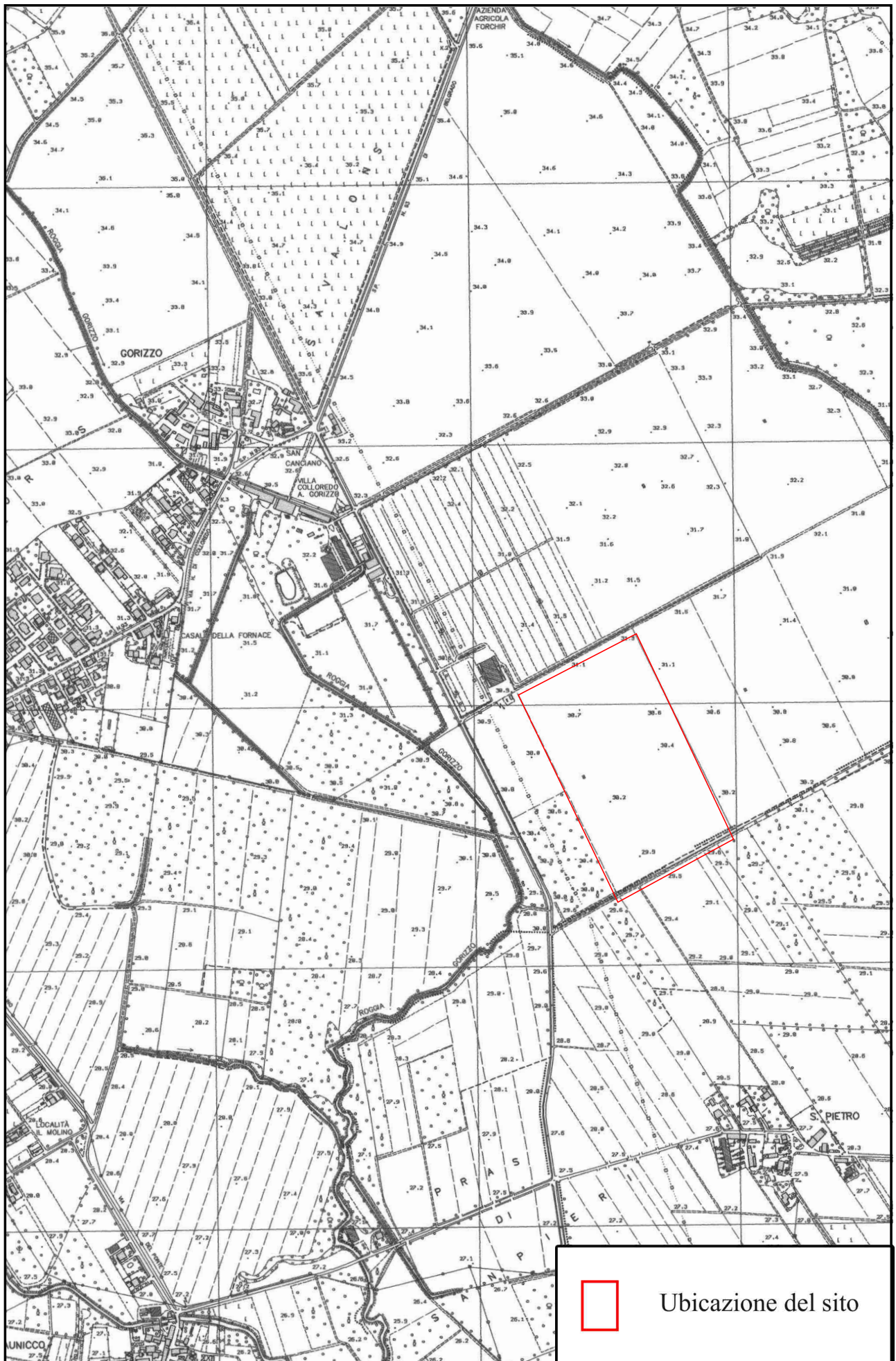
Roma, Aprile 2023

Dott. Geol. David Simoncelli

ALLEGATI

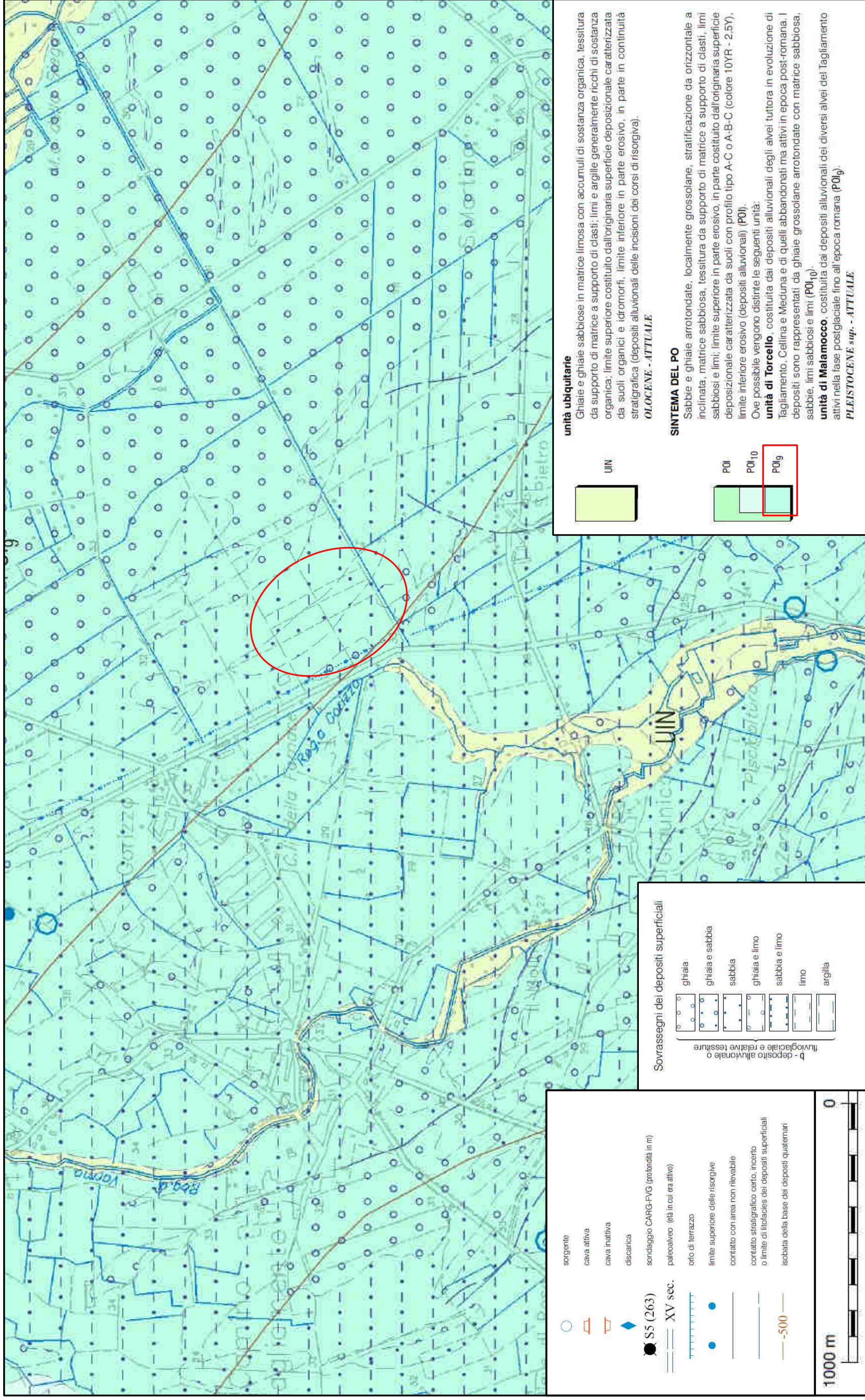
COROGRAFIA GENERALE

Scala:10000



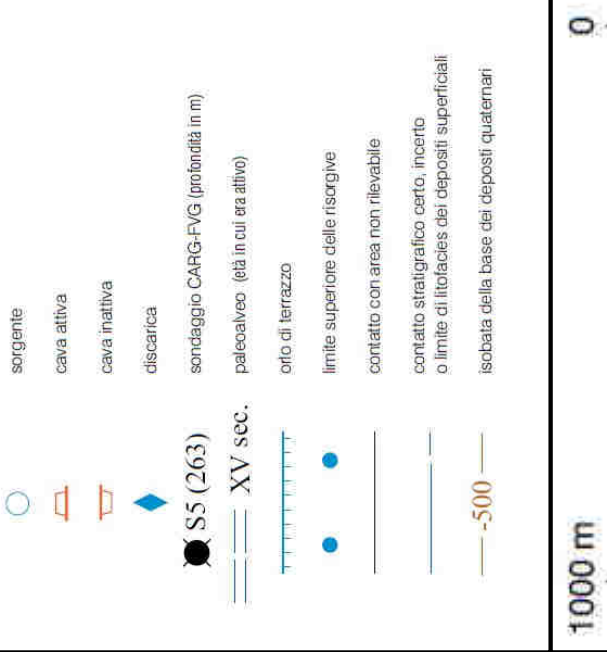
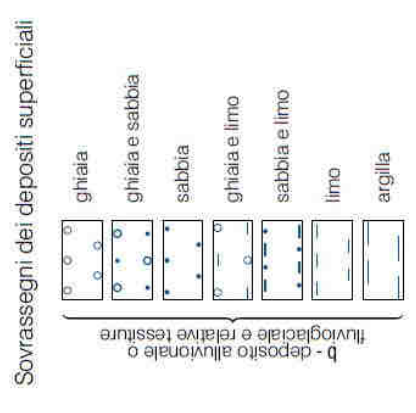
STRALCIO CARTA GEOLOGICA-1:25000 - Regione Friuli Venezia Giulia

Foglio 0861-San Vito al Tagliamento



unità ubiquitarie
 Ghiaie e ghiaie sabbiose in matrice limosa con accumuli di sostanza organica, tessitura da supporto di matrice a supporto di clasti; limi e argille generalmente ricchi di sostanza organica; limite superiore costituito dall'originaria superficie deposizionale caratterizzata da suoli organici e idromorfi, limite inferiore in parte erosivo, in parte in continuità stratigrafica (depositi alluvionali delle incisioni dei corsi di risorgiva).
OLOCENE - ATTUALE

SISTEMA DEL PO
 Sabbie e ghiaie arrotondate, localmente grossolane, stratificazione da orizzontale a inclinata, matrice sabbiosa, tessitura da supporto di matrice a supporto di clasti, limi sabbiosi e limi; limite superiore in parte erosivo, in parte costituito dall'originaria superficie deposizionale caratterizzata da suoli con profilo tipo A-C o A-B-C (colore 10YR - 2,5Y), limite inferiore erosivo (depositi alluvionali) (POI).
 Ove possibile vengono distinte le seguenti unità:
unità di Torcello, costituita dai depositi alluvionali degli alvei tuttora in evoluzione di Tagliamento, Cellina e Meduna e di quelli abbandonati ma attivi in epoca post-romana. I depositi sono rappresentati da ghiaie grossolane arrotondate con matrice sabbiosa, sabbie, limi sabbiosi e limi (POI₁₀).
unità di Malamocco, costituita dai depositi alluvionali dei diversi alvei del Tagliamento attivi nella fase postglaciale fino all'epoca romana (POI_g).
PLEISTOCENE sup. - ATTUALE





Autorità di Bacino

DEI FUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE

**Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico
del bacino idrografico
del fiume Tagliamento***

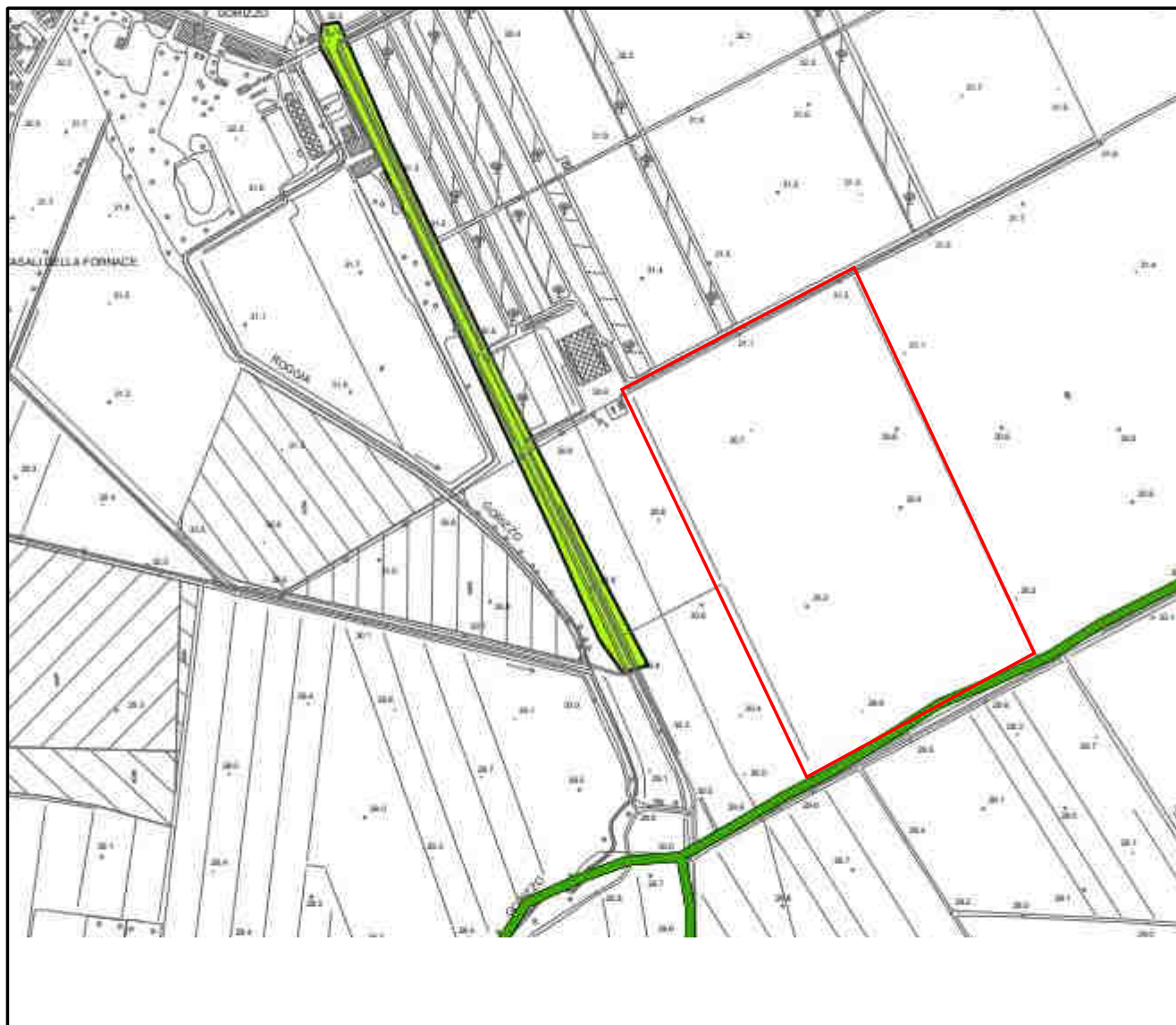
D.Lgs. 152/2006

Carta della pericolosità idraulica

Tavola 61









Ubicazione del sito



PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I.

Perimetrazione e classi di pericolosità idraulica



-  F - Area Fluviale
-  P1 - Pericolosità idraulica moderata
-  P2 - Pericolosità idraulica media
-  P3 - Pericolosità idraulica elevata
-  P4 - Pericolosità idraulica molto elevata

 **Indicazione delle zone di pericolosità
e di attenzione geologica***

 *cfr. cartografia geologica

ZONE DI ATTENZIONE IDRAULICA

Quadro conoscitivo complementare al P.A.I.

-  - Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali
-  - Studi recenti dell'Autorità di Bacino

LIMITI AMMINISTRATIVI

-  Limite Comunale
-  Limite Regionale
-  Limite di Bacino

**REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA
PROVINCIA DI UDINE
COMUNE DI CAMINO AL TAGLIAMENTO**

Report indagini geognostiche



Committente: **ELLOMAY SOLAR ITALY EIGHTEEN S.R.L.**

1 INTRODUZIONE

Su incarico della committenza, è stata realizzata nel Dicembre 2022 una campagna di indagini geognostiche costituite da:

- N°1 Indagine sismica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*);
- N°3 prove penetrometriche dinamiche.



Fig. 1. Vista aerea dell'area di indagine da Eagle.fvg – Regione Friuli Venezia Giulia

2 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) 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);
- avanzamento (penetrazione) ;
- 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 LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	a.a. 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

Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- 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 ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) 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

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

- Rpd resistenza dinamica punta (area A).
 e infissione media per colpo ($\frac{e}{N}$ N).
 M peso massa battente (altezza caduta H).
 P peso totale aste e sistema battuta.

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: GeoDeepDrill DM30

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	30	Kg
Altezza di caduta libera		0.20m
Peso sistema di battuta		13 Kg
Diametro punta conica	35.68	mm
Area di base punta	10	cm ²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	3	Kg/m
Profondita' giunzione prima asta		0.80m
Avanzamento punta	0.10	m
Numero colpi per punta		N(10)
Coeff. Correlazione	0.90	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta		60°

2.2 PROVA PENETROMETRICA N°1

Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30
 Prova eseguita in data 13/12/2022
 Profondita' prova 3.40 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	2	0.857	6.70	7.83	0.34	0.39
0.20	4	0.855	13.38	15.65	0.67	0.78
0.30	5	0.853	16.68	19.57	0.83	0.98
0.40	5	0.851	16.65	19.57	0.83	0.98
0.50	6	0.849	19.93	23.48	1.00	1.17
0.60	7	0.847	23.20	27.39	1.16	1.37
0.70	8	0.845	26.46	31.30	1.32	1.57
0.80	11	0.843	36.30	43.04	1.82	2.15
0.90	11	0.842	34.00	40.41	1.70	2.02
1.00	12	0.840	37.02	44.08	1.85	2.20
1.10	10	0.838	30.78	36.73	1.54	1.84
1.20	6	0.836	18.43	22.04	0.92	1.10
1.30	6	0.835	18.39	22.04	0.92	1.10
1.40	6	0.833	18.36	22.04	0.92	1.10
1.50	6	0.831	18.32	22.04	0.92	1.10
1.60	4	0.830	12.19	14.69	0.61	0.73
1.70	3	0.828	9.12	11.02	0.46	0.55
1.80	3	0.826	9.11	11.02	0.46	0.55
1.90	3	0.825	8.56	10.38	0.43	0.52
2.00	4	0.823	11.40	13.85	0.57	0.69
2.10	4	0.822	11.38	13.85	0.57	0.69
2.20	4	0.820	11.36	13.85	0.57	0.69
2.30	5	0.819	14.17	17.31	0.71	0.87
2.40	6	0.817	16.97	20.77	0.85	1.04
2.50	9	0.816	25.41	31.15	1.27	1.56
2.60	13	0.764	34.39	45.00	1.72	2.25
2.70	15	0.763	39.61	51.92	1.98	2.60
2.80	15	0.761	39.54	51.92	1.98	2.60
2.90	16	0.760	39.80	52.36	1.99	2.62
3.00	17	0.759	42.21	55.64	2.11	2.78
3.10	19	0.757	47.09	62.18	2.35	3.11
3.20	32	0.656	68.70	104.73	3.44	5.24
3.30	42	0.605	83.12	137.45	4.16	6.87
3.40	50	0.603	98.74	163.64	4.94	8.18

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizio ne
0.5	4.4	17.22	Coesivo	0	1.7	1.87	0.04	0.9	4	terreno agricolo
1.1	9.83	37.16	Incoerente	0	1.7	1.91	0.14	0.9	9	sabbia limosa
2.4	4.62	16.53	Coesivo	0	1.7	1.87	0.3	0.9	4	limo
3.1	14.86	50.03	Incoerente	0	1.82	1.94	0.47	0.9	13	sabbia ghiaiosa
3.4	41.33	135.27	Incoerente	0	2.19	2.09	0.57	0.9	37	ghiaia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertman 1975	SUNDA (1983) Benassie Vanneli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - terreno agricolo	4	0.50	0.25	0.50	0.15 - 0.25	0.16	0.39	0.52	0.36	0.73	0.20	0.65	0.50
[3] - limo	4	2.40	0.25	0.50	0.15 - 0.25	0.16	0.39	0.50	0.36	0.73	0.20	0.42	0.50

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] - terreno agricolo	4	0.50	Meyerhof	1.70
[3] - limo	4	2.40	Meyerhof	1.70

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] - terreno agricolo	4	0.50	Meyerhof	1.87
[3] - limo	4	2.40	Meyerhof	1.87

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - sabbia limosa	9	1.10	35.91	68.9	82.52	30.74
[4] - sabbia ghiaiosa	13	3.10	37.29	69.95	71.02	39.24
[5] - ghiaia	37	3.40	60.73	100	100	69.92

Angolo di resistenza al taglio

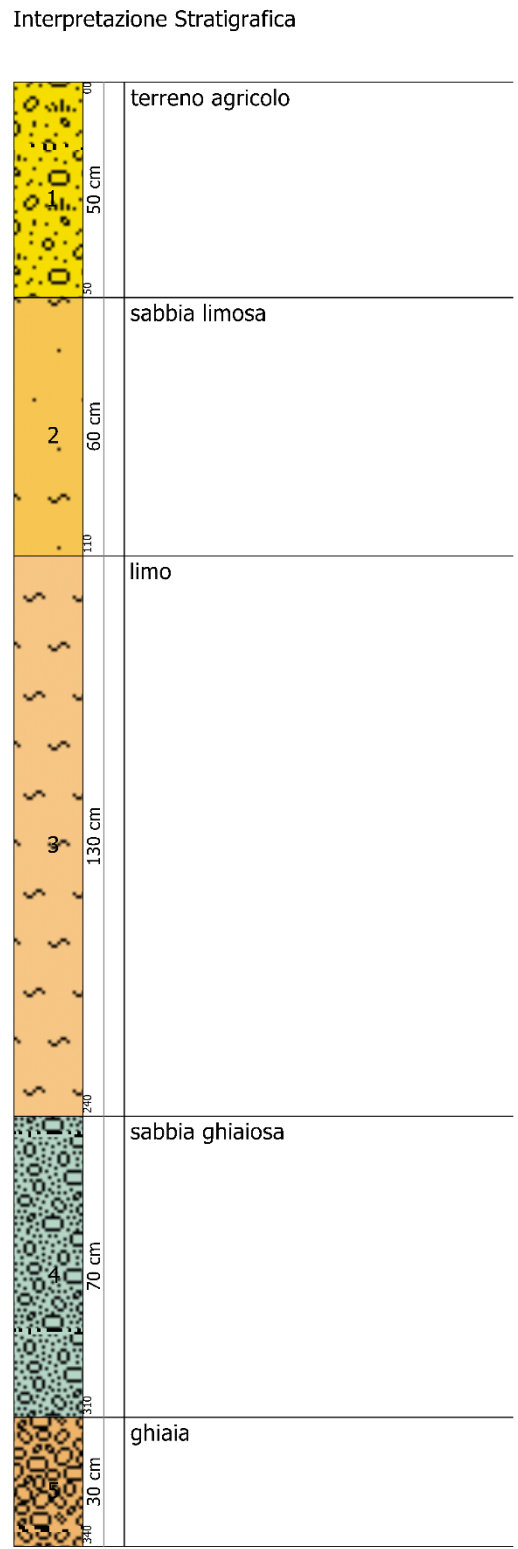
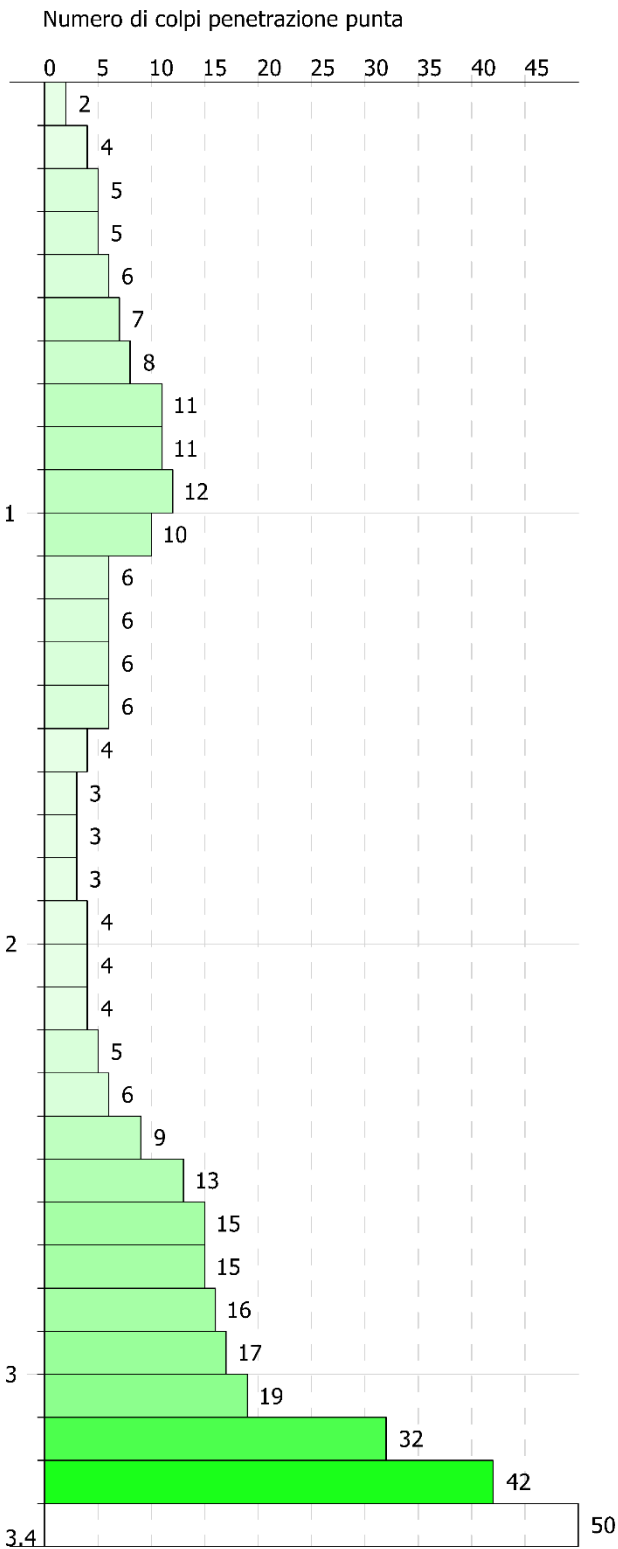
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owaski & Iwasaki
[2] - sabbia limosa	9	1.10	9	29.57	22.57	30.52	32.89	33.29	0	<30	26.62	29.7	26.81	28.42
[4] - sabbia ghiaiosa	13	3.10	13	30.71	23.71	31.64	30.79	34.77	37.79	30-32	28.96	30.9	26.93	31.12
[5] - ghiaia	37	3.40	37	37.57	30.57	38.36	32.08	41.01	42	32-35	38.56	38.1	30.53	42.2

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[2] - sabbia limosa	9	1.10	9	Terzaghi-Peck 1948	1.46
[4] - sabbia ghiaiosa	13	3.10	13	Terzaghi-Peck 1948	1.51
[5] - ghiaia	37	3.40	37	Terzaghi-Peck 1948	1.76

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
[2] - sabbia limosa	9	1.10	9	Terzaghi-Peck 1948	1.91
[4] - sabbia ghiaiosa	13	3.10	13	Terzaghi-Peck 1948	1.94
[5] - ghiaia	37	3.40	37	Terzaghi-Peck 1948	2.09



2.3 PROVA PENETROMETRICA N°2

Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30
 Prova eseguita in data 13/12/2022
 Profondita' prova 2.60 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	1	0.857	3.35	3.91	0.17	0.20
0.20	2	0.855	6.69	7.83	0.33	0.39
0.30	4	0.853	13.35	15.65	0.67	0.78
0.40	4	0.851	13.32	15.65	0.67	0.78
0.50	5	0.849	16.61	19.57	0.83	0.98
0.60	5	0.847	16.57	19.57	0.83	0.98
0.70	9	0.845	29.76	35.22	1.49	1.76
0.80	9	0.843	29.70	35.22	1.49	1.76
0.90	8	0.842	24.73	29.39	1.24	1.47
1.00	8	0.840	24.68	29.39	1.23	1.47
1.10	9	0.838	27.71	33.06	1.39	1.65
1.20	15	0.786	43.32	55.10	2.17	2.76
1.30	18	0.785	51.88	66.12	2.59	3.31
1.40	19	0.783	54.64	69.80	2.73	3.49
1.50	24	0.731	64.46	88.16	3.22	4.41
1.60	24	0.730	64.32	88.16	3.22	4.41
1.70	25	0.728	66.85	91.84	3.34	4.59
1.80	20	0.776	57.04	73.47	2.85	3.67
1.90	11	0.825	31.40	38.08	1.57	1.90
2.00	9	0.823	25.65	31.15	1.28	1.56
2.10	9	0.822	25.60	31.15	1.28	1.56
2.20	9	0.820	25.55	31.15	1.28	1.56
2.30	10	0.819	28.34	34.62	1.42	1.73
2.40	29	0.717	71.99	100.38	3.60	5.02
2.50	40	0.616	85.25	138.46	4.26	6.92
2.60	50	0.614	106.31	173.08	5.32	8.65

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizio ne
0.6	3.5	13.7	Coesivo	0	1.63	1.86	0.05	0.9	3	Terreno agricolo
1.1	8.6	32.45	Incoerente	0	1.62	1.9	0.14	0.9	7	sabbia limosa
1.8	20.71	76.09	Incoerente	0	1.95	1.97	0.25	0.9	18	ghiaia sabbiosa limosa
2.3	9.6	33.23	Incoerente	0	1.66	1.91	0.36	0.9	8	sabbia limosa
2.6	39.67	137.31	Incoerente	0	2.18	2.07	0.43	0.9	35	ghiaia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertman 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vanneli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Terreno agricolo	3	0.60	0.19	0.38	0.15 - 0.25	0.12	0.29	0.41	0.27	0.66	0.15	0.47	0.38

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] - Terreno agricolo	3	0.60	Meyerhof	1.63

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] - Terreno agricolo	3	0.60	Meyerhof	1.86

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - sabbia limosa	7	1.10	30.65	60.68	72.85	25.97
[3] - ghiaia sabbiosa limosa	18	1.80	49.16	91.55	98.29	48.14
[4] - sabbia limosa	8	2.30	29.2	57.78	60.58	28.4
[5] - ghiaia	35	2.60	62.09	100	100	68.2

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[2] - sabbia limosa	7	1.10	7	29	22	29.96	32.45	32.49	0	<30	25.25	29.1	25.85	26.83
[3] - ghiaia sabbiosa limosa	18	1.80	18	32.14	25.14	33.04	32.72	36.45	40.82	30-32	31.43	32.4	29.02	33.97
[4] - sabbia limosa	8	2.30	8	29.29	22.29	30.24	30.61	32.89	0	<30	25.95	29.4	25.53	27.65
[5] - ghiaia	35	2.60	35	37	30	37.8	32.59	40.67	42	32-35	37.91	37.5	30.84	41.46

Peso unita' di volume

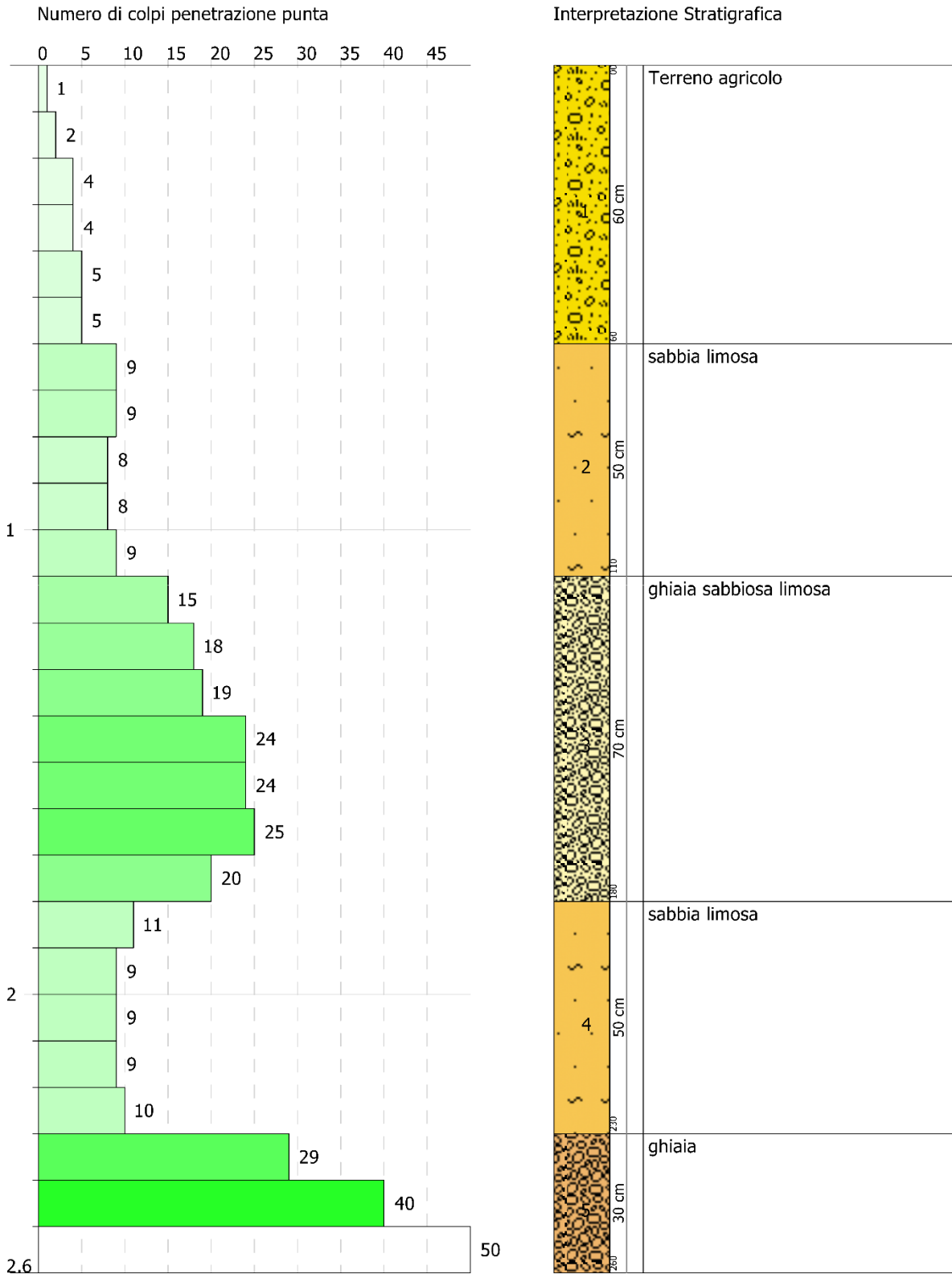
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[2] - sabbia limosa	7	1.10	7	Terzaghi-Peck 1948	1.44
[3] - ghiaia sabbiosa limosa	18	1.80	18	Terzaghi-Peck 1948	1.57
[4] - sabbia limosa	8	2.30	8	Terzaghi-Peck 1948	1.45
[5] - ghiaia	35	2.60	35	Terzaghi-Peck 1948	1.74

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
[2] - sabbia limosa	7	1.10	7	Terzaghi-Peck 1948	1.90
[3] - ghiaia sabbiosa limosa	18	1.80	18	Terzaghi-Peck 1948	1.98
[4] - sabbia limosa	8	2.30	8	Terzaghi-Peck 1948	1.90
[5] - ghiaia	35	2.60	35	Terzaghi-Peck 1948	2.08

Descrizione: prova penetrometrica dinamica N°2
 Localita': Camino al Tagliamento

Scala 1:12



2.4 PROVA PENETROMETRICA N°3

Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30
 Prova eseguita in data 13/12/2022
 Profondita' prova 2.30 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	1	0.857	3.35	3.91	0.17	0.20
0.20	1	0.855	3.34	3.91	0.17	0.20
0.30	1	0.853	3.34	3.91	0.17	0.20
0.40	3	0.851	9.99	11.74	0.50	0.59
0.50	3	0.849	9.97	11.74	0.50	0.59
0.60	4	0.847	13.26	15.65	0.66	0.78
0.70	6	0.845	19.84	23.48	0.99	1.17
0.80	9	0.843	29.70	35.22	1.49	1.76
0.90	20	0.792	58.15	73.47	2.91	3.67
1.00	22	0.740	59.78	80.82	2.99	4.04
1.10	26	0.738	70.49	95.51	3.52	4.78
1.20	35	0.686	88.23	128.57	4.41	6.43
1.30	28	0.735	75.55	102.86	3.78	5.14
1.40	23	0.733	61.92	84.49	3.10	4.22
1.50	13	0.781	37.31	47.76	1.87	2.39
1.60	9	0.830	27.43	33.06	1.37	1.65
1.70	8	0.828	24.33	29.39	1.22	1.47
1.80	9	0.826	27.32	33.06	1.37	1.65
1.90	13	0.775	34.86	45.00	1.74	2.25
2.00	19	0.773	50.85	65.77	2.54	3.29
2.10	23	0.722	57.45	79.62	2.87	3.98
2.20	46	0.620	98.74	159.23	4.94	7.96
2.30	50	0.619	107.07	173.08	5.35	8.65

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	2.17	8.48	Coesivo	0	1.56	1.85	0.05	0.9	2	Terreno vegetale
1.4	21.12	78.05	Incoerente	0	1.97	1.97	0.17	0.9	19	ghiaia sabbiosa
1.9	10.4	37.65	Incoerente	0	1.7	1.91	0.29	0.9	9	Sabbia limosa
2.3	34.5	119.43	Incoerente	0	2.14	2.05	0.38	0.9	31	Ghiaia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertman 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vanneli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Terreno vegetale	2	0.60	0.13	0.25	0.00 - 0.15	0.08	0.19	0.25	0.18	0.59	0.10	0.29	0.25

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
[1] - Terreno vegetale	2	0.60	Meyerhof	1.56

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
[1] - Terreno vegetale	2	0.60	Meyerhof	1.85

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - ghiaia sabbiosa	19	1.40	52.28	98	100	49.72
[3] - Sabbia limosa	9	1.90	32.7	63.2	67.44	30.74
[4] - Ghiaia	31	2.30	59.99	100	100	64.5

Angolo di resistenza al taglio

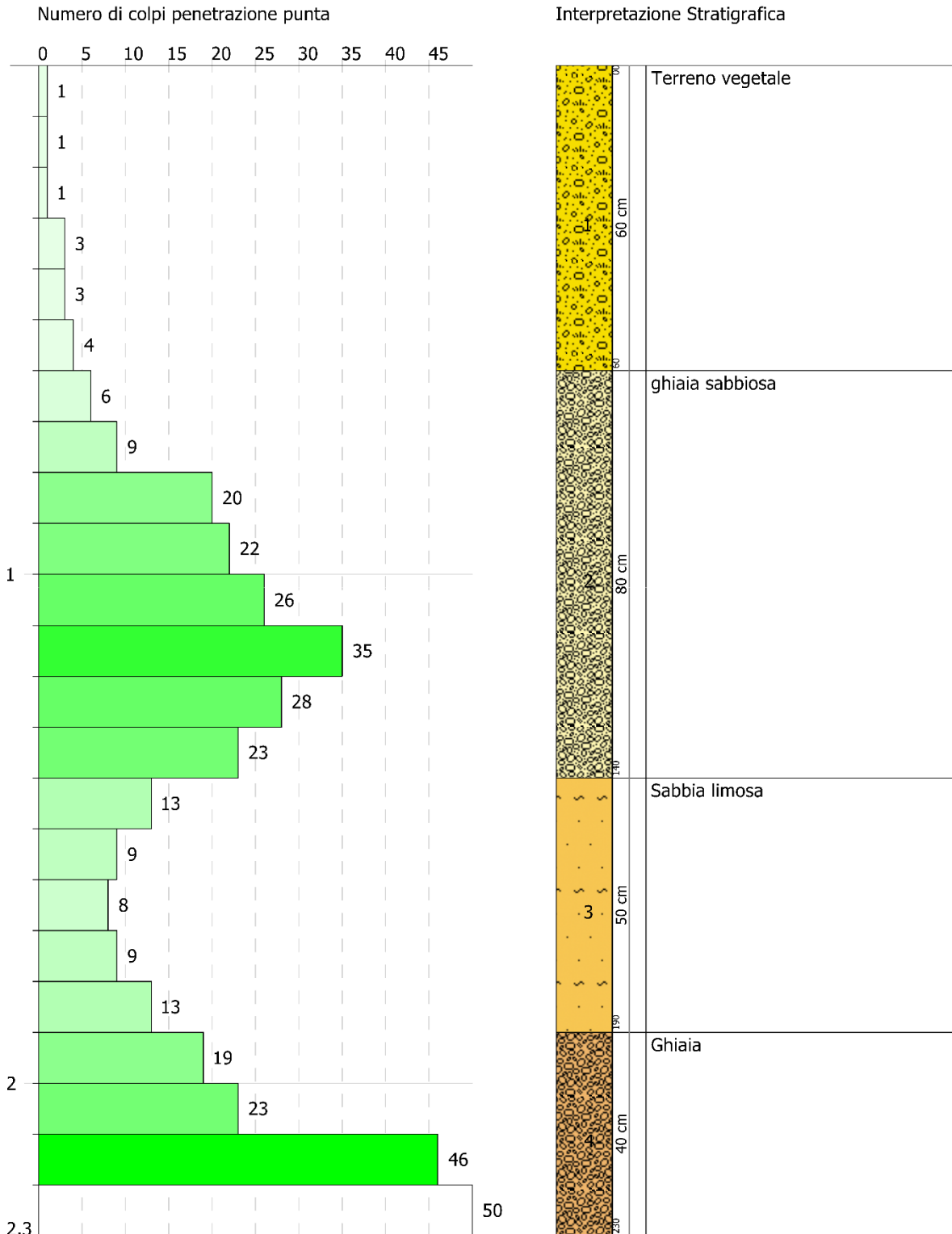
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[2] - ghiaia sabbiosa	19	1.40	19	32.43	25.43	33.32	33.59	36.77	41.72	30-32	31.88	32.7	29.51	34.49
[3] - Sabbia limosa	9	1.90	9	29.57	22.57	30.52	31.22	33.29	0	<30	26.62	29.7	26.21	28.42
[4] - Ghiaia	31	2.30	31	35.86	28.86	36.68	32.67	39.89	42	32-35	36.56	36.3	30.58	39.9

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[2] - ghiaia sabbiosa	19	1.40	19	Terzaghi-Peck 1948	1.58
[3] - Sabbia limosa	9	1.90	9	Terzaghi-Peck 1948	1.46
[4] - Ghiaia	31	2.30	31	Terzaghi-Peck 1948	1.71

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
[2] - ghiaia sabbiosa	19	1.40	19	Terzaghi-Peck 1948	1.99
[3] - Sabbia limosa	9	1.90	9	Terzaghi-Peck 1948	1.91
[4] - Ghiaia	31	2.30	31	Terzaghi-Peck 1948	2.06



3 INDAGINE HVSR

3.1 INTRODUZIONE

Compatibilmente con i vincoli logistici dell'area e tenuto conto degli obiettivi da conseguire mediante la realizzazione delle indagini sismiche, le indagini sono state realizzate sul retro del fabbricato, lungo la presente area verde. Lo scopo delle indagini è reperire informazioni in merito alla categoria di sottosuolo, secondo le NTC 2018.

La tecnica HVSR consiste nella misura passiva di rumore sismico ambientale (microtremori), ovvero di oscillazioni continue di piccola ampiezza originate dalla sovrapposizione di effetti generati sia da sorgenti naturali (perturbazioni meteorologiche a larga scala, vento, onde oceaniche,...) che da sorgenti antropiche (traffico, attività industriali,...), lungo tre assi ortogonali tra loro (N-S, E-W, U-D).

Le linee guida della tecnica per l'ottimizzazione del rilievo sono state illustrate dal progetto SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitation).

Il risultato dell'indagine HVSR è un grafico frequenza–ampiezza del rapporto tra il moto delle particelle lungo le componenti orizzontali e il moto delle particelle lungo la componente verticale (H/V).

Ciascun picco non industriale nel grafico H/V corrisponde generalmente ad una variazione di impedenza acustica I tra due mezzi ($I = \rho v$, dove ρ è la densità del mezzo attraversato e v è la velocità di propagazione delle onde sismiche nello stesso). Generalmente, il picco HVSR di origine naturale è determinato da una depressione nello spettro di ampiezza della componente verticale rispetto alle componenti orizzontali; i picchi di natura industriale, invece, si presentano come picchi positivi, di diversa ampiezza, su tutte e tre le componenti.

Nell'esempio semplificato di un sistema omogeneo e isotropo a due strati, quando all'interfaccia tra i due mezzi il rapporto delle impedenze è significativo, si genera un picco sulla curva del rapporto spettrale H/V in corrispondenza della frequenza di risonanza del sito (f_0); tale frequenza dipende dalla profondità dell'interfaccia che genera il contrasto di impedenza (H) e dalla velocità media di propagazione delle onde di taglio (V_s) nello strato superficiale secondo la formula semplificata:

$$f_0 = V_s / 4H$$

Da ciò ne consegue che, a parità di V_s dello strato più superficiale, maggiore è la frequenza del picco di risonanza del sito e minore è la profondità della discontinuità che lo genera all'interno del sottosuolo. Viceversa, l'assenza di picchi di risonanza significativi sulla curva del rapporto spettrale H/V, indica sostanziale omogeneità all'interno del sottosuolo; tale situazione si verifica o in siti su roccia o in siti in cui la velocità di propagazione delle onde di taglio aumenta gradualmente con la profondità, senza significative variazioni di impedenza all'interno dello stesso.



Fig. 2. Strumentazione utilizzata per le misure di microtremore.

3.2 RISULTATI

L'acquisizione in campagna è stata effettuata mediante un sismografo triassiale denominato SR04HS Geobox della ditta Sara Srl; per l'esecuzione corretta di queste misure sono state tenute in considerazione le indicazioni contenute nel Progetto SESAME (Site EffectS Assessment using Ambient Excitations, 2004).

La durata dell'acquisizione è stata di 30 minuti e l'asse NS dello strumento coincide con la direzione del NS geografico. Buon accoppiamento tra strumentazione e terreno. Meteo soleggiato e assenza di vento.

L'intervallo di analisi utilizzato è stato 0.5÷20 Hz.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata mediante software Winmasw Academy della ditta Eliosoft.

L'elaborazione è stata condotta utilizzando i parametri riportati qui di seguito.

show current data
reset

step#1 (optional) - decimate

64 Hz
new frequency

step#2 - H/V computation

both Rad. & Tr.

window length (s)

tapering (%)

amplitude threshold

HVSR threshold

spectral smoothing (triangular window)

detrending order

full output

particle motion, all HVSRs, time lapse videos

close windows

save videos

Min. freq.: 0.5 Hz

Fig. 3. Parametri utilizzati nell'elaborazione

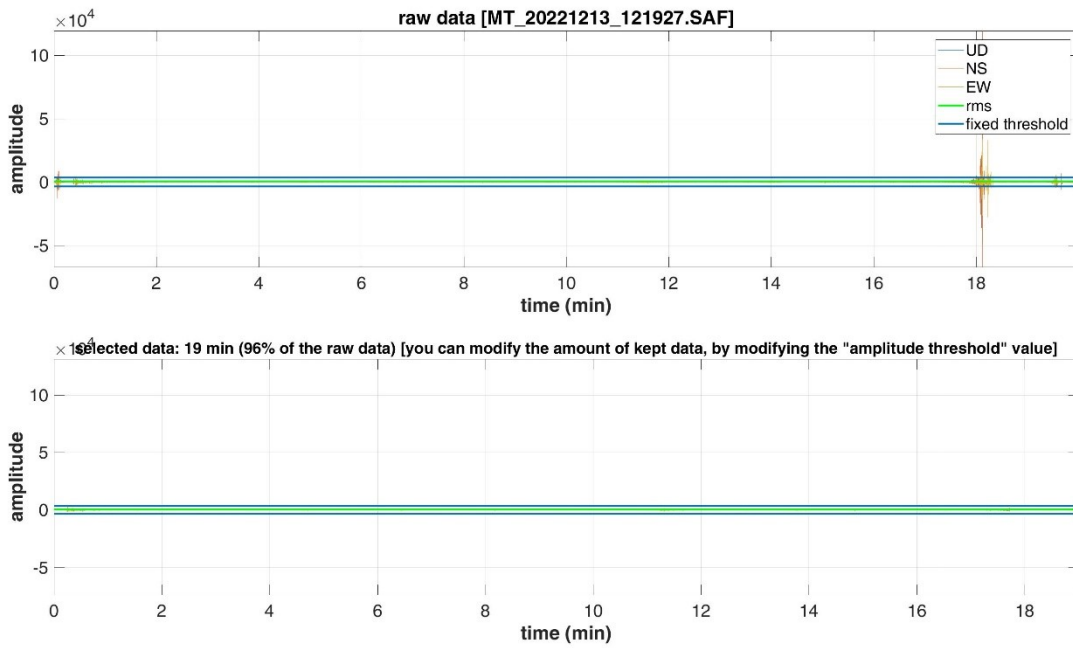


Fig. 4. Dati originali e soglie applicate per la rimozione di eventuali transienti.

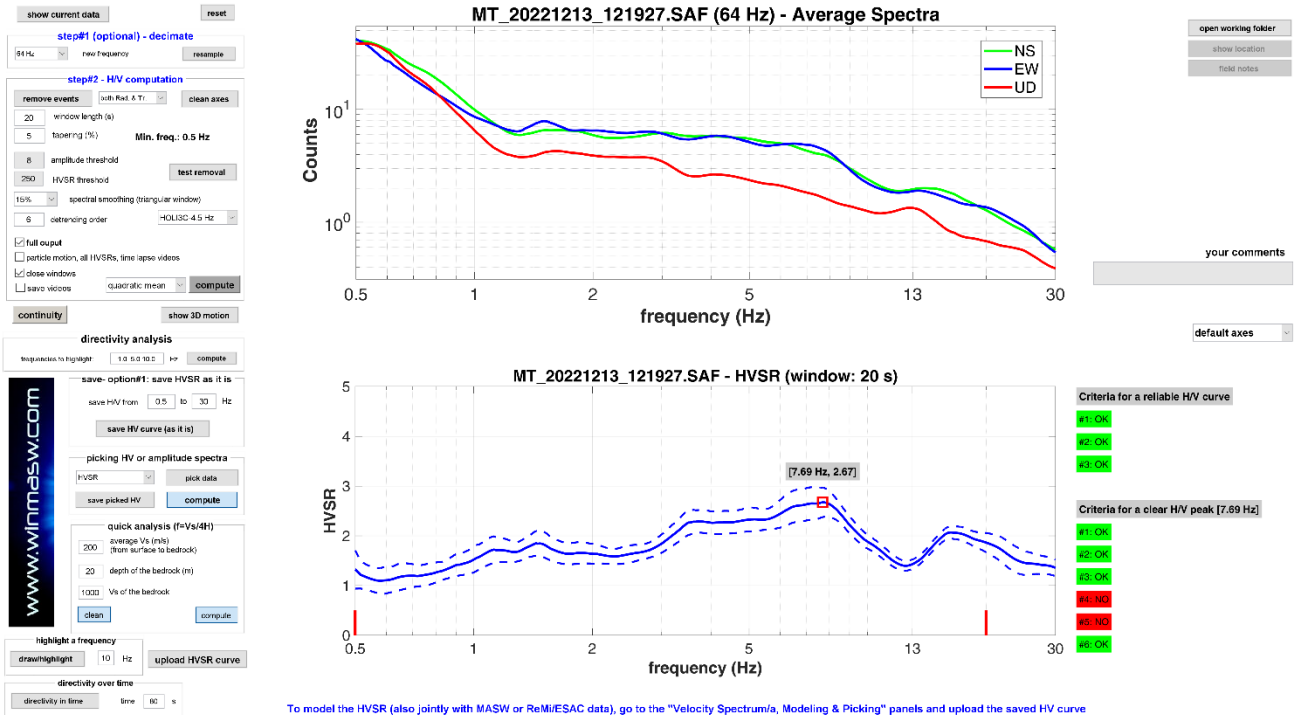


Fig. 5. Spettri di ampiezza (smussati) e, in basso, curva HVSr finale (rimosse le curve outlier).

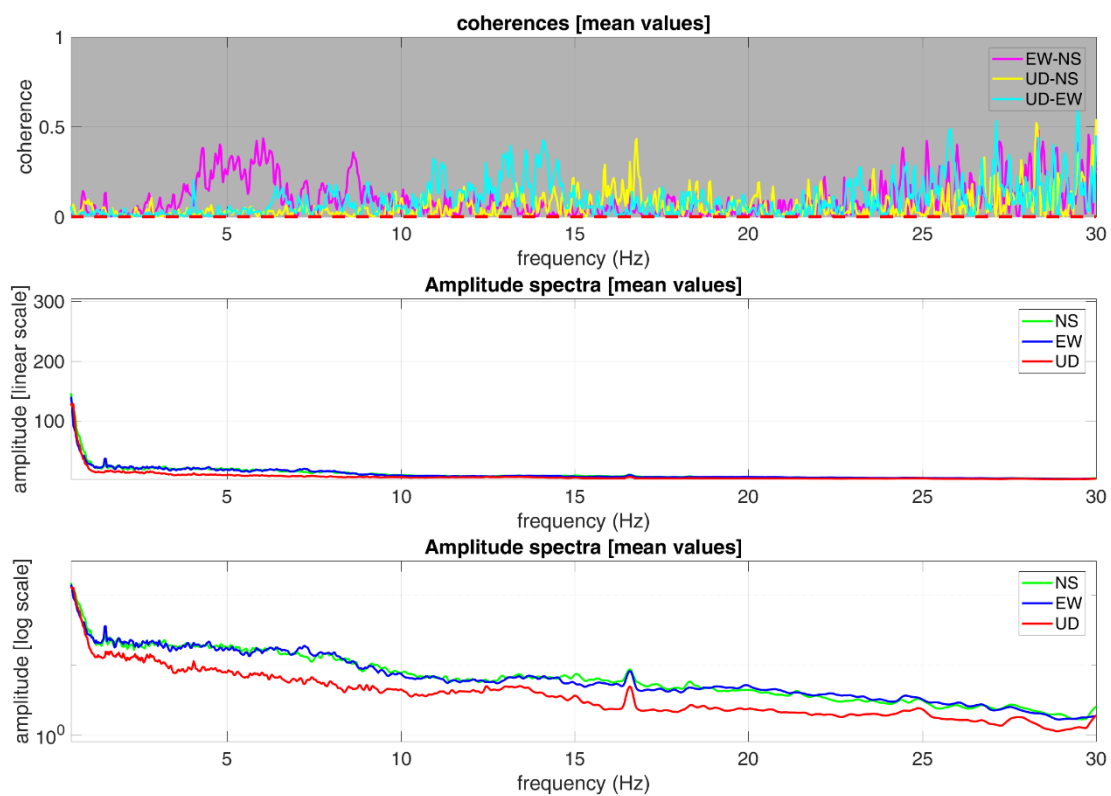
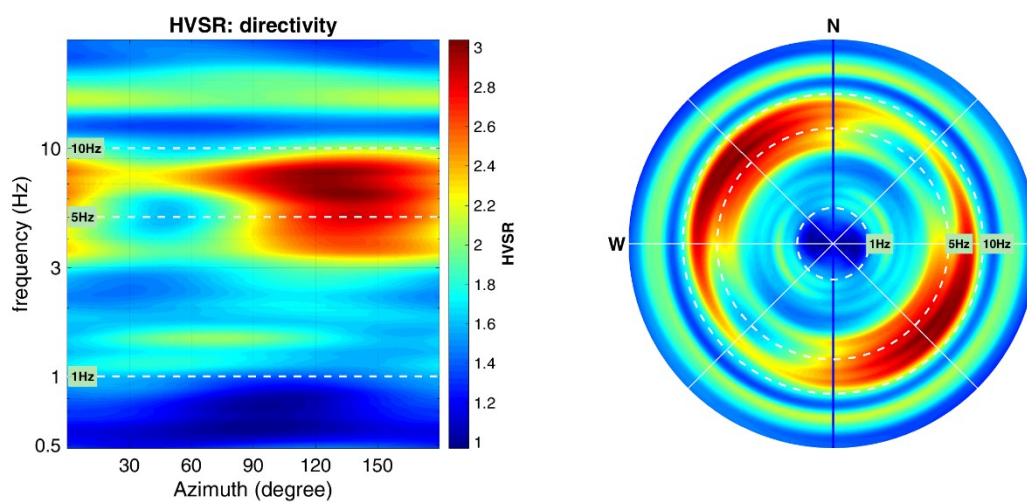


Fig. 6. Funzioni di coerenza per le tre coppie di sensori indicati, spettri di ampiezza (smoothing del 20%) delle tre componenti con scala verticale lineare, spettri di ampiezza con scala verticale logaritmica.



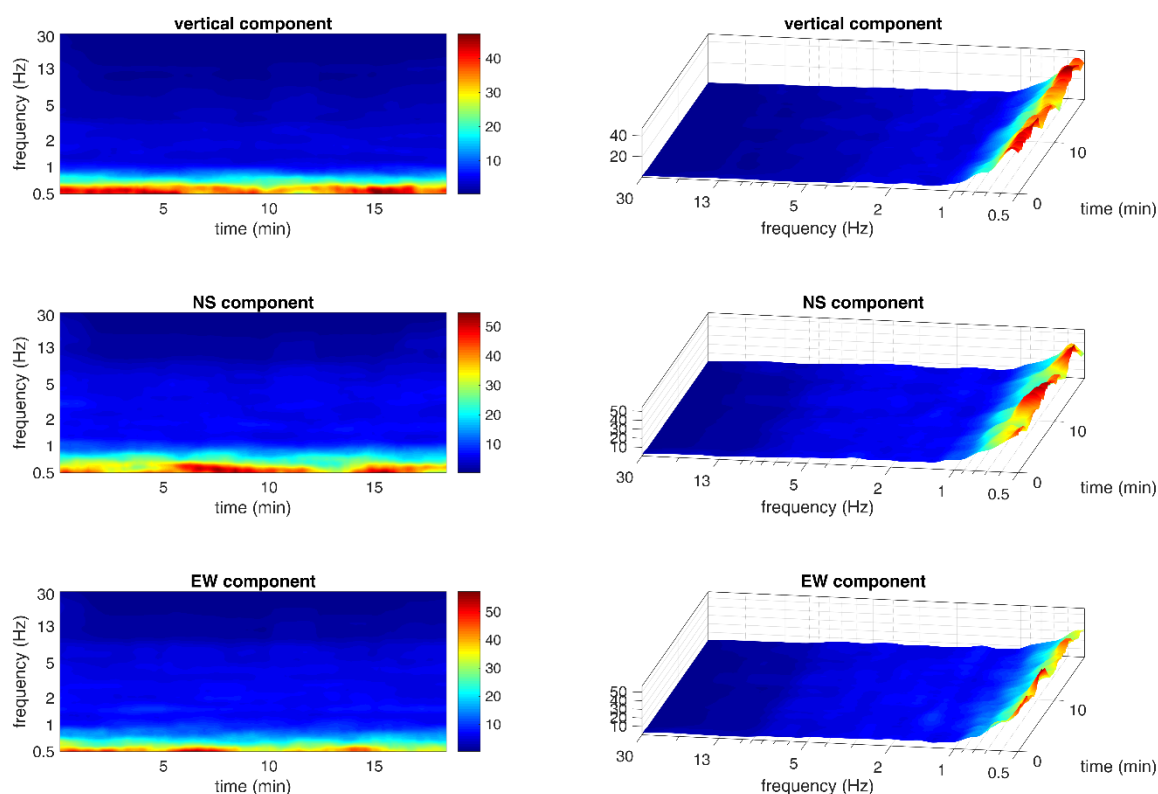
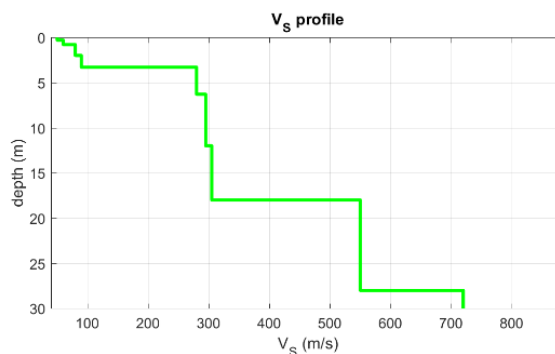


Fig. 7. Persistenza del segnale e direzionalità del segnale per ogni singola componente

3.2.1 DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Il modello proposto di distribuzione delle velocità delle onde S è stato sviluppato anche tenendo conto dei dati bibliografici raccolti e, per i primi metri, della colonna stratigrafica ricavata dall'esecuzione delle prove penetrometriche realizzate. I dati HVSR confermano la presenza di una successione sedimentaria dove i primi 3,3 m sono costituiti da terreni a grana fina scarsamente consistenti ($V_s \leq 90$ m/s) e, successivamente, da terreni via via più addensati con valori di V_s compresi tra 280 m/s e 305 m/s, fino alla profondità di circa 18m dal piano campagna. Al di sotto di questa quota, le V_s subiscono un brusco incremento, con valori compatibili con la presenza di ghiaie ben addensate.

layer	V_s (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	50	0.3000	0.3000
2	60	0.5000	0.8000
3	80	1.2000	2
4	90	1.3000	3.3000
5	280	3	6.3000
6	295	5.7000	12
7	305	6	18
8	550	10	28
9	720	15	43
10	780	30	73
11	800	100	173
12	850	0	0

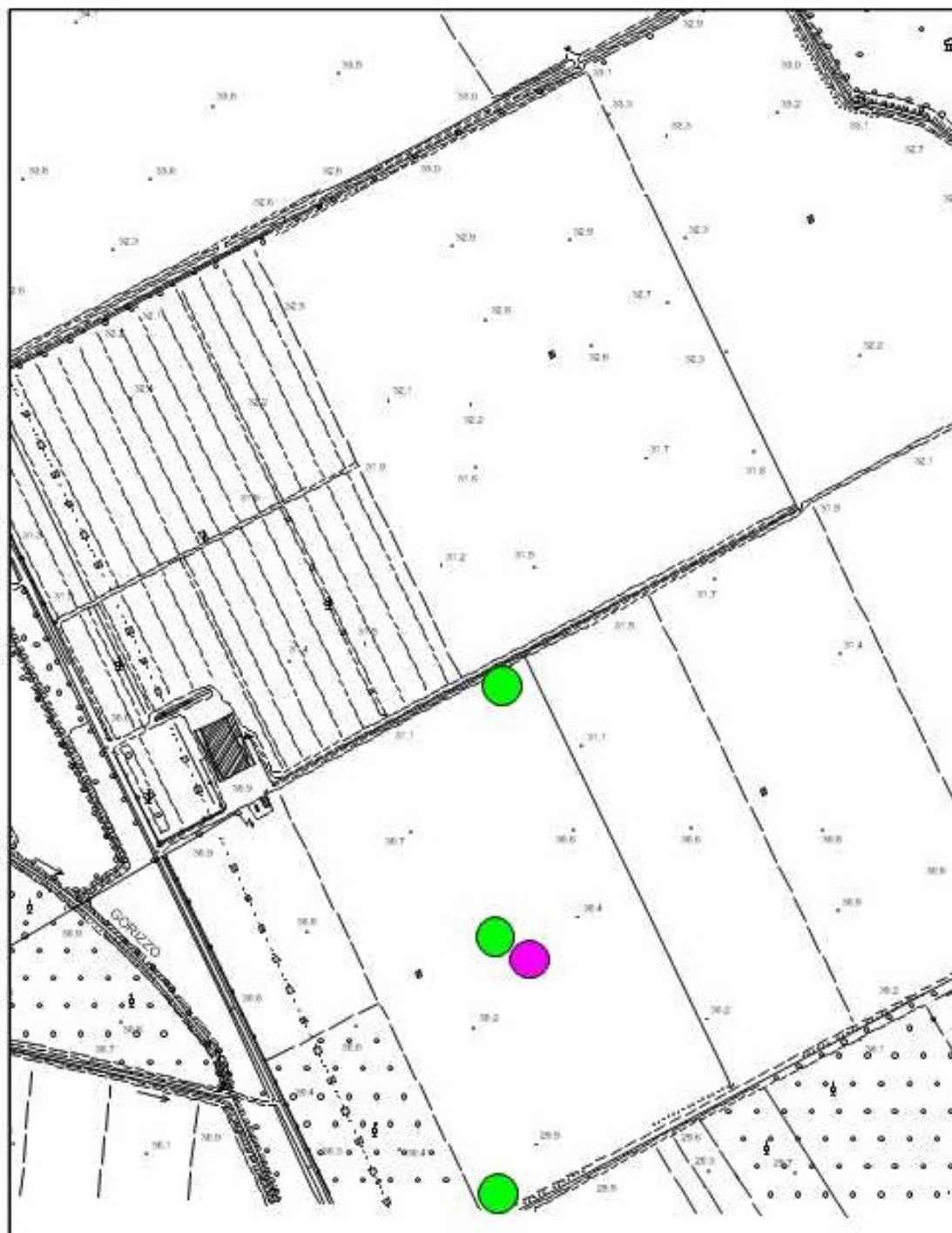


V_s model (V_{s30} & V_{sE} : 262 262 m/s)



Fig. 8. Modello del sottosuolo proposto

4 CARTA DELLE INDAGINI

CARTA DELLE INDAGINI



LEGENDA

-  Prova penetrometrica dinamica
-  indagine sismica HVSR

SCALA 1:5000

5 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fig. 9. *Prova penetrometrica dinamica n°1*



Fig. 10. *Prova penetrometrica dinamica n°2*



Fig. 11. *Prova penetrometrica dinamica n°3*



Fig. 12. *Indagine sismica HVSr*