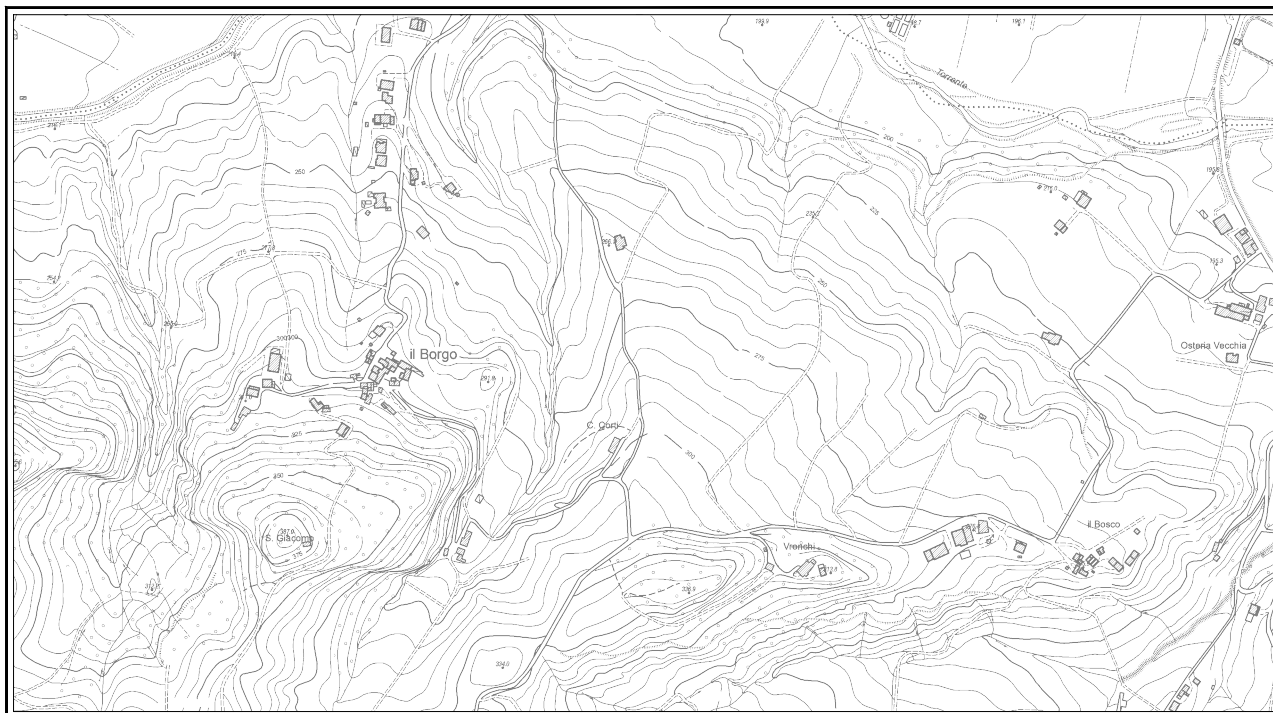


R. Emilia Romagna

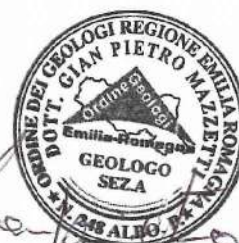
Provincia di Reggio Emilia

Comune di BAISO

CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO GEOTECNICA E SISMICA
1° VARIANTE AL POC 2017-2021 AMBITO ACA1
IN LOCALITA' BORGO VISIGNOLO, BAISO

GGG srl

CARATTERIZZAZIONE - MODELLAZIONE
GEOLOGICA E SISMICA

Dr. Geol. GIAN PIETRO MAZZETTI

REL.N°	REV.	DATA	NOTE	Verificato	Approvato
2107/20		Luglio 2020		G.P. Mazzetti	G.P. Mazzetti

CENTROGEO SURVEY SNC

42015 CORREGGIO (RE) - PIAZZA S. QUIRINO, 6 - TEL 0522 641001 - FAX 0522 632162

COMUNE DI BAISO**CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO GEOTECNICA E SISMICA
1° VARIANTE AL POC 2017-2021 AMBITO ACA1 IN LOCALITA' BORGO VISIGNOLO, BAISO****GGS srl**

	INDICE
INTRODUZIONE	1
INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	1
METODOLOGIA DI INDAGINE	2
ASSETTO PLANIALTIMETRICO DEL VERSANTE SEDE DELL'AMBITO ACA1	3
ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE	4
ASSETTO STRUTTURALE.....	7
Serie litostratigrafica	10
MODELLAZIONE SISMICA.....	17
CARATTERISTICHE STRUTTURALI E SISMOTETTONICHE	17
INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO	17
Attività tettonica	19
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	21
PIOVOSITÀ NEL TERRITORIO DI BAISO.....	23
Piovosità trentennale 1961 / 1990	23
Piovosità periodo 1991 / 2015	24
Differenze piovosità periodo 1991/2015 e 1961/1990	25
Caratteristiche idrogeologiche.....	27
Dinamica dei versanti	28
MODELLAZIONE SISMICA – PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	29
Inquadramento topografico.....	29
CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	29
AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	33
ZONAZIONE SISMICA Q.C. PTCIP	33
MICROZONAZIONE SISMICA TERRITORIO DI BAISO	34
PROSPEZIONI GEOFISICHE.....	35
Possibilità e limitazioni della prospezione sismica	36
Prospezioni basi in tomografia sismica.....	36
Analisi di insieme prospezioni in Tomografia Sismica 2D	44
PROSPEZIONI SISMICHE INTEGRATE ATTIVE - PASSIVE	45
Confronto andamenti successione sismostratigrafica	48
ANALISI DEI MICROTREMORI CON LA TECNICA HVSR	49
Identificazione categoria suolo di fondazione	51
Fattore di amplificazione sismico locale.....	53
ANALISI DI TERZO LIVELLO	55
Risposta sismica locale.....	55
Calcolo degli effetti di sito	56
Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica.....	59
Azione sismica.....	61
CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	62
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA CORRELAZIONI	63
Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH.....	63
Peso dell'unità di volume	64
Angolo di attrito	64
Densità relativa.....	65
Angolo attrito interno stato critico.....	65
Coesione.....	65
MODELLO LITOTECNICO LOCALE.....	67
Suscettività alla Liquefazione	74
VERIFICHE DI STABILITA' DEL VERSANTE	76
Analisi Condizioni di stabilità – Ambito ACA1	84
Escavabilità terreni/rocce.....	84
CONCLUSIONI	86
Tabella di sintesi	98

ALLEGATI

<i>UBICAZIONE AREA.....</i>	<i>TAV. 1</i>
<i>SEZIONE GEOLOGICA.....</i>	<i>TAV. 2</i>
<i>CARTA GEOLOGICA.....</i>	<i>TAV. 3</i>
<i>ESTRATTO CARATA INVENTARIO DELLE FRANE RER.....</i>	<i>TAV. 4</i>
<i>CARTA MOPS.....</i>	<i>TAV. 5</i>
<i>ESTRATTO CATASTALE.....</i>	<i>TAV. 6</i>
<i>UBICAZIONE INDAGINI.....</i>	<i>TAV. 7</i>
<i>MICROZONAZIONE SISMICA.....</i>	<i>TAV. 8</i>

DIAGRAMMI PENETROMETRICI
INDAGINE RE.MI./MASW
INDAGINE HVSR
STENDIMENTI SISMICI A RIFRAZIONE
VERIFICHE DI STABILITA'

INTRODUZIONE

Nel contesto della prima Variante al Piano Operativo Comunale 2017/2021 (art.4 L.RER e Art. 30 e 34 L.RER 20/200), relativa all'ambito ACA1 in località Borgo Visignolo, Baiso, RE, è stata sviluppata un'analisi di caratterizzazione e modellazione geologico – geotecnica e sismica del settore di versante sede del sopracitato comparto.

Tale esame è stato finalizzato all'individuazione dell'assetto geometrico e caratteristiche dei materiali che formano il sottosuolo del sito in narrativa e per le valutazioni delle condizioni di stabilità dell'area oggetto della variante.

Lo studio, articolato in rilevamenti geologico – geomorfologici, integrati da indagini geognostiche, da prospezioni geofisiche, è stato eseguito in ottemperanza ai dettati del DM 17/01/2018, DGR.ER. 630/2019, NA PTCP Reggio Emilia.

Nell'area di variante è stato effettuato un rilievo planialtimetrico con metodo GPS, con strumentazione a risoluzione centimetrica, eseguito da *Studio Atlante*, via Lombardia, 3 Reggio Emilia.

L'analisi di geologico – geotecnica e sismica è stata redatta su commissione di **GGS Srl** Viano, RE

Le analisi effettuate, in subordine agli indirizzi e prescrizioni individuati, evidenziano che sussistono idonee condizioni di fattibilità geologico tecnica per l'utilizzo ai fini edificatori del sito sede dell'area di impronta dell'Ambito ACA1, Borgo Visignolo, Baiso, RE.

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

L'ambito ACA1, in località Borgo Visignolo, è sito al bordo settentrionale dell'edificato di detto Borgo e si estende su un crinale secondario allungato in direzione sud – nord con pendenze mediamente comprese tra 22% e 40÷60%, ad assetto dorsato, declinati in direzione nord est ed est, con quote medie CTR. ER localmente comprese tra 263 e 285 m slm (rilievo *Atlante*: 267÷292 m slm) che si caratterizzano con un cocuzzolo che in prossimità del tornante a nord dell'insediamento già edificato giunge a 286 m slm. Al fianco est di detto crinale le inclinazioni medie dei versanti sono più accentuate e corrispondono a 23°/30° nelle parti più acclivi ed a 12°/15° nel settore più orientale (valle), similmente nel tratto sud nord le pendenze equivalgono in media a 21° e si attenuano a 15° nelle zone settentrionali (valle).

La zona in analisi ricade nel settore nord occidentale della sezione *VIANO n° 218081*, delle basi C.T.R. E.R. in scala 1:10.000, appartenente, per quanto riguarda la cartografia I.G.M. al F° MODENA N° 86, Zona 32 T, quadrato PQ.

I vertici delle coordinate *UTM WGS84*, riferiti circa agli spigoli perimetrali del comparto ACA1, a geometria sub trapezoidale, circa corrispondono a:

- 629660 – 4933000
- 629590 – 4933040
- 626920 – 4933120
- 629705 – 4933040

METODOLOGIA DI INDAGINE

Per definire la sequenza litotecnica, l'assetto geometrico spaziale dei depositi e del substrato roccioso, disposizioni litostratigrafiche e caratteristiche tipologiche degli stessi, definizione dei parametri geotecnici dei materiali che costituiscono il settore al quale appartiene l'area oggetto di variante e dei possibili cinematismi dei processi, sono state eseguite le indagini di seguito descritte:

- **Prove Penetrometriche dinamiche Superpesanti DPSH**
 - n° 9 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH, eseguite con penetrometro dinamico a funzionamento oleodinamico dotato di massa battente da 63,5 kgf, altezza di caduta costante di 75 cm, punta con sezione da 20 cmq ad angolo di apertura della punta $\beta = 90^\circ$, mod. Pagani TG 63-100/200.
- **Prospezioni geofisiche:**
 - n° 2 basi sismiche a rifrazione con metodo coniugato con acquisizione dei valori delle velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione V_p con geofoni verticali da 4.5 Hz, in sezioni estese secondo le massime pendenze del versante, sino ai limiti nord ed est del comparto in corrispondenza dei quali le pendenze si attenuano a $12^\circ/15^\circ$, registrando le acquisizioni con tecnica per l'elaborazione e restituzione in tomografia sismica 2D;
 - n° 4 prospezioni con metodo integrato a rifrazione passiva Re.Mi. e n°4 attiva con metodo MASW, elaborando i dati ottenuti con procedura integrata: passiva/attiva Re.Mi./MASW restituendo i dati ottenuti in 4 singole verticali;
 - n° 3 rilevazioni a stazione singola di microtremori ambientali con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSJ).;

Le indagini geognostiche direttamente eseguite, unitamente alle prospezioni geofisiche, sono state integrate da analoghe verticali di indagine precedentemente eseguite ad una verticale CPT. Rm (*Geognostica Italiana*; 2003) di incerta ubicazione e

considerate esclusivamente solo quelle con ubicazioni attendibili ed evidenzianti analogia con le prospezioni geognostiche del 2020.

Dette indagini hanno consentito di definire i modelli litotecnici e geometrici, la caratterizzazione geotecnica delle unità litologiche che costituiscono il settore di versante sede del comparto ACA1.

ASSETTO PLANIALTIMETRICO DEL VERSANTE SEDE DELL'AMBITO ACA1

L'assetto planialtimetrico del versante è stato rilevato con strumentazione GPS a risoluzione centimetrica dallo *Studio Atlante*, via Lombardia 3, Reggio Emilia.

Il rilievo è stato ancorato a caposaldi locali che hanno differenza di quota rispetto al vertice GPS. RER 643 con quota: 139,90 m slm, in località Bettola, Mazzalasino, Raffittimento Primario a 7 km della rete Geodetica Fondamentale Nazionale IGM 95, corrispondente a:

$$\Delta H = 9,5 \text{ m}$$

ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il territorio in analisi appartiene al versante padano dell'Appennino settentrionale, nel quale l'assetto geologico e morfologico è determinato principalmente dalla sovrapposizione di falde tettoniche che ha generato il succedersi da sud a nord di strutture ad anticlinali, più o meno strizzate e con raddoppio di serie, pieghe coricate, e di sinclinali generalmente meno deformate.

L'area comunale è geologicamente attribuibile principalmente al Dominio Ligure: con prevalenza delle Successioni della Val Rossena e dalla Val Tresinaro ed in subordine delle Formazioni pre-Flysch Ad Elmintoidi (*Bettelli et Alii*, 1996; *Vescovi et Alii*, 2002) in percentuale relativa inferiore alla Successione Epiligure (*Ricci Lucchi e Ori*, 1985; *Bettelli et Alii*, 1989) (*Decandia e Elter*, 1972; *Elter e Marroni*, 1992), riscontrabile nella fascia centrosettentrionale e nelle zone ad ovest- sud ovest del capoluogo ed al confine nord.

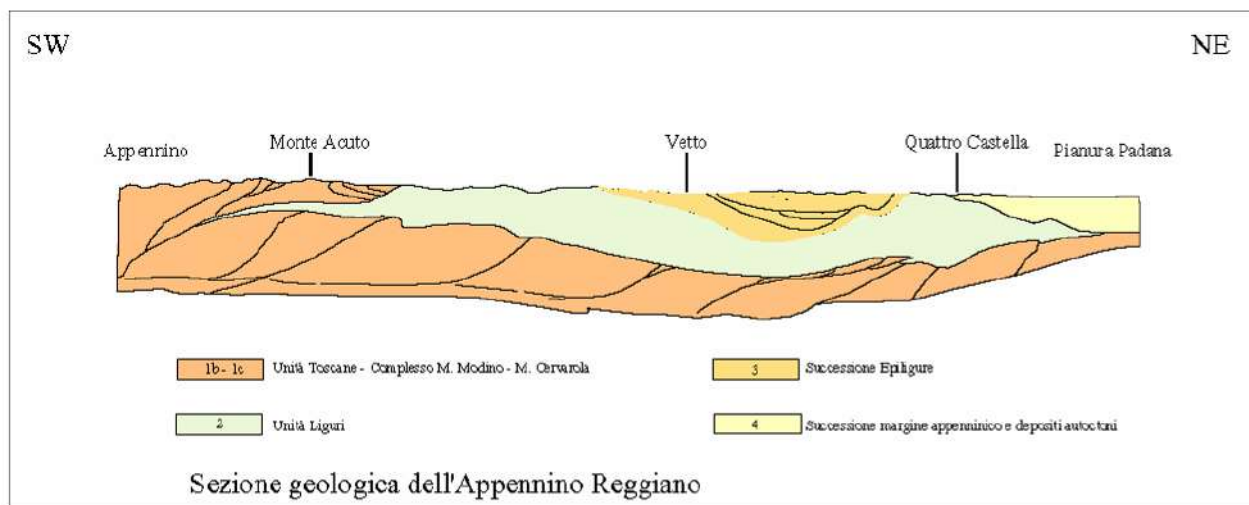
Dette formazioni suddividono il territorio di Baiso in tre macro litozone delle quali la principale costituita dalle Successioni del Dominio Ligure forma la parte meridionale e centro settentrionale dell'area comunale e riveste le estensioni complessive maggiori: circa 53-54%; la seconda macrozona formata dalla Successione Epiligure, circa 29-30%, caratterizza la zona centro settentrionale circa tra il Capoluogo – Cassinago – San Romano – Pietra Cava e la fascia al bordo settentrionale che si estende con andamento sub parallelo al T. Tresinaro alla quale appartengono Borgo Visignolo – Il Bosco – Osteria Vecchia – Paderna; la terza macrozona, circa 16-17%, composta delle Formazioni Pre Flysch costituisce l'area centro settentrionale estesa ovest est dal T. Tresinaro al F. Secchia circa secondo l'allineamento Cerreto – Cà Vai, ad esclusione della zona Montecchio– S. Romano, e quella al confine orientale settentrionale sino alla Zona Industriale Muraglione.

Le Unità Liguri esterne che sovrascorrono e si giustappongono alle Unità Subliguri che a loro volta hanno sovrascorso la Falda Toscana, sono contraddistinte, ad eccezione di locali piccoli litosomi, dall'assenza di testimonianze del substrato oceanico sul quale si sono depositate e successivamente scollate durante la fase orogenica appenninica. Isolate testimonianze, del sopracitato substrato, incluse tettonicamente e per fenomeni sedimentari, sono rappresentate da locali masse di modeste dimensioni costituite da serpentiniti e brecce ofiolitiche; tali rocce costituiscono un piccolo "scoglio" nella parte orientale del territorio comunale in sponda occidentale del Rio delle Viole circa 0,7 km a sud sudest di San Romano.

I processi tettonici che hanno coinvolto l'appennino settentrionale e scomposto i vari domini paleogeografici impilandoli e giustapponendoli in modo complesso, si sono sviluppati in due fasi nel periodo che va dal *Cretaceo* all'attuale. La prima ha prodotto pieghe isoclinali compresse nelle unità liguri interne, che sono state ulteriormente

ripiegate nella seconda fase che ha ancor più riaccurciato le precedenti strutture. Le fasi liguri hanno determinato la chiusura del preesistente oceano ligure e con l'impilamento delle successioni dei domini liguri si sono generati vari bacini marini minori nei quali si sono depositate le successioni delle sequenze epiliguri.

Gli orizzonti litologici liguri mostrano una deformazione interna molto maggiore rispetto a quanto osservabile nelle formazioni della sovrastante Successione Epiligure, anch'essa interessata da tali processi al passaggio con le sopracitate Unità Liguri; dette deformazioni sono correlate al comportamento duttile delle litozone argilloso – marnose di base, nelle quali la stratificazione risulta quasi completamente cancellata.



Contestualmente alle fasi di saldatura tra la zolla Africana e quella Europea, mentre si costruiva l'ossatura dell'Appennino, con l'avanzamento verso oriente della catena ligure, si sono impostati bacini marini minori, estesi secondo fosse allungate in direzione ovest est, nelle quali si depositarono, tra 40 e 5 Ma b.p. (*Oligocene-Miocene*), materiali provenienti dallo smantellamento del fronte di accavallamento della Falda Ligure. Tali azioni e materiali hanno dato origine alla Successione Epiligure che sovrasta e sigilla le Unità Liguri. Detta successione, che caratterizza la fascia settentrionale del territorio comunale alla quale appartiene Borgo Visignolo, è costituita alla base da depositi di mare profondo, coperti da torbiditi arenaceo – marnose e sedimenti di mare medio profondo, seguiti da depositi di mare basso; tale sequenza testimonia tempi evolutivi relativamente rapidi dell'ambiente nel quale si sono depositati e consolidati/diagenizzati i sopracitati materiali.

Quanto esposto e testimoniato dalle sequenze arenacee e microconglomeratiche della Formazione di Ranzano, quali quelle osservabili nella fascia estesa ovest est sub parallela al T. Tresinaro circa tra Borgo Visignolo – Paderna e detto torrente, sedimentatisi in mari relativamente stretti allungati subparallelamente al fronte, sommerso, di avanzamento della Falda Ligure.

Le formazioni della Successione Epiligure che costituiscono le parti settentrionali, centro settentrionali e centrali del territorio comunale, sono formate in prevalenza da rocce arenacee, marnoso arenacee e marnoso calcaree, a grado di resistenza all'erosione medio elevato – medio e da litozone prevalentemente argillose ed a brecce argillose a medio bassa consistenza meccanica prevalenti nell'area centrale.

Le prime di dette litozone conferiscono alla fascia settentrionale all'area comunale tra Montecchio e San Romano ed a quella ovest est estesa sub parallelamente al T. Tresinaro tra lo stesso e Paderna – Borgo Visignolo, inferiori condizioni del dissesto rispetto alle zone centrali e meridionali orientali caratterizzate da indice franosità elevato (32%) e presenza di accumuli di frana estremamente grandi (Fell; 1994).

Contestualmente alle fasi finali di avanzamento della Falda Ligure, diversificate nel tempo e nei luoghi, avvenute tra 10 e 5 Ma b.p. (*Miocene*), ed all'apertura del Tirreno 7 ÷ 8 Ma da oggi, con rotazione e compressione verso nord est dell'Appennino settentrionale, è iniziata l'ultima importante fase di strutturazione della catena che ha portato all'attuale configurazione.

In questo contesto, circa in corrispondenza dell'attuale fascia collinare, si erano instaurate, in un primo tempo, condizioni di mare basso, conseguite alla chiusura dello Stretto di Gibilterra (6,4 ÷ 6,5 Ma) con essiccazione, quasi totale, del Mediterraneo (5,4 ÷ 5,3 Ma), che ha generato l'insediamento di ambienti evaporitici. In questi ultimi, si sono depositati i Gessi Messiniani osservabili a sud di Vezzano s.C. – Borzano – Scandiano nella fascia estesa da Pecorile a M. Evangelo.

Le spinte che sollevavano la catena appenninica si prolungarono e circa 2 Ma b.p. (*Pliocene medio – sup.*) determinando la fuoriuscita dal mare delle ultime formazioni sopra descritte, esponendo all'erosione le dorsali sottomarine generatesi e la deposizione dei loro detriti nel bacino padano.

Successivamente alla emersione e conformazione della catena appenninica il territorio formatosi, che ha raggiunto quote idonee alla formazione dei ghiacciai solamente negli ultimi 80.000 anni: *Würm*, come testimonia l'assenza di forme e depositi glaciali più antichi di 0,1 Ma ad eccezione di alcuni limitati brandelli di incerta attribuzione al *Riss* (0,12 ÷ 0,21 Ma), è stato interessato dall'alternarsi di periodi freddi a fasi più calde che hanno prodotto intensi processi di degradazione nelle aree emerse. Ciò ha comportato importanti modificazioni delle preesistenti morfologie, con abbondante produzione di detriti, che hanno originato la messa in posto delle formazioni quaternarie continentali generando depositi glaciali, periglaciali, eolici, fluviali, lacustri, di versante ecc.

Alle quote sottostanti gli ambienti glaciali, con limite delle nevi perenni, valutato a circa 1500 ÷ 1300 m s.l.m. e fronti dei ghiacciai giunti a quote di 1200 ÷ 1000 m s.l.m. (900 m. s.l.m. Alpe di Succiso), si impostarono condizioni periglaciali, che producevano

intense degradazioni per le azioni di gelo – disgelo e della neve. Questi materiali hanno colmato le preesistenti incisioni, formando ampie vallate intramontane sub pianeggianti denominate Glacis. Vestigia residuali di una delle maggiori di esse è rappresentata dall'area ad altopiano che costituisce i versanti a blanda pendenza ad oriente del piede della Pietra di Bismantova nelle zone di Pregheffio e Casale.

In territorio di Baiso sono attribuibili a materiali originati in ambienti glaciale e periglaciale i detriti fini che hanno generato i depositi eolici della paleosuperficie a bassa pendenza: $8 \div 10^\circ$, presenti nel settore orientale centrale dell'area comunale circa tra Massegano – Cà d'Ovio – Via Muraglione, dove detti loes presentano spessori medi di 15/16 m e sono attualmente più elevati rispetto ai terrazzi alluvionali del F. Secchia di circa 120 m.

Le acque dilavanti hanno ulteriormente rielaborato i detriti che raccolti nelle aste fluviali sono stati trasportati e depositati originando i terrazzi fluviali nelle zone intramontane, quali l'asta del T. Tresinaro da C. Vernara a M.no Vecchio – Osteria Vecchia, il F. Secchia da Ceredolo/Saltino – Lugo – Muraglione e gli assi dei torrenti minori: Lucenta – Rio delle Viole. Alla confluenza di questi ultimi con gli assi idrici principali detti agenti hanno generato conoidi alluvionali ed analoghi depositi si sono originati allo sbocco dei fiumi in pianura.

In detti periodi sono avvenute ulteriori, meno marcate, pulsazioni fredde che hanno originato fasi definite “piccoli glaciali” circa dal 1500 al 1800/1850 d.C., circa tra 2300 e 2800 anni b.p. (*Età del Ferro*) e circa tra 4500 e 5200 anni da oggi (*Neolitico*).

Nella parte settentrionale del territorio di Baiso le formazioni più rappresentate, sono costituite da alternanze arenaceo – pelitiche, a medio elevato grado di resistenza all'erosione, appartenenti al Dominio Ligure: Successione della Val Tresinaro (MCS) ed arenaceo pelitiche – arenaceo conglomeratiche della Successione Epiligure (RAN3/3C e RAN2/2a) in subordine sono presenti alternanze arenaceo pelitiche prevalentemente pelitiche (AVI) delle formazioni Pre-Flysh ed Elmintoidi a medio basso grado di resistenza meccanica.

ASSETTO STRUTTURALE

L'assetto strutturale delle unità litologiche che formano il territorio di Baiso nella zona centromeridionale è caratterizzato da branchi anticlinali strizzate e fagliate con pieghe coricate, alle quali seguono in verso settentrionale, branchisinclinali più o meno asimmetriche con asse orientato ovest – est; successivamente, in direzione nord, si rinvencono nuovamente branchianticlinali strizzate con assi orientati ovest – est, che sono a loro volta seguite al confine settentrionale dalla ala meridionale delle sinclinali di Viano che si presenta asse ovest – est.

Quest'ultima nella fascia Borgo Visignolo – Paderna è costituita dai membri della Formazione di Ranzano (RAN3/3c – RAN2/2a) contraddistinti da inclinazioni orientate a nord – nord est con angoli variabili tra 42°/45° e 50°.

Procedendo in direzione meridionale, a sud dell'allineamento S. Giacomo – Vronchi – Il Bosco – Paderna, detta formazione è sostituita dalle argille marnose delle Marne di Montepiano (MMP) che presentano immersioni concordanti con quelle della sopradescritta litozona; a meridione del suddetto allineamento nella fascia La Capanna – Casalecchio, con analoghe inclinazioni a nord est, si riscontrano le argilliti siltose delle Argille di Viano (AVI) che in direzione sud, a meridione dell'allineamento C. degli Abati – S. Romano, assumono assetto rovesciato con immersione a sud coprendo le alternanze marnoso calcaree del Flysch di Monte Cassio (MCS), che in tale zona (Casalecchio – C. degli Abati) formano una piega antiforale che mediante faglie e sovrascorrimenti mette a contatto le unità del Dominio Ligure: Successione della Val Tresinaro (AVI–MCS) con quelle delle Formazioni pre Flysch ad Elintoidi (AVV–SCB–APA).

SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Le unità litostratigrafiche che costituiscono la fascia del medio appennino reggiano al quale appartiene il territorio di Baiso, sono attribuite, dall'alto in basso in senso stratigrafico, a:

- **Depositi Quaternari Continentali**
- **Successione Neogenico Quaternaria**
- **Successione Epiligure**
- **Dominio ligure**
 - ***Successione della Val Rossenna***
 - ***Successione della Val Tresinaro***
 - ***Formazioni Pre Flysch ad Elmintoidi***

Queste, ad esclusione della successione della Val Rossenna, formano la fascia settentrionale del territorio di Baiso circa compresa tra l'allineamento S. Romano – Cà Matta – C. Vedrina ed il T. Tresinaro.

Le prime di dette unità sono costituite da depositi continentali superficiali recenti e medio recenti di variabile età e posizione stratigrafica dell'*Olocene* e *Pleistocene Superiore*. Dette unità sono formate da materiali granulometria variabile dai limi argillosi a sabbie – sabbie ghiaiose ai massi, con assetto sedimentario da assente (frane) a grossolanamente gradato (depositi alluvionali) che rivestono a zone, in discordanza e modo discontinuo, il substrato roccioso.

Le sequenze più recenti: Successione Epiligure, sono costituite in percentuale circa equivalenti da litozone marnoso argillose e ad alternanze arenacee – arenaceo pelitiche, prevalentemente rappresentate nella fascia settentrionale, a grado di consistenza meccanica medio – medio elevato, e da unità argilloso – argillitiche, intensamente tettonizzate, più rappresentate nei settori centrali – centro meridionali, con caratteristiche di resistenza meccanica di grado basso e tendenzialmente prevalenti.

Le successioni e formazioni del Dominio Ligure sono principalmente costituite da torbiditi arenaceo calcaree – calcareo marnose a medio – medio basso grado di resistenza meccanica, e da argilliti alternanze arenitico pelitiche con prevalenza delle peliti a basso grado di resistenza meccanica.

Le unità litostratigrafiche presenti nella fascia settentrionale del territorio di Baiso sono schematicamente riassunte, dall'alto verso il basso in senso stratigrafico, come di seguito esposto.

Serie litostratigrafica**A) DEPOSITI QUATERNARI INTRAPPENNINICI CONTINENTALI*****DEPOSITI DI VERSANTE E COLLUVIALI (OLOCENE ATTUALE E NON ATTUALE).***

Sono costituiti da materiali eterometrici con granulometrie medie – medio fini a zone contenenti elementi con dimensione massima equivalente ai massi, immersi in una massa di fondo prevalentemente limosa – limoso argillosa; ricoprono localmente, con spessore variabile da 3 a 6/9 m, le formazioni pre quaternarie, e costituiscono il tratto di versante sede dell'ambito ACA1 e sono diffusamente presenti nel versante ad est di Via Lama – Via Polveriera.

DEPOSITI GRAVITATIVI IN MASSA, FRANE (OLOCENE ATTUALE E NON ATTUALE).

Presentano forme ed estensioni diverse e sono costituiti da materiali eterometrici non classati e non stratificati. I rapporti materiale fine/materiale grossolano sono estremamente variabili in relazione al tipo di accumulo. Occupano posizioni di fondovalle e/o rivestono fianchi dei pendii assumendo forme sia attive che non in evoluzione palese.

I depositi di maggior estensione nell'area circostante l'ambito ACA1 sono rilevabili 600 – 1000 – 1600 m a sud est circa tra Vronchi – Casalecchio – C. degli Abati – Bragalla – Paderna; un accumulo di frana quiescente di colata che si estende in direzione sud nord circa da Casalecchio e C. Corti – 400 m a sud di M.no Costi, di spessore stimabile in 5/8 m, è presente al bordo orientale – sud orientale del comparto ACA1.

Altri accumuli, quiescenti di minor volumetria, sono riscontrabili 50 m ad ovest di Il Borgo, 500 m ad ovest di Borgo Visignolo, 150 ÷ 350 m ad est di Via Lama.

SUCCESSIONE NEOGENICO – QUATERNARIA***b1-b1a DEPOSITI ALLUVIONALI INTRAVALLIVI IN EVOLUZIONE (Olocene--attuale)***

Ghiaie – ghiaie sabbiose con lenti sabbiose, localmente limoso sabbiose; corrispondono agli assi d'alveo e relativi terrazzi in evoluzione di primo ordine rispetto al canale fluviale, presenti nelle fasce intravallive dell'asta del F. Secchia, dei torrenti Tresinaro e Lucenta e loro principali affluenti quali Rio Spigone, Rio delle Viole, Rio delle Barche, Rio Giorgella; lo spessore di detti depositi nell'alveo del T. Tresinaro è compreso tra 3 e 3/5 m ed è maggiore di 10/20 m nell'alveo del F. Secchia; localmente sono osservabili nella fascia in sponda meridionale del T. Tresinaro circa da M.no Costi a C. Spillamborchia.

Costituiscono inoltre conoidi di deiezione di modesta estensione nelle quali si arricchiscono in componenti sabbioso limose, osservabili in alcune zone del territorio.

SINTEMA EMILIANO ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)***AES8a – UNITA' DI MODENA (Post-VI secolo dC.)***

Depositi ghiaiosi sabbioso ghiaiosi – sabbioso fini localmente limosi. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo e grigio – giallastro. Corrisponde al secondo ordine, rispetto all'alveo d'incisione, dei terrazzi nelle zone intravallive. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d. C; la potenza media è di 3/7 m negli affluenti minori: Rio delle Viole, Rio Giorgella. Varia mediamente di 5/10 m nei torrenti Tresinaro e Lucenta, giunge a medie massime di 15/25 m nel F. Secchia; si riscontrano nella fascia ovest est in sponda meridionale del T. Tresinaro tra M.no Costi e C. Spillamborchia.

AES8 – SUBSINTEMA DI RAVENNA (Pleistocene – Olocene; base 18-20.000 anni b.p)

Depositi ghiaioso sabbiosi – sabbioso ghiaiosi limosi con clasti poligenici subarrotondati ad assetto embriciato con intercalati livelli sabbioso limosi, corrispondenti ai terrazzi intravallivi di terzo ordine rispetto all'alveo del F. Secchia e del T. Tresinaro; presentano spessori generalmente di 8/12 m nel T. Tresinaro, spessori medi di 8÷10 m nel F. Secchia; localmente sono osservabili nella fascia settentrionale in sponda meridionale del T. Tresinaro a sud di M.no Costi, Osteria Vecchia, nord di Le Borre – confine comunale est, dove sono più elevati rispetto all'asta torrentizia di 8/15 ÷ 20 m.

AES7 – SUBSINTEMA DI VILLA VERUCCHIO (Pleistocene sup. – Olocene inf. 40/50.000 – 18/20.000 anni b.p.)

Depositi ghiaioso sabbiosi, sabbioso ghiaioso limosi intravallivi, al tetto con suoli decarbonati, corrispondenti ai terrazzi di quarto ordine rispetto all'alveo; presentano spessori medi di 5/10 m e sono osservabili in sponda meridionale del T. Tresinaro in prossimità di Il Bosco ed a sud est di Le Borre, nelle quali sono sopraelevati rispetto a detto torrente di 60/70 m.

SUCCESSIONE EPILOGURE**FORMAZIONE DI ANTOGNOLA (ANT) (Rupeliano Terminale – Aquitaniano 32 – 20 Ma)**

Peliti e marne verdognole con patine manganesifere, a stratificazione mal distinta; locali sottili orizzonti vulcanoclastici. Vi sono intercalate le Breccie di Canossa (MVT), i Membri di Fola (ANT6) e di Iatica (ANT5) e lo Strato di Cà di Lama (cl). Potenza variabile da pochi metri a qualche centinaio di metri. Ambiente di scarpata e di base scarpata; sono osservabili a sud della strada di San Romano tra La Guzzella – La Costa.

FORMAZIONE DI RANZANO (RAN) (Priaboniano sup. – Rupeliano sup. 36 – 30 Ma.)

Costituita da più corpi sedimentari con geometria da lenticolare a tabulare e con facies deposizionali molto variabili da arenaceo conglomeratiche a pelitico arenacee, con prevalenza delle facies grossolane nella parte inferiore e delle facies fini nella parte superiore. Potenza variabile da qualche metro ad oltre 1500 m; è interamente distinta in sotto unità. Origine prevalentemente torbidity; ambiente di scarpata e di bacino, con intercalazione di frane sottomarine.

MEMBRO DI VARANO DE' MELEGARI (RAN3) (Rupeliano medio – sup. 33 – 30 Ma)

Unità prevalentemente pelitico arenacea: litoareniti ben cementate di colore grigio piombo, particolarmente ricche di frammenti di rocce carbonatiche, in strati da molto sottili a spessi, talora molto spessi, con geometria sia tabulare che lenticolare. Presentano frequenti intervalli caotici. Sono presenti anche livelli ricchi di frammenti di serpentinoscisti ed altre metamorfiti di alta pressione e strati sottili di vulcano areniti feldspatiche. Potenza complessiva da pochi metri a circa 600 m, si rinvencono nella fascia estesa ovest est in sponda meridionale del T. Tresinaro tra lo stesso – Via Borgo Visignolo – Via Lama – Osteria Vecchia – Le Borre – confine comunale est.

LITOFACES ARENACEA (RAN_{3c}) (Rupeliano medio – sup. 33 – 30 Ma)

Alternanze arenacee ricche di mica e di frammenti metamorfici di alta pressione, in strati spesso amalgamati; potenza massima di circa 100 metri; si riscontra nella fascia nord orientale adiacente al T. Tresinaro circa tra C. Spillamborchia e confine comunale nord est.

MEMBRO DELLA VAL PESSOLA (RAN2) (Priaboniano terminale - Rupeliano inf. 36 – 34 Ma)

Areniti, conglomerati e peliti in rapporti molto variabili e locali livelli caotici. Strati da medi a molto spessi, con geometria generalmente tabulare, talora lenticolare. Litoareniti grigio scure e verdastre, ricche di frammenti di serpentiniti con un aumento di frammenti di rocce carbonatiche verso l'alto, fra i minerali pesanti prevalgono il granato e la picotite. Potenza variabile da pochi metri a quasi 1000 metri. Il membro può anche essere localmente assente. Limite inferiore netto di MMP; costituisce il substrato roccioso dell'ambito ACA1, e si riscontra tra via Gorgola – Borgo Visignolo – Osteria Vecchia – Paderna – Confine comunale est.

MEMBRO DELLA VAL PESSOLA (RAN2a)(Luteziano sup- Priaboniano inf.; 43- 35 Ma)**LITOFACIES ARENACEO-CONGLOMERATICA**

Areniti in strati spessi e molto spessi, frequentemente amalgamati, con base conglomeratica a clasti ben arrotondati anche di dimensioni decimetriche; tale litofacies, potente fino ad alcune centinaia di metri, è costituita da più corpi grossolani lenticolari, che presentano base erosiva, talora direttamente su substrato ligure; si riscontra nella fascia settentrionale estesa ovest est circa da Casella a Il Borgo – Il Bosco – Paderna.

MARNE DI MONTEPIANO (MMP) (Luteziano sup. – Priaboniano p.p. 43 – 35 Ma)

Argille ed argille marnose rossastre e verdi in sottili alternanze, recanti sottili strati di arenarie feldspatiche poco cementate. Verso l'alto stratigrafico, le argille rossastre passano gradualmente a marne siltose grigie. Ambiente di scarpata, si rilevano circa tra confine nord ovest – S. Giacomo – La Baragalla – Paderna – M. Pianella.

SUCCESSIONE DELLA VAL TRESINARO**ARGILLE DI VIANO (AVI) (Maastrichtiano – Paleocene inf. 72 – 66 Ma)**

Argille siltose ed argilliti rosso scure e grigio-bluestre in sottili alternanze, con presenza di radi strati di areniti laminate. Passaggio graduale a MCS dato dalla diminuzione in frequenza e spessore degli orizzonti calcareo-marnosi di quest'ultimo. Sedimentazione di ambiente pelagico in prossimità o al di sotto della CCD, costituiscono la fascia ovest della parte est settentrionale del territorio circa tra Paderna/San Romano – Baragalla/L'Ochetta – Casalecchio – La Capanna – confine ovest

FLYSCH DI MONTE CASSIO (MCS) (Campaniano sup. – Maastrichtiano 82 – 72 Ma)

Marne calcaree grigio giallastre con base di areniti calcilitiche, in strati spessi e banchi. Subordinate le intercalazioni di pacchi di strati medi e sottili arenitico-pelitici (A/P minore o uguale a 1). Potenza di circa 1000 metri. Sedimentazione torbida di piana bacinale, è diffusamente presente tra nella fascia centrosettentrionale del territorio circa da Rio delle Viole – San Romano, a Visignolo/C. Piana del Rio – C. Vedrina/Monte Lusina/C. Sassi, tra C. del Grillo – M.no di Vedrina – Cerreto.

FORMAZIONI PRE-FLYSCH AD ELMINTOIDI**ARGILLE VARICOLORI DI CASSIO (AVV) (Cenomaniano – Campaniano sup. 100 – 82 Ma)**

Argilliti rosse e verdi sottilmente stratificate, caotiche per intensa tettonizzazione. Recano "boudins" di areniti tipo SCB e siltiti mangesifere. Non in territorio di Baiso, presenza di lenti raramente cartografabili appartenenti all'unità dei conglomerati dei Salti del Diavolo, costituite da conglomerati a clasti litici sedimentari, metamorfici e granitici, e strati medi e spessi arenacei silicoclastici; presenti sporadici strati medio-sottili di arenarie a composizione ofiolitica. Potenza geometrica variabile da

qualche decina a qualche centinaio di metri; sedimentazione pelagica intervallata da correnti di torbidità s.l. e flussi concentrati di locale alimentazione insubrica.

Localmente associate grandi masse ofiolitiche prevalentemente rappresentate da:

- Basalti in pillow (βp)
- Serpentiniti (sr)
- Breccie basaltiche (βb)
- Breccie poligeniche con ofioliti (bo)

Sono diffusamente presenti nella fascia ovest est centro settentrionale del territorio comunale circa tra Piana del Rio, Casale, Fontanella, M. Bradisnera, Rio delle Viole, Sasso Gattone, ovest T. Tresinaro – Casone Tresinaro – Pulpiano, C. della Costa – M.no di Vedrina – nord ovest Cassinago.

ARENARIE DI SCABIAZZA (SCB) (Turoniano sup.? – Campaniano inf. 94 – 85 Ma)

Areniti grigio nocciola, micacee in strati sottili, gradati, passanti a peliti grigie o varicolorate ($AP \leq 1$), intensamente tettonizzate. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad un centinaio di metri. Contatti tettonizzati con AVV; sedimentazione torbiditica; si riscontrano tra ovest di Cerreto e Vedrina, in sponda est del T. Tresinaro tra via Vedrina – Piana del Rio, nel settore orientale centrale circa tra Pietra Cava/Cava – Rio Fontanelle/Rio degli Spiaggi, tra San Romano – Rio delle Viole.

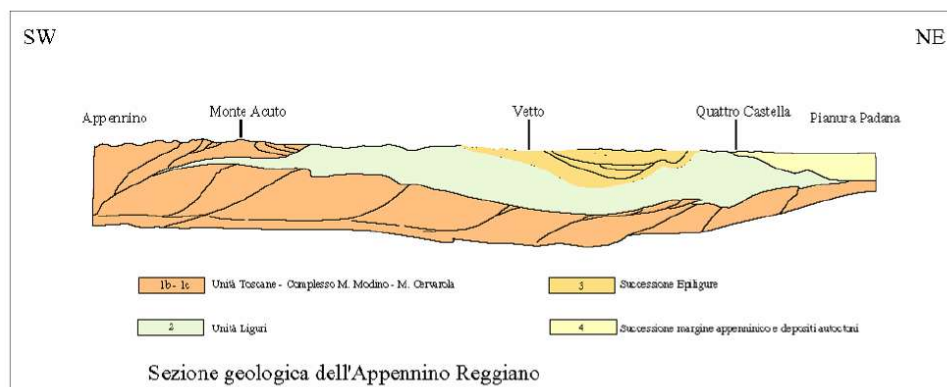
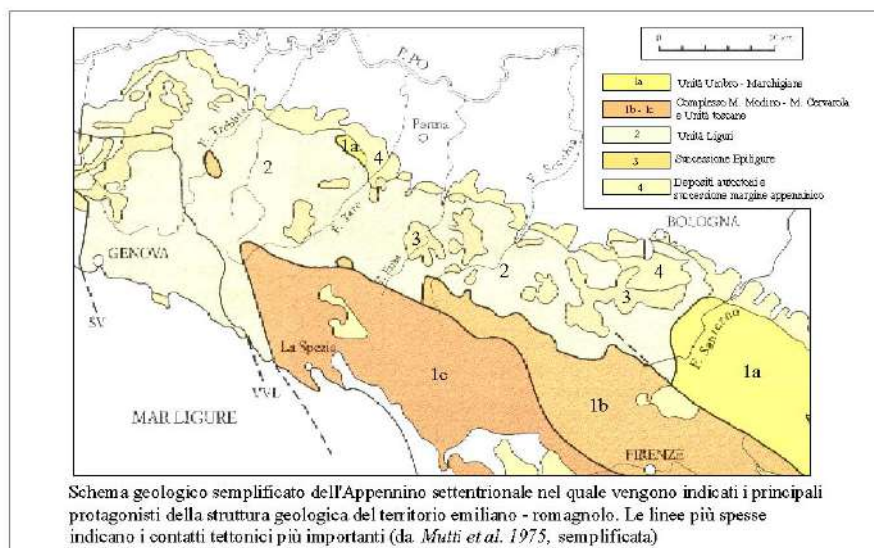
ARGILLE A PALOMBINI - APA (Cretacico inf. 145– 113 Ma)

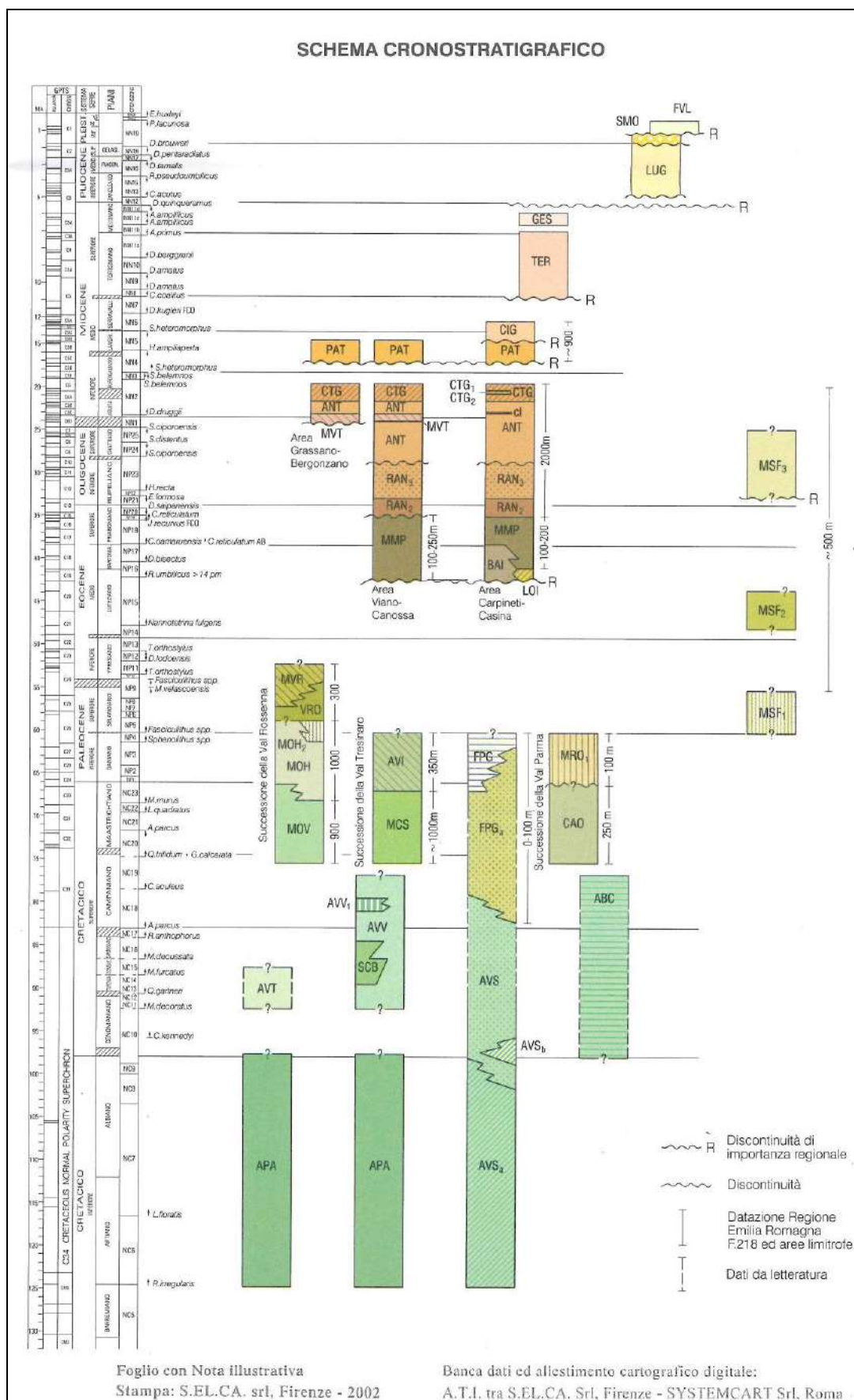
Argilliti grigio scure, tettonizzate, recanti “bouduins” di calciluliti biancastre, a luoghi silicizzate, pervasivamente fratturate. Presenti basalti in “pillow”. Potenza geometrica variabile da alcune decine di metri a alcune centinaia di metri. Contatti ovunque tettonici, sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici.

Presenti lembi di:



- Breccie basaltiche (βb)
- Arenarie e breccie ofiolitiche (bo)
- Basalti in pillow (βp)
- Diaspri (ds)
- Serpentiniti (sr)
- Calcari a Campionelle (CCL)

Si riscontrano nel settore centro settentrionale tra Rio degli Spiaggi – Rio Fontanelle – est di Cà Vai, nell’area occidentale centro settentrionale in sinistra T. Tresinaro circa tra C. Sasso Grosso – C. dei Boschi – Casone Tresinaro; le breccie ofiolitiche sono rappresentate da uno scoglio di piccole dimensioni osservabile in sponda sinistra del Rio delle Viole circa 700 m a sud est San Romano.





UNITÀ STRATIGRAFICHE		SEQUENZE DEPOSIZIONALI	ETÀ (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA
SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	Qc	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE
	SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE		~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO
SINTEMA DI COSTAMEZZANA		Qm	~0.65	
			~0.8	
			~1.0	PLEISTOCENE INFERIORE
			~2.2	
SINTEMA DEL T. STIRONE		P ₁	~3.6	PLIOGENE MEDIO-SUPERIORE
ARGILLE AZZURRE		P ₂		PLIOGENE INFERIORE

 Superficie di discontinuità principale
  Superficie di discontinuità minore

MODELLAZIONE SISMICA

CARATTERISTICHE STRUTTURALI E SISMOTETTONICHE

Le caratteristiche principali dei tipi rocciosi affioranti nella fascia del medio appennino sono diversità di assetto, stile e comportamento tettonico.

Le unità stratigrafiche presenti nella zona a cui appartiene il territorio di Baiso, sono rappresentate in percentuali prevalenti dalla Formazioni e Successioni del Dominio Ligure (70%) ed in subordine della Successione Epiligure (30%). Le prime costituiscono le parti meridionali, centrali e centro settentrionali del territorio comunale, le epiliguri, caratterizzano le zone, centro settentrionali e settentrionali, centrali. Le unità quaternarie continentali, compresi gli accumuli di frana, che rappresentano le litozone generalmente più influenzate dal mondo sismico, rivestono circa il (35%) della superficie comunale.

Le sopracitate unità tettoniche, differenziate durante la fase ligure, nella quale si è verificato lo scollamento dalle successioni stratigrafiche ad esse sottostanti (Formazioni pre-Flysch), costituiscono la struttura a thrust in cui si distingue il susseguirsi di anticlinali sovrascorse ed embriciate vergenti a nord e sinclinali generalmente meno deformate; tali pieghe sono ulteriormente dislocate da faglie dirette, in genere anti appenniniche, che a zone hanno coinvolto anche i depositi delle unità plio-pleistoceniche ed oloceniche.

Detti fattori nella fascia di transizione tra le strutture del margine appenninico, caratterizzato da fasi in sollevamento, e la zona della pianura (dove sono coperte dai depositi quaternari) prevalentemente soggetta a processi subsidenti, hanno generato una fascia di faglie e/o flessure a direzione appenninica, denominata Lineamento Frontale Appenninico nel quale le unità sovrascorse ed embriciate hanno indotto duplicazione delle strutture e coinvolto i depositi pliocenico quaternari.

INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO

L'assetto strutturale delle unità litologiche che formano il territorio di Baiso è complesso e scompaginato, localmente si osservano, nella zona centromeridionale, brachiantichinali strizzate e fagliate con pieghe coricate, alle quali seguono in verso settentrionale, brachisinclinali più o meno asimmetriche con asse orientato ovest – est; successivamente, in direzione nord, si rinvencono nuovamente brachianticlinali strizzate con assi orientati ovest – est, che sono a loro volta seguite, al confine con il comune di Viano dall'omonima sinclinale che presenta asse ovest – est.

Dal punto di vista strutturale, nella fascia dell'appennino reggiano in oggetto, le principali linee tettoniche sono orientate in direzione appenninica (WNW-ESE), e si ubicano in prevalenza immediatamente a sud ed a nord della Successione Epiligure presente tra Baiso capoluogo – Castelvechio – Pietra Cava – Rio Fontanella e San Romano – Visignolo – C. Gazzoli e nel settore occidentale centrale circa tra Castagneto – Cà Talami – Levizzano – Serra di Sotto – Case Serra.

L'assetto strutturale dell'area alla quale appartiene il comune di Baiso è caratterizzato dagli sovrascorrimenti principali a direzione ovest nordovest – est sudest rappresentati dal Fronte di Accavallamento del Basamento, presente a profondità di 11/12 km nel sottosuolo del territorio circa 7/8 km a sud del confine comunale meridionale, dal Fronte di Accavallamento della Successione Carbonatica meso cenozoica riscontrabile 2/3 km a settentrione dal confine con Viano.

Detta conformazione rappresenta la parte attualmente affiorante del thrust che durante il *Miocene* ed il *Pliocene* ha permesso l'embriciazione dell'appennino.

Un altro importante sistema di linee tettoniche è quello trasversale a direttrice antiappenninica sud ovest – nord est del quale i principali sovrascorrimenti a faglie che coinvolgono l'area di Baiso sono la Linea del Secchia che interessa la zona sud orientale del territorio in oggetto circa secondo la direttrice Gatta – Bebbio – Muraglione – Area del Pescarolo e la Linea Carpineti – Cà d'Orsini – C. Vadrina circa corrispondente al T. Tresinaro e quindi interessante la fascia occidentale della superficie comunale.

Alcune delle linee tettoniche sopra descritte sono state influenzate da processi deformativi in periodi pleistocenico olocenici denotando quindi caratteri neotettonici.

Di dette linee quelle di maggior estensione sono rappresentate dalla Linea del Secchia (CNR, P. F. G. S. N; 1983) (*Pleistocene*) e la Linea Cerezola – Bettola – S. Romano; quest'ultima è costituita da uno sovrascorrimento di età mio-pliocenica successivamente riattivatosi (M. Boccaletti, L. Martelli; 2004).

Risulta altresì essere una struttura attiva nel quaternario la linea San Polo – Puianello – San Ruffino – Maranello appartenente alla fascia del fronte di accavallamento degli sovrascorrimenti del Lineamento Frontale Appenninico – Fronte di Accavallamento della Successione Carbonatica meso – cenozoica.

I principali elementi tettonici lineari del sistema dislocativo appenninico che interessano il territorio di Baiso sono:

- *linea Baiso – Fontanella – Roteglia*: è costituita da una fascia di faglie con andamento tra loro subparallelo, larga circa 3 km, che si estende in direzione ovest circa da Immovilla/Montecchio e procedendo verso oriente sino a Bradisnera/Antignola, assumendo un andamento sub parallelo al Rio Giorgella.

• *linea Cerezola – Canossa – Bettola – San Giovanni di Querciola – S. Romano – M. Baranzone*: si estende in direttrice ovest nordovest – est sudest, nella fascia centro settentrionale del territorio comunale, circa secondo la direttrice San Giovanni di Querciola – San Romano.

• *linea Pecorile – Cavazzone – Veggia*: è estesa in direzione ovest nordovest – est sudest ed è ubicata circa 1,5 km a settentrione del confine Baiso – Viano.

• *linea San Polo d’Enza – Puianello – Casalgrande – Sassuolo – Maranello*: si estende in direzione ovest nordovest – est sudest da San Polo a Maranello transitando circa 8 km a settentrione del confine Baiso – Viano.

• *Linea del Secchia*: estesa in direttrice ovest sud ovest – est nord est circa da Collagna a Talada – La Gatta – Bebbio – Muraglione – Area industriale Pescarolo; interessa il territorio di Baiso nella fascia sud orientale estesa in senso sud ovest – nord est, circa secondo l’allineamento Bebbio – San Cassiano – Muraglione.

• *Linea Castelnovo né Monti – Felina – Cigarello – Cà d’Orsini – C. Vadrina*: si estende in direzione ovest sudovest – est nordest da Castelnovo né Monti a Cà d’Orsini ed in verso nord est da quest’ultimo a Cà Vadrina; interessa il settore occidentale centrale del comune di Baiso.

Attività tettonica

Le disamine relative alle strutture profonde redatte nell’ambito dell’elaborazione della *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna (L. Martelli et Alii; 2016)* indicano attività della linea sepolta San Polo d’Enza – Puianello – Casalgrande – Maranello e per analogia anche degli sovrascorrimenti alla stessa sub paralleli che comprendono il Fronte di Accavallamento della Successione Carbonatica meso cenozoica; è inoltre attribuita attività alla Linea del Secchia, a direttrice antiappenninica, quest’ultima in base a studi del CNR – P.F.G.S.N. 1983, è caratterizzata da indizi neotettonici.

Le fasce sismogenetiche composite (*DISS.3.2.1*– <http://diss.rm.ingv.it/diss/>) che interessano il territorio di Baiso sono rappresentate dalla Linea Langhirano – Sassuolo e Linea Bore – Montefeltro – Fabriano – Laga, entrambe direttrice appenninica.

La prima, delimitata dalla faglia attiva che si estende nel sottosuolo dell’allineamento Pilastro – Bannone – Quattro Castella – Fiorano, è caratterizzata da ipocentri con profondità di $2 \div 8$ km e $M_{w_{max}} = 5,9$; la seconda è limitata dalla faglia attiva orientata secondo Terenzo – Calestano – Trinità – Casina – Prignano sulla Secchia ed è contraddistinta da ipocentri tra $-12 \div -22$ km, con $M_{w_{max}} 6,2$, generati da meccanismi

focali compressivi e trascorrenti, quali quelli del 23/12/2008 con epicentri tra Lodrignano e Buvolo ed ipocentri a profondità $-21,7 \div -23,7$ km ed $M_w = 5,4$.

Quanto esposto testimonia che l'attività sismica nell'area in oggetto è prevalentemente correlata alla fascia deformativa dei fronti di accavallamento delle pieghe del medio appenninico e pedeappenniniche.

Le prime di queste appartenenti al fronte compressivo appenninico sono costituite da un sistema di sovrascorimenti/faglie orientati principalmente ovest sudovest – est nord est ed in subordine antiappenniniche sud ovest – nord est, nelle quali gli ipocentri sismici si generano prevalentemente nei primi 20 km del sottosuolo con magnitudo massima stimata nell'appennino settentrionale corrispondente a $M_w=6,0$; le pieghe pedappenniniche anch'esse facenti parte del fronte compressivo pedappenninico sono costituite principalmente da un sistema di faglie che si estende in direttrice ovest nordovest – est sudest, circa secondo l'allineamento S. Polo d'Enza – Vezzano sul Crostoso/Albinea – Rondinara/Scandiano – Sassuolo, assumendo una larghezza variabile tra $1,3 \div 2,5 \div 3,8$ km, con valori minimi nei settori orientali (Sassuolo – Casalgrande), massimi nella zone mediane (Vezzano – Albinea) ed intermedi nelle aree occidentali (Ciano d'Enza – San Polo d'Enza).

In tale fascia sorgente gli ipocentri si originano nei primi 10 km del sottosuolo ed hanno generato sismi con magnitudo stimata $M_w = 5,6 \div 5,9$.

Le analisi relative alle strutture dell'appennino settentrionale sviluppate nel contesto dell'elaborazione della Carta Sismotettonica R.E.R. (*L. Martelli et Alii; 2016*), in territorio di Baiso evidenziano la presenza di 2 epicentri sismici nella zona settentrionale uno dei quali circa tra Casalecchio – C. Spinzagna con profondità di 5 km pc e $M_w = 4,07$, il secondo poco a settentrione di Casale – 0,7 km a sud est di Cassinago – 1,5 km a nord est di Montecchio, con profondità di 6,1 km ed $M_w = 4,51$.

Nell'area circostante Baiso capoluogo per un raggio di 15/20 km sono individuati 9 epicentri, 6 dei quali in sponda orientale del F. Secchia e 3 compresi tra quest'ultimo e la sponda orientale del T. Enza. Il sisma che ha indotto gli effetti maggiori in detta zona è rappresentato da quello di Maranello – Fiorano del 1501 con $M \geq 6$.

Degli eventi sopra indicati quelli in destra Secchia, 2000/2002, distanti 13/19 km, hanno generato $M_w = 3,75 \div 4,21$, a profondità $-18,5 \div -20,5$ km, causati da processi compressivi, fa eccezione il sisma avvenuto in prossimità di Palagano di tipo più superficiale -5 km pc, correlato a processi distensivi e con $M_w = 4,24$; i terremoti in sinistra Secchia sono avvenuti a distanze di circa 20/21 km da Baiso capoluogo e 2 sono stati generati da stress compressivi con fuochi origine a $-22/-23,7$ km ed $M_w = 4,89 - 5,46$ nella zona tra Buvolo e Lodrignano (2008); il terremoto verificatosi in prossimità di Terminaccio, Castelnovo né Monti, 1992, con $M_w = 4,07$ e profondità -9,7 km pc è stato generato da processi distensivi.

Nel territorio in analisi la sismicità è principalmente connessa all'attività dei processi deformativi che interessano le strutture superficiali nei primi 10 ÷ 20 km del sottosuolo, prevalentemente correlati a meccanismi focali compressivi ed in subordine trascorrenti, in percentuale relativa inferiore sono connessi alle deformazioni compressive delle strutture medio profonde e profonde (20 ÷ > 35 km).

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio in oggetto è stato interessato, in epoche passate, da azioni modellatrici che hanno inciso e profondamente modificato le morfologie preesistenti all'*Olocene*.

Gli agenti modellanti di maggior influenza sono stati le acque di scorrimento, la gravità e processi di detensionamento – rammollimento, non da ultimo, l'uomo che, sia in periodi storici che attualmente, ha profondamente variato le forme naturali proprie del territorio in analisi o indotto effetti che hanno modificato le stesse.

L'area in analisi, durante l'ultimo periodo glaciale: *Wurm* era sita al di sotto del limite delle nevi persistenti (stimato prossimo circa a 1500/1300 m slm); nei territori a valle del margine del fronte dei ghiacciai che scendevano dal crinale appenninico (M. te Cusna e Alpe di Succiso) l'aspetto del paesaggio era in parte di prateria alpina con zone a vegetazione praticamente assente, tipico di ambiente morfoclimatico periglaciale, ed in parte con presenza di selva di conifere sostituite nelle zone a quote più basse da coperture arboree ed arbustive a macchia.

I depositi che si erano formati in tali ambienti sono stati praticamente completamente smantellati dalle azioni erosive delle acque e della gravità.

In periodi precedenti all'ultimo glaciale a zone si erano depositati materiali correlabili ad ambiente freddo rappresentati dai sedimenti eolici, attribuibili al *Riss*, quali quelli osservabili nell'area orientale centrale circa tra Massegano e Via Cà d'Ovio attualmente siti a quote più alte di circa 100 ÷ 125 m rispetto al fondovalle del F. Secchia.

Successivamente al *Wurm* e durante l'*Olocene Antico*, le condizioni climatiche sono progressivamente mutate verso situazioni dapprima Boreali e poi Atlantiche, con conseguente scioglimento dei ghiacci e formazione di corsi d'acqua sempre più imponenti. Questi ultimi hanno progressivamente inciso i versanti generando intensi processi di degradazione ed asporto dei terreni i quali in funzione del grado di fragilità delle litozone argilloso argillitiche e brecce argillose, che formano una consistente parte del territorio comunale di Baiso, hanno praticamente eroso completamente i depositi di versante pleistocenici (>12.000 anni b.p.); le unità riconducibili a detto periodo in zona sono rappresentate dai depositi alluvionali ghiaioso sabbiosi delle superfici terrazzate del F. Secchia e T. Tresinaro che sono sopraelevate generalmente di 15/35 m (AES8;

18/20000 anni b.p.) rispetto ai sopracitati assi fluviali con l'eccezione di quelli meno recenti (18/20.000 – 40/50000 anni b.p.; AES7) in sponda meridionale del T. Tresinaro più elevati di 70/80 m rispetto all'alveo dello stesso.

Nelle sopra descritte condizioni climatiche, diverse dalle attuali, si sono evoluti imponenti processi gravitativi, generati da fenomeni di rammollimento e plasticizzazione di litotipi essenzialmente argillosi – argilloso limosi, sia nelle zone di sorgenza per contatto che di saturazione dei pendii e loro fenomeni di erosione che hanno teso a rendere sempre più ripidi i versanti.

Di detti processi, influenzati con tutta probabilità anche da eventi sismici, in considerevole percentuale attivi, alcuni non sono in evoluzione o parzialmente stabilizzati.

Nell'area comunale sono altresì presenti diffusi processi di frana attiva che coinvolgono un'elevata percentuale di territorio (22%) anche con imponenti fenomeni franosi.

I processi di dissesto di maggiori dimensioni presenti nella fascia settentrionale dell'area comunale si riscontrano tra Casalecchio – La Baragalla/Paderna – Confine orientale – S. Romano – Rio dell'Oca – Cà degli Abati.

Sono inoltre rilevabili corpi di frana quiescente per colata di minore volumetria quale l'accumulo che si origina 100 m a nord ovest di Casalecchio e si sviluppa in direzione nord est sino ad est di C. Corti e successivamente in direzione nord interessando il bordo est-nord est del comparto ACA1 sino a 400 m sud di M.no Costi.

Oltre ai suddetti processi gravitativi sono diffusamente presenti altri fenomeni franosi di estensione relativa inferiore, rispetto a quello sopra descritto, ma comunque di rilevante incidenza sulle condizioni locali di stabilità del territorio quali gli accumuli tra la Capanna – S. Giacomo, la frana meridionale del T. Tresinaro 500 m ad ovest di via Borgo Visignolo e quella 300 m ad occidente di detta via, l'accumulo tra C. Corti (200 m ad ovest) e Il Borgo (300 m ad ovest).

PIOVOSITÀ NEL TERRITORIO DI BAISO

In considerazione del grado di influenza dell'andamento della piovosità annuale e dei periodi nei quali si concentrano le precipitazioni meteoriche, sulle condizioni di saturazione idrica dei terreni, e conseguentemente della stabilità dei versanti correlate alla variazione delle pressioni interstiziali, ed all'insorgere di processi di rammollimento, si è redatta un'analisi dell'andamento della piovosità in riferimento sia alle medie trentennali: 1961/1990 ARPA E.R., che a quelle relative al periodo 1991/2015. La stazione meteo più vicina all'area di studio con dati continuativi dagli anni '60 fino ai giorni nostri, risulta essere quella dell'ARPA E.R. Baiso (Lucenta e Tresinaro) ubicata alle seguenti coordinate: lat: 44,50° long: 10,60° altitudine: 542 m. s.l.m. (http://www.arpa.emr.it/sim/pagine/osservazioni_e_dati/climatologia/tabella.php?periodo=trent&variabile=piogge&stazione=0599)

I dati sono stati inseriti manualmente per ogni singolo mese ed anno e rielaborati successivamente per un quadro statistico generale ed affidabile che permettesse un'analisi accurata dell'andamento e della distribuzione delle precipitazioni nei diversi periodi: annuale, mensile, stagionale.

Piovosità trentennale 1961 / 1990

La media delle precipitazioni trentennali corrisponde a circa 838 mm annui e l'andamento delle precipitazioni presenta un andamento bimodale con massimi di afflussi meteorici nel trimestre autunnale (settembre - ottobre - novembre): 260 mm ed un sub massimo primaverile (marzo - aprile - maggio): 236 mm; i minimi di precipitazione si verificano nel periodo estivo giugno - luglio - agosto: 166 mm, con un sub minimo in inverno (dicembre - gennaio - febbraio): 176 mm.

I mesi più piovosi sono aprile, novembre ed ottobre (87 ÷ 90 mm) mentre quelli più siccitosi sono luglio (42 mm) e gennaio (53 mm).

comune di BAISO - (RE)

latitudine: 44.50; longitudine 10.60; altezza: 542;

bacino: SECCHIA - sottobacino: manca

mese	periodo	precipitazione cumulata						massima assoluta	
		n° dati giorni	media (mm)	mediana (mm)	sqm (mm)	min (mm)	max (mm)	mm	giorno
GENNAIO	prima	270	15.3	3.0	14.6	2.2	94.2	39.0	03/01/73
	seconda	270	21.1	11.8	19.8	1.8	63.6	38.0	16/01/87
	terza	297	17.0	12.4	16.3	1.0	67.4	58.8	23/01/73
	mese	837	53.3	34.4	51.9	3.0	186.6	58.8	23/01/73
FEBBRAIO	prima	270	14.5	2.8	14.0	1.0	97.0	55.0	05/02/69
	seconda	270	28.5	17.8	26.7	1.2	107.0	75.4	17/02/79
	terza	222	14.6	5.4	14.0	1.2	76.8	38.4	22/02/63
	mese	762	57.6	50.4	55.9	5.4	155.2	75.4	17/02/79
MARZO	prima	270	28.0	16.2	26.2	1.2	77.4	70.8	08/03/73
	seconda	270	19.0	12.6	17.9	1.8	55.0	40.0	17/03/83
	terza	297	27.3	16.4	25.6	1.0	103.6	46.0	22/03/86
	mese	837	74.3	78.0	72.2	5.8	212.0	70.8	08/03/73
APRILE	prima	270	25.4	16.6	23.6	3.0	62.4	42.6	09/04/65
	seconda	270	33.9	20.0	31.7	1.0	156.8	61.2	16/04/78
	terza	270	30.8	25.6	28.8	2.4	135.6	70.0	24/04/61
	mese	810	90.0	69.0	87.4	8.2	251.8	70.0	24/04/61
MAGGIO	prima	266	22.1	10.6	20.7	1.0	73.6	44.6	01/05/74
	seconda	270	29.4	14.6	27.3	2.0	109.8	45.0	15/05/89
	terza	297	20.1	9.8	18.9	1.0	77.8	30.2	26/05/75
	mese	833	71.6	59.2	69.6	14.6	169.0	45.0	15/05/89
GIUGNO	prima	270	22.0	12.6	21.3	1.4	142.0	98.4	09/06/73
	seconda	270	19.7	9.2	18.7	1.4	66.0	51.2	18/06/81
	terza	270	14.7	6.8	14.2	2.6	107.4	50.8	23/06/81
	mese	810	56.4	38.0	54.9	8.6	195.4	98.4	09/06/73
LUGLIO	prima	270	13.5	4.0	13.1	1.0	60.8	31.0	06/07/63
	seconda	270	16.6	8.0	15.8	2.0	69.8	35.0	11/07/63
	terza	297	11.8	4.0	11.5	1.0	53.4	32.2	31/07/69
	mese	837	41.9	28.4	40.9	8.2	107.8	35.0	11/07/63
AGOSTO	prima	270	13.7	4.4	13.4	2.8	69.4	58.0	10/08/84
	seconda	270	18.0	5.2	17.8	1.0	103.0	72.6	19/08/79
	terza	297	35.5	23.0	33.7	1.4	127.8	85.0	25/08/87
	mese	837	67.2	53.4	65.5	1.0	156.4	85.0	25/08/87
SETTEMBRE	prima	270	31.8	15.0	30.3	1.2	139.8	82.4	04/09/81
	seconda	270	25.6	5.6	24.6	1.0	154.0	65.8	16/09/72
	terza	270	25.6	8.0	24.7	1.0	151.6	88.8	26/09/73
	mese	810	83.1	55.4	80.8	7.0	229.8	88.8	26/09/73
OTTOBRE	prima	270	33.5	10.8	31.4	1.0	104.2	81.2	05/10/90
	seconda	270	29.2	14.2	27.4	2.0	117.8	52.0	16/10/62
	terza	297	24.6	15.4	23.3	1.4	165.0	53.0	26/10/64
	mese	837	87.3	61.8	84.9	1.0	315.8	81.2	05/10/90
NOVEMBRE	prima	270	30.2	11.6	28.4	2.0	111.6	67.0	04/11/66
	seconda	270	24.6	8.6	23.0	2.6	106.8	49.0	12/11/71
	terza	268	35.0	25.0	32.4	9.4	99.2	42.6	29/11/78
	mese	808	89.7	73.6	87.1	4.0	192.6	67.0	04/11/66
DICEMBRE	prima	270	24.4	14.6	23.3	1.6	99.0	75.0	05/12/66
	seconda	270	19.0	5.0	18.0	1.2	71.0	35.0	14/12/63
	terza	297	22.1	15.0	20.9	1.0	101.4	58.0	27/12/67
	mese	837	65.5	59.8	63.8	11.4	133.0	75.0	05/12/66
mese	periodo	precipitazione cumulata						massima assoluta	
		n° dati giorni	media (mm)	mediana (mm)	sqm (mm)	min (mm)	max (mm)	mm	giorno

*Piovosità Baiso 1961 - 1990***Piovosità periodo 1991 / 2015**

La media annuale delle precipitazioni nel periodo 1991 / 2015 corrisponde a circa 780 mm anno e l'andamento delle precipitazioni presenta un andamento bimodale con massimi di afflussi meteorici nel trimestre autunnale (settembre - ottobre - novembre): 263 mm ed un sub massimo primaverile (marzo - aprile - maggio): 202 mm; i minimi di precipitazione si verificano nel periodo estivo giugno - luglio - agosto: 153 mm, con un sub minimo in inverno (dicembre - gennaio - febbraio): 155 mm.

Gli anni più piovosi sono stati il 2014 con 1131 mm e il 2010 con 1098 mm, mentre gli anni più secchi furono il 1998 con 415 mm ed anche il 2000 (452 mm).

I mesi più piovosi in assoluto sono stati novembre 2008 ed ottobre 1992 (circa 215 ÷ 218 mm) e giugno 1994 (229 mm), altri mesi hanno accumulato comunque quantitativi di circa 200 mm (marzo 2013, giugno 2008, novembre 1999); quelli più siccitosi sono stati agosto 2011 e febbraio 1993 (0,2 mm), marzo 1994 e febbraio 2000 (0,6 mm) e gennaio 2000 (1,8 mm). Per quanto riguarda le medie mensili il mese più piovoso è novembre con una media di quasi 100 mm, seguito da marzo (81 mm) ed ottobre (97 mm); il mese più secco è decisamente luglio con soli 27 mm, poi agosto (42 mm), seguiti da gennaio e febbraio (46 ÷ 49 mm).

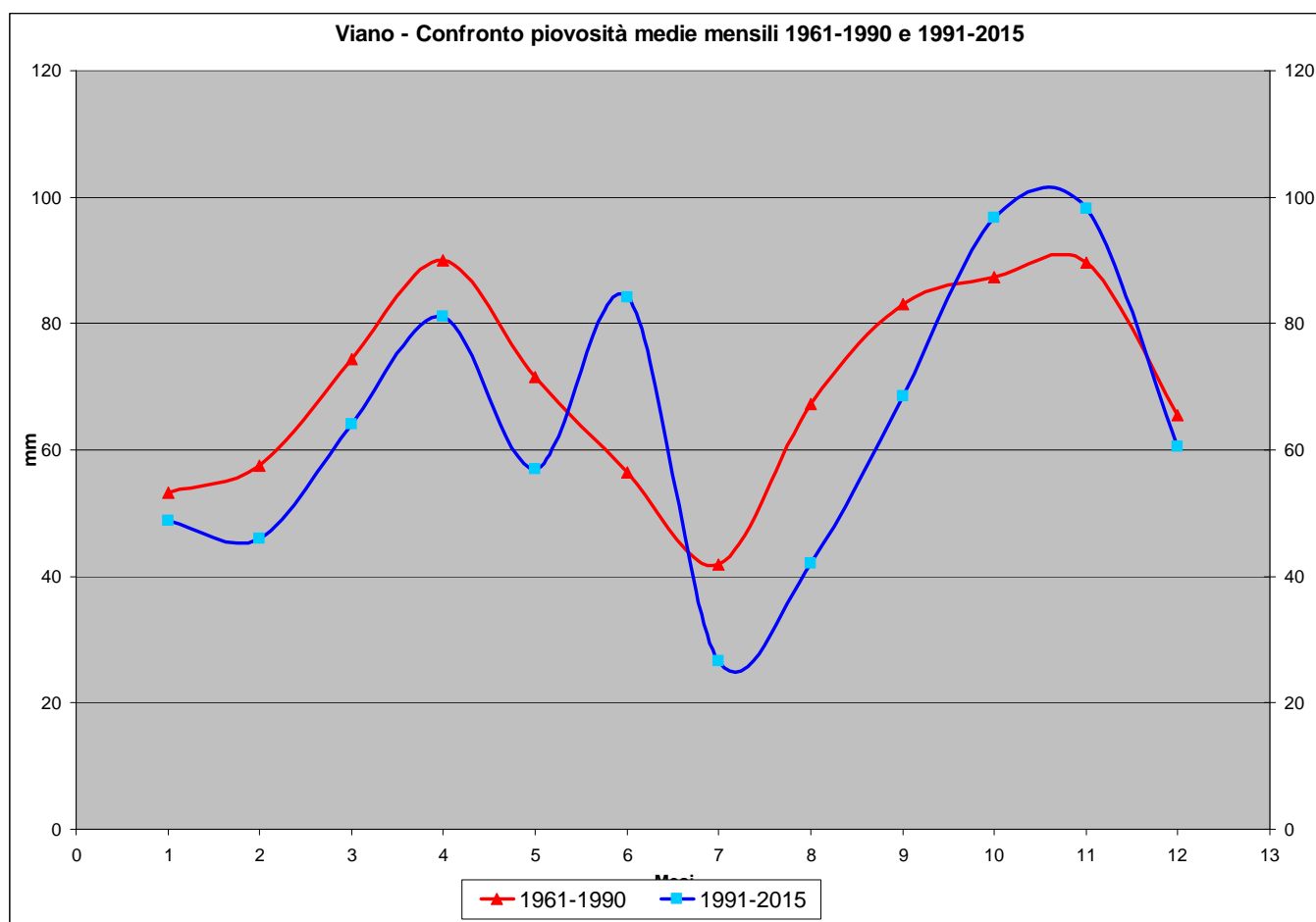
Stazione meteo di Baiso (Lucenta e Tresinaro) - Arpa - 542 m. s.l.m.													
	Lat: 44,5°					Long: 10,6°							
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
1991	30,4	16	33	112,8	82,8	46,6	6,4	17,2	66,8	144,6	126,2	4	686,8
1992	58,2	14,8	2,8	36,2	60,6	131,8	45,2	21,6	38,6	214,4	40,2	113	777,4
1993	1,8	0,2	100,8	81,6	38	18,6	25,8	37,6	73,2	91,4	76,4	30,4	575,8
1994	83,8	32,2	0,6	169,4	34	229	39,2	16,2	141,2	68	68,2	28	909,8
1995	9,4	67	23,6	33,8	89	153	34,2	137,4	75	37,2	50,8	83	793,4
1996	63	62,6	36,6	115	68,2	41,2	3,4	31,6	135,4	154,2	71,2	99	881,4
1997	66	3,6	28,6	61,6	38	175	36,8	25	23,4	31,8	103,2	50,4	643,4
1998	23,2	12,2	36	38,8	68,8	20	2,8	9	89,4	35,6	17,8	60,8	414,4
1999	38	11,2	12,6	56,2	18,2	58	10,2	49,6	65	146	200,8	22	687,8
2000	1,8	0,6	50	61,4	25,4	64,2	10,6	65	12,8	31,8	82,4	46	452
2001													
2002													
2003			32,8	103,2	12,8	27	4,4	30,8	71,2	69,2	130,6	48,6	
2004	36,8	59	76,4	75	67,2	77,8	67,2	36,6	77,2	110,6	151	94,4	929,2
2005	18,6	37,6	50,4	148,6	38,6	28	54	124,8	91,2	159,6	100,6	98,8	950,8
2006	43,8	50	48	45,4	39,4	12,6	15,2	63	152,2	19,8	45,6	43,8	578,8
2007	27	31,2	125,6	23	58,2	162,4	8,4	20,6	45	189,8	54,6	33,6	779,4
2008	45	19,2	54,2	68	144,8	205,2	11,4	1,2	16,4	46,8	218,4	130,4	961
2009	89	45,8	87,6	146,4	11,6	42	25,2	36,6	91,8	52,2	83,6	127,2	839
2010	63,4	78,2	97,8	107,6	104,4	106,4	39,6	83,4	49,4	116,4	142,8	108,2	1098
2011	27,8	58,2	105,2	24,6	19,2	152,8	35	0	28,4	87,8	29,2	26,6	594,8
2012	13,2	91	48,4	95,4	63,2	5,4	24,6	10,6	90,6	109	144,4	55	750,8
2013	110	97,2	198,4	112,4	73,4	13,8	4,4	19,2	40,4	116	111,8	18,4	915,4
2014	176	96	101,6	79,2	99	97	106,4	17,4	62,6	60,2	165,8	69,8	1131
2015	46,6	127,6	122	69,6	54,8	69,4	3	113,8	37,6	132,8	41,8	2,2	821,2
Medie	48,8	46,0	64,0	81,1	56,9	84,2	26,7	42,1	68,5	96,7	98,1	60,6	780,5

Piovosità Baiso 1991 - 2015

Differenze piovosità periodo 1991/2015 e 1961/1990

Come si evince chiaramente dai dati sopra descritti riguardo le medie pluviometriche relative al trentennio 1961/1990 e agli anni più recenti 1991/2015, la media delle precipitazioni annuali è diminuita di circa 65 mm negli ultimi anni (circa il

13% in meno di pioggia rispetto alla 1961/1990). La differenza più sostanziale riguarda la distribuzione temporale delle precipitazioni, che hanno subito una estremizzazione sia verso il basso che verso l'alto, mostrando una differenza notevole nella singola distribuzione mensile delle piogge. I mesi che mostrano il maggior scarto negativo con una riduzione delle piogge rispetto alla media 1961/1990 sono rispettivamente: luglio ed agosto con circa il $36 \div 37\%$ in meno, settembre (-17%) e febbraio (-20%). Gli unici mesi che presentano un surplus pluviometrico sono 3: giugno con circa il 50% in più rispetto alla media 1961/1990, novembre e marzo (+9% \div +14%). Anche i rispettivi trimestri stagionali rispecchiano un andamento altalenante delle precipitazioni: le 2 stagioni col maggior scarto negativo sono l'inverno (-12%) e la primavera (-14%), seguite dal trimestre estivo (calo di circa -8%) rispetto alla media 1961/1990; l'unica stagione rimasta praticamente invariata è l'autunno (+1%). In generale si stanno accentuando i cosiddetti "periodi di estremizzazione climatica" dove a settimane - mesi di generale siccità o pochissima pioggia possono seguire giorni e settimane di pioggia costante o periodi di brevissima durata (ore) durante i quali si possono registrare eventi pluviometrici estremi concentrati in brevi periodi, favorendo così le condizioni di innesco di fenomeni di dissesti idrogeologici, tendenzialmente incrementanti nelle fasce climatiche "attuali".



Caratteristiche idrogeologiche

Il sottosuolo della fascia al bordo settentrionale del territorio comunale, circa compresa tra l'allineamento La Capanna – Casalecchio – Paderna ed il T. Tresinaro, è principalmente costituita da litozone ad alternanze di strati arenaceo pelitici – arenaceo conglomeratici a permeabilità secondaria di grado basso: $k = 10^{-5} \div 10^{-6}$ m/sec, a zone coperte da depositi di versante e di accumulo di frana con presenza prevalentemente di componenti fini, a permeabilità primaria di grado basso/molto basso: $K = 10^{-6} \div 10^{-8}$ m/sec, e nelle fasce adiacenti al T. Tresinaro da depositi alluvionali terrazzati ghiaioso sabbioso limosi – limoso sabbiosi a permeabilità primaria di grado medio basso – medio $k = 10^{-3} \div 10^{-5}$ m/sec.

L'assetto strutturale, scomposto nelle zone a meridione di S. Romano – Visignolo – M. Lusina da linee di sovrascorrimento e faglia, che formano l'ala meridionale della sinclinale di Viano, evidenzia prevalenti immersioni a nord – nord est con angoli di $40^\circ/55^\circ$.

Nei litotipi che costituiscono la fascia di versanti Paderna – S. Giacomo, formati da alternanze arenaceo pelitiche – arenaceo conglomeratiche, l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo è sostanzialmente di grado medio come evidenzia il pattern del drenaggio parallelo correlato a controllo dell'assetto strutturale.

Nei depositi di versante e negli accumuli di frana, prevalentemente costituiti da materiali fini, le infiltrazioni delle precipitazioni meteoriche avvengono principalmente per fessurazioni da escavazione e generalmente saturano i terreni a profondità sottostanti $-4 \div -5$ m dal piano campagna costituendo acquiferi sospesi di tipo non permanente a potenzialità idrogeologica molto bassa – praticamente trascurabile. Dette infiltrazioni negli accumuli di frana generano processi di rammollimento ai quali in occasione di elevato grado di saturazione per precipitazioni intense e prolungate possono conseguire processi di frana e/o di riattivazione di frane quiescenti.

I depositi alluvionali che costituiscono le fasce terrazzate, allungate ai lati del T. Tresinaro, di modesto spessore: generalmente $< 10 \div 15$ m, prevalentemente non sono saturate dagli apporti del corso d'acqua che svolge principalmente effetto drenante rispetto ai terrazzi latitanti e pertanto solo temporaneamente possono costituire locali orizzonti acquiferi a media-medio elevata potenzialità.

Da tali condizioni differiscono le fasce dei terrazzi meno recenti più elevate di $10 \div 15$ m e quelli più antichi (AES7) sopraelevati $60 \div 75$ m rispetto agli alvei di piena ordinaria, soggetti a ricarica idrica per precipitazioni meteoriche e ruscellamento sui versanti e pertanto a potenzialità idrogeologica bassa e variabile stagionalmente.

In funzione di quanto sopra esposto si evince che nelle zone con presenza di depositi di versante e di frana, fasce di terrazzo e letto fluviale di inondazione è opportuno/necessario evitare insediamenti di attività potenzialmente inquinanti o

qualora presenti gli stessi siano dotati di tecniche – opere di presidio ambientale ad elevato grado di protezione.

Le unità litotecniche che costituiscono rocce serbatoio sono rappresentate dalle alternanze di strati arenacei – arenaceo conglomeratici con subordinate intercalazioni di livelli pelitici (RAN2a) ed alternanze arenaceo pelitiche (RAN2 – RAN3/3c) della Formazione di Ranzano.

A dette sequenze, inclinate in direzione settentrionale, soggiacciono a profondità di -100 ÷ -300 m pc le marne argillose di Monte Piano (MMP) a permeabilità praticamente nulla e pertanto l'unità litologica sulla quale possono accumularsi le acque di infiltrazione.

Dette condizioni indicano che potenziali orizzonti acquiferi a media produttività possono essere presenti a profondità di circa comprese tra -80/-100 ÷ -200/-300 m pc.

Dinamica dei versanti

Le forme e processi evolutivi, sia attivi che non, sono e sono stati sensibilmente influenzati dalle erosioni di sponda e di fondo del T. Tresinaro che ha costituito il livello di base per i propri affluenti. Nella zona in oggetto, i tributari di detto torrente che ha interessato il tratto di versante al quale appartiene Borgo Visignolo sono rappresentati dal fosso di incisione allungato in direzione sud nord tra C. Corti e Il Borgo, circa 200/240 m ad est di quest'ultimo, che inizia immediatamente ad ovest di Casalecchio ed il fosso di incisione con analogo orientamento presente circa 300 m ad ovest di via Borgo Visignolo che si origina in prossimità di La Capanna.

L'incisione ad oriente di via Borgo Visignolo ha indotto i processi erosivi che hanno generato i dissesti di frana ora quiescente sul versante in sponda occidentale del fosso, correlati alle più scadenti caratteristiche litomeccaniche delle rocce presenti: a sud di San Giacomo, costituite dalle marne argillose di Monte Piano (MMP) ed alternanze argilloso siltose contenenti in percentuale subordinata sottili strati arenitici delle Argille di Viano (AVI). Dette litozone che sono saturate per emergenze di contatto delle acque che si infiltrano nelle alternanze marnoso calcaree – calcareo arenitiche presenti a sud di Casalecchio-Cà degli Abati, che sono state soggette a processi di saturazione in condizioni climatiche diverse da quelle attuali, hanno generato processi di frana di colata.

Il fronte di quest'ultima è a contatto con un corpo di frana di colata quiescente (ID 60533) avvenuta nel gennaio – febbraio 1973, che ha coinvolto parte della strada ad est – sud est dell'insediamento Il Borgo e dissestato terreni agricoli. Tale processo è stato oggetto di interventi di consolidamento mediante una fitta rete di drenaggio.

MODELLAZIONE SISMICA – PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Inquadramento topografico

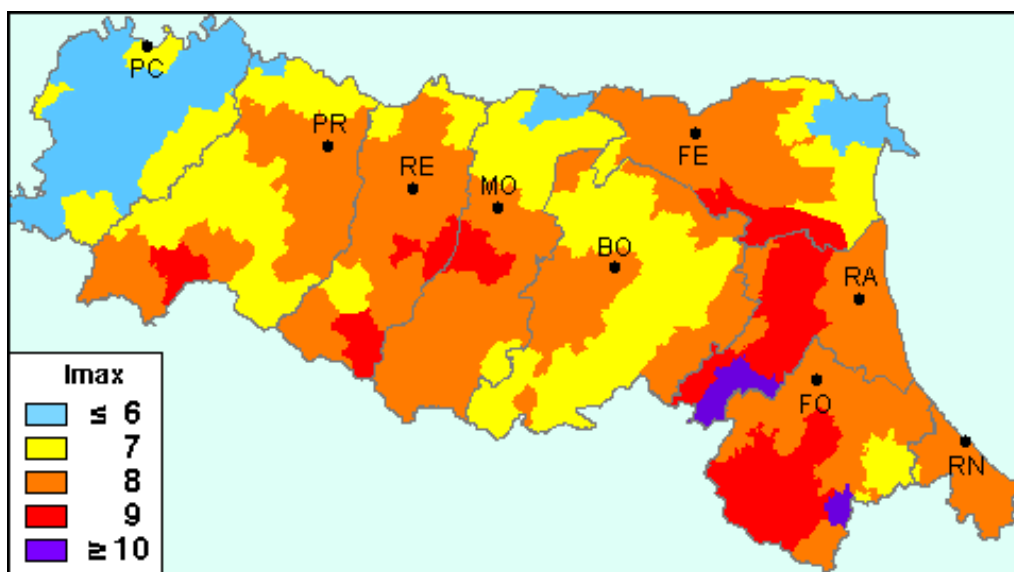
Le coordinate geografiche (ellissoide ED50) relative circa al centro dell'area di intervento corrispondono a:

$$10.632627 \div 44.540229$$

(utilizzate per il calcolo dell'azione sismica – DM 17-01-18)

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Nell'ambito in cui ricade il territorio comunale di Baiso (RE) il catalogo delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA, elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile (*D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996*) documenta eventi sismici giungenti al 8° grado della Scala Mercalli-Cancani – Sieberg, con magnitudo massima corrispondente ad $M = 5,6 \div 5,8$, come evidenziato nella seguente figura:



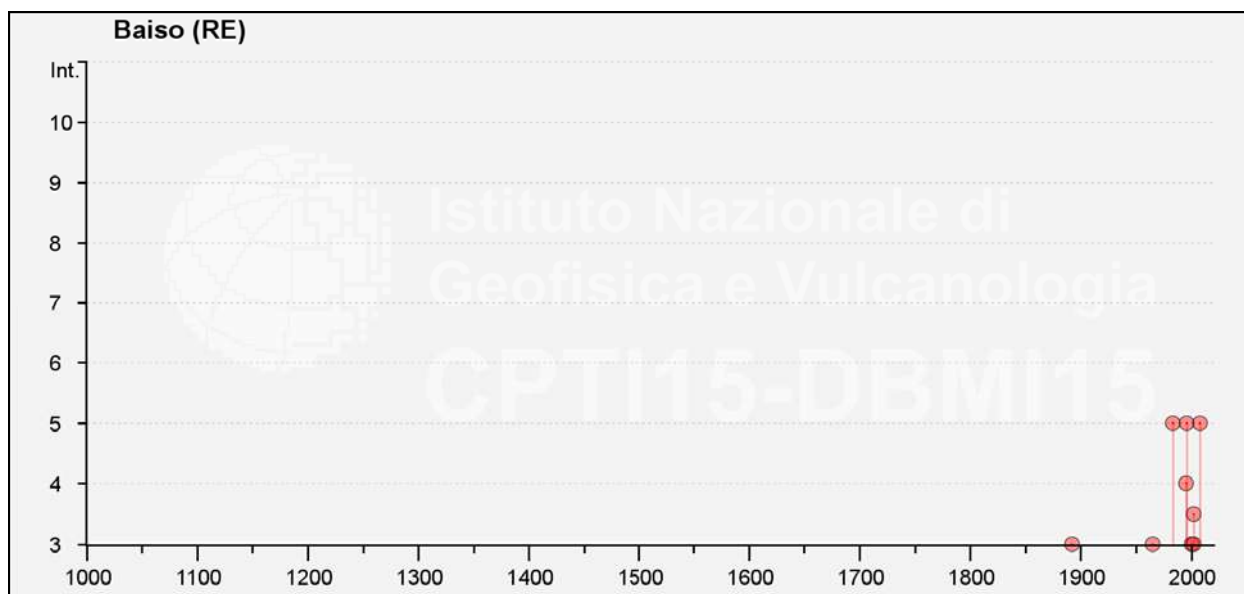
Nell'area a cui appartiene il territorio di Baiso, RE il *Database Macrosismico DBMI15* utilizzato per la compilazione del *catalogo parametrico CPTI15* (a cura di Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>) documenta gli eventi sismici di seguito riportati:

Storia sismica di Baiso

Numero di eventi: 20

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
5	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
4	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
3-4	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
3	1892 05 17 03 08 1	Carpineti	28	5	4.28
3	1965 11 09 15 35	Appennino reggiano	32	5	4.17
3	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
3	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
2	2000 10 03 01 12 3	Frignano	62	5	4.22
NF	1899 06 26 23 17 2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
NF	1986 10 01 19 53 3	Lunigiana	68	5	4.46
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1989 10 03 09 41 3	Appennino parmense	91	4	4.04
NF	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
NF	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
NF	1997 12 24 17 53 1	Garfagnana	98	5	4.33
NF	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
NF	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
NF	2002 11 13 10 48 0	Franciacorta	768	5	4.21

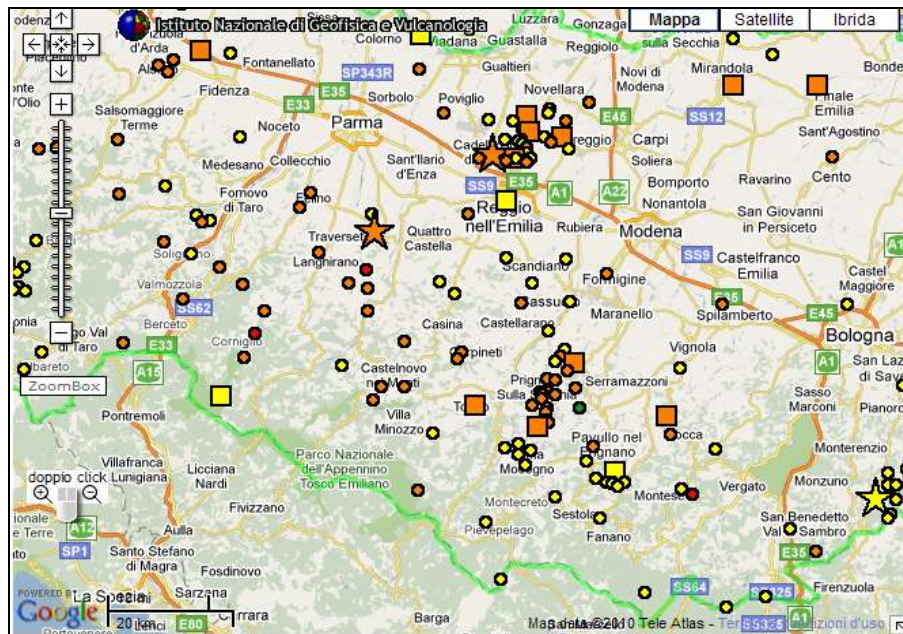
Dove: Io ed Mw = Intensità e Magnitudo sismica epicentrale; Int = Intensità sismica percepita



(tabella e grafico reperiti dall'archivio DBMI11, consultabile al sito internet

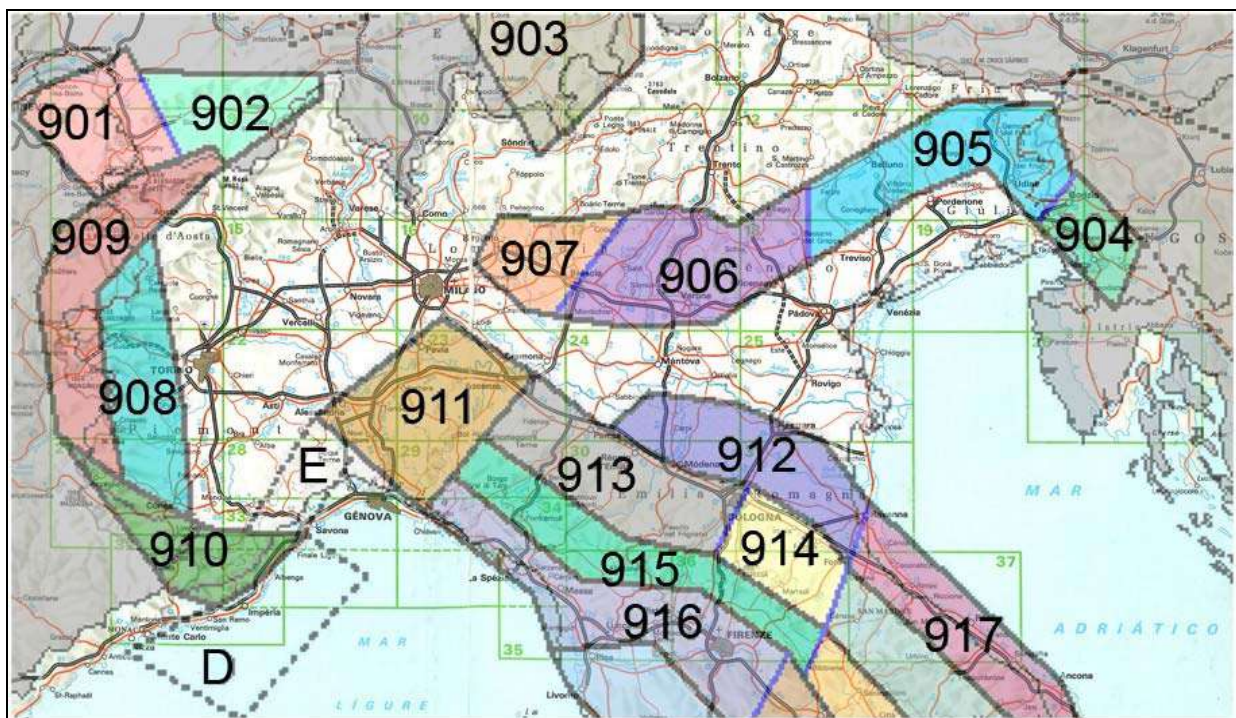
<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>)

In occasione dei sismi che hanno colpito il territorio il 20 e 29 maggio 2012 l'area di Baiso, RE, ha subito effetti inferiori al V° grado MCS (Fonte: "Rilievo Macrosismico MCS Speditivo" –Rapporto Finale – Protezione Civile – Giugno 2012).



Epicentri dei principali terremoti ($M > 3$) rilevati da INGV nell'intorno dell'area di interesse

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'ambito territoriale in oggetto alla zona sismogenetica 913.



Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

ZS	4.76	4.99	5.22	5.45	5.68	5.91	6.14
913	26	13	11	6	4	1	0

Distribuzione degli eventi sismici per classi di magnitudo per la zona 913 (INGV, 2004)

La riclassificazione sismica del territorio nazionale OPCM 3274/2003 attribuisce il comune di Baiso alla zona 3 con grado di sismicità, riferito alla previgente normativa sismica, equivalente agli ambiti con S6.

I parametri di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, a_g , relativi all'area di pertinenza del settore di territorio in esame, in base alla griglia dell'NTC 17/01/2018, sono compatibili con quelli delle classificazioni sopra esposte.

AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO**DM 17/01/2018**

Sulla base delle indicazioni delle NTC di cui al D.M. 17/01/18, per l'area in esame, considerando, strutture di classe II (vita nominale $V_n = 50$ anni, coefficiente d'uso $C_u = 1,0$; $V_r = 50$ anni), risultano i seguenti valori di accelerazione di riferimento al suolo e parametri per il calcolo degli spettri di risposta di riferimento, in funzione dei diversi stati limite considerati:

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c (s)
SLO	30	0.053	2.485	0.249
SLD	50	0.066	2.491	0.263
SLV	475	0.160	2.455	0.286
SLC	975	0.201	2.462	0.295

dove:

SLO = Stato limite di operatività; $P_{vr} = 81\%$ SLD = Stato limite di danno; $P_{vr} = 63\%$ SLV = Stato limite di salvaguardia della vita; $P_{vr} = 10\%$ SLC = Stato limite di prevenzione del collasso; $P_{vr} = 5\%$ a_g = accelerazione massima di riferimento al suolo F_0 = fattore di amplificazione T_c = inizio del tratto orizzontale dello spettro di risposta**D.G.R. E.R. 630/2019**

Il valore della a_g di riferimento, con probabilità di eccedenza dell'evento sismico del 10% in 50 anni, riportato nell'allegato A4 della Delibera della Giunta Regionale Emilia Romagna n° 630/2019, per l'area in analisi, corrisponde a

$$a_{refg} = 0,160 \text{ g}$$

ZONAZIONE SISMICA Q.C. PTCP

Le analisi di zonazione sismica redatte nel contesto del QC PTCP RE 2010, negli elaborati Tav. P9a – 218NE Effetti Attesi e Tav P9b – 218NE Livelli di Approfondimento, classificano il tratto di versante al quale appartiene l'Ambito ACA1 come classe E con presenza di substrato a comportamento rigido (Tav. P9a) per la quale sono richiesti approfondimenti per effetti della topografia che nella Tav. P9b sono previsti di secondo livello.

MICROZONAZIONE SISMICA TERRITORIO DI BAISO

Le analisi di Microzonazione Sismica di secondo livello del comune di Baiso (*Centrogeo Survey, 2018/2020*) nella carta Delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) classificano il settore di territorio di Borgo Visignolo, al quale appartiene l'ambito ACA1 come: Zona Stabile Suscettibile di Amplificazioni Locali, costituita da depositi eluvio colluviali argilloso limoso sabbiosi contenenti clasti lapidei a granulometria ghiaiosa con spessori di 4/6 m, su substrato ad alternanze arenacee – arenaceo pelitiche a medio – medio basso grado di fratturazione sino a -20 m pc seguite da substrato a comportamento non rigido con $V_s \leq 600/700$ m/sec (RAN2/2a–RAN3); per dette caratteristiche sono richieste valutazioni del coefficiente di amplificazione litologico stratigrafico e nel caso di pendenze $>15^\circ$ valutazione del coefficiente di amplificazione per effetti della topografia, con analisi di approfondimento di II° livello (DGR 639/2019).

PROSPEZIONI GEOFISICHE

Per l'individuazione dell'assetto litostratigrafico e variazioni delle geometriche laterali e verticali delle unità litotecniche che costituiscono il settore di versante sede dell'ambito ACA1 – Borgo Visignolo, nel quale sono presenti depositi eluvio – colluviali prevalentemente limoso argillosi per spessori di 4÷5/6 m a caratteristiche di resistenza meccanica media – medio elevata, sostituiti al limite orientale – sud orientale da depositi di accumulo di frana quiescente principalmente limoso argillosi con spessori di 4/5 m a caratteristiche geotecniche scadenti, seguiti da materiali a medie caratteristiche di resistenza meccanica sino a -7/-8 m pc, ai quali soggiace il substrato roccioso a medio grado di fratturazione, sono state effettuate 4 prospezioni geofisiche con sismica a rifrazione, con acquisizione ed elaborazione dei segnali sismici con metodo in tomografia 2D.

Negli stendimenti dei profili sismici eseguiti con metodo coniugato, estesi sud – nord ed ovest – est, effettuati secondo la direzione di massima pendenza del versante, sono state generate onde sismiche di compressione (onde P).

Nel contesto di tali indagini, per definire le caratteristiche di risposta sismica dei litotipi che formano il versante, sono state eseguite 4 prospezioni a rifrazione con registrazione delle velocità di propagazione delle onde di taglio, con metodo integrato passivo/attivo Re.Mi/MASW; dette indagini sono state implementate da tre acquisizioni a stazione singola per determinare le frequenze proprie di vibrazione del sottosuolo, finalizzate ad individuare i principali contrasti di impedenza identificanti il passaggio al substrato roccioso più consistente, con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Gli stendimenti sismici a rifrazione e le indagini ReMi/MASW sono state effettuati utilizzando un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica *GEOMETRICS GEODE*, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria da 4,5 Hz, disposti ad interassi di 2 m, in tutti i profili, sviluppate con lunghezze di indagine delle antenne di acquisizione di 96 m.

Il metodo coniugato ha consentito di registrare i dati sismici con procedura equivalente a stendimenti con 48 geofoni di acquisizione. L'energizzazione nel terreno è stata effettuata con una mazza da 10 kg battente su piastra metallica in alluminio resa solidale al terreno. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni generando 11 impulsi di cui 7 interni e 4 esterni in ogni singola base.

Le determinazioni della frequenza fondamentale dei terreni sono state effettuate mediante acquisizioni di microtremori con sismometro *SARA mod. GeoBox* a dinamica di 24 bits dotato di geofono tridirezionale con frequenza propria di 4,5 Hz ed analogo

sismometro *TROMINO*; i dati registrati sono stati elaborati con tecnica HVSR mediante software *Grilla*.

L'ubicazione delle indagini in sito è visualizzata nell'allegata Tav. 6 ed i risultati ottenuti dalle elaborazioni negli allegati profili in tomografia sismica, schede MASW/Re.Mi., HVSR.

Possibilità e limitazioni della prospezione sismica

Le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo.

Nella prospezione sismica a rifrazione si utilizza la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali basata sul principio che le onde di compressione e dilatazione (onde P) sono onde elastiche più veloci di propagazione nel sottosuolo rispetto alle onde di taglio o trasversali (onde S).

Le velocità di avanzamento dei treni d'onda dipendono dalle caratteristiche elastiche di un determinato litotipo ed in particolare dai moduli di *Young*, *Poisson*, di incompressibilità, di rigidità, della densità e del grado di saturazione dei materiali che influisce sulle onde P incrementandone i valori; detti effetti dipendono inoltre sia dalle geometrie delle strutture attraversate che di quelle ad esse circostanti.

Tali limitazioni sono mitigate dalle procedure di elaborazione con i metodi di inversione pseudo 2D ed elaborazione con tecnica WET.

Prospezioni basi in tomografia sismica

I sismogrammi registrati su memoria di massa, sono stati oggetto di picking, determinando i primi arrivi (ritardo tra il momento di energizzazione e l'arrivo del treno d'onda generato a ciascun geofono) con un'approssimazione soggettiva di ± 1 millisec.

Mediante la relazione tra il ritardo e la distanza tra la sorgente ed il singolo geofono, per ogni energizzazione effettuata, è stato definito il grafico delle dromocrone. Da queste, mediante l'ausilio di uno specifico software, basato sul metodo di inversione pseudo 2D denominato "*Delta-t-v method*" (*Gebrande e Miller*, 1985), è stata ottenuta una pseudosezione 2D velocità - profondità.

Il "*Delta-t-v method*" non richiede la mappatura dei rifrattori: i dati utilizzati sono i parametri sismici, la geometria dell'acquisizione ed il picking dei primi arrivi.

Successivamente i risultati sono stati elaborati con la tecnica *WET* (*wavepath eikonal travelttime* – *Schuster*, 1993; *Watanable*, 1999), che utilizza il concetto del "*volume di Fresnel*", definito come l'insieme delle onde che hanno tempi di percorso differenti per un massimo di mezzo periodo. In questo volume i tempi di percorso sono calcolati dalla sorgente al ricevitore e viceversa. Infatti avendo le onde sismiche una frequenza abbastanza definita, la loro propagazione è influenzata non solo dalle strutture

attraversate ma anche da quelle circostanti il loro tragitto, che determinano effetti di diffrazione o formazione di zone d'ombra.

L'algoritmo per l'inversione WET opera come di seguito esposto:

- Utilizza un modello iniziale di velocità con risoluzione dell'*eikonal equation*, con il metodo alle differenze finite (al fine di determinare il ΔT residuale tra i tempi di primo arrivo osservati e quelli calcolati alle differenze finite).
- Definisce un fattore arbitrario "R" (funzione della frequenza della sorgente) in tutti i punti del mezzo analizzato in funzione delle varie posizioni delle sorgenti e dei ricevitori.
- Aggiorna il modello di velocità e ripete gli step precedentemente definiti, in maniera iterativa, fino alla convergenza tra i dati ottenuti e quelli rilevati.

I risultati ottenuti dalle elaborazioni dei dati acquisiti sono riportati negli allegati profili sismici: BS1 – BS2 e BS3 – BS4, che visualizzano i valori e l'andamento, sia sulla verticale che sull'orizzontale, dei valori delle velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione V_p in funzione della profondità degli orizzonti sismotecnici rispetto al piano campagna.

SUCCESSIONI GEOLOGICO TECNICHE -SISMICHE**Stendimento sismico BS1- BS2**

Lunghezza: 98 m, 24+24 geofoni con passo intergeofonico di 2,0 m

Direzione: sud – nord

Quota: 291,7 – 271,9 m slm

Rilevazione onde di compressione (Onde P)

Profondità	Successione sismostratigrafica
Da piano campagna a -1,5 ÷ -2,0/-2,5 m p.c.	<p>Unità con velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione compresa tra $V_p = 200$ e 400 m/sec e velocità delle onde sismiche di taglio oscillanti tra $V_s = 100$ e 190 m/sec, correlabile a materiali a granulometria argilloso limosa a medio – medio basso grado di addensamento; costituisce l'orizzonte più superficiale a moderata variabilità laterale in spessore.</p> <p>La potenza minore, corrispondente a $1/1.5$ m, si riscontra nella parte meridionale: progressive 0/30 (zona cocuzzolo) e progressivamente aumenta in direzione nord, attestandosi a $2.0/2,5$ m tra le progressive 30/65; successivamente procedendo in verso settentrionale diminuisce a $1,5$ m: progressive 65/98, mantenendo praticamente spessore costante. Presenta inclinazione nord $>5^\circ$ nella parte meridionale del profilo: progressive 0/30 (zona cocuzzolo) e procedendo in direzione settentrionale aumenta a $12^\circ/14^\circ$ progressive 30/98.</p>
Da -2,0/-2,5 m a -3/-4 ÷ -6 m p.c.	<p>Orizzonte con velocità delle onde di compressione compresa tra $V_p=400$ e $600/800$ m/sec, e velocità delle onde di taglio $V_s = 200/270$ m/sec, correlabile a materiali a granulometria limoso sabbioso fine – limoso argillosa con presenza poco diffusa di clasti lapidei, a medio basso – medio grado di consistenza; tale unità è caratterizzata da medio grado di variabilità laterale in potenza ed in profondità.</p> <p>Gli spessori corrispondono generalmente a $2/2,5$ m nel tratto meridionale: progressive 0/25 ed incrementano gradualmente a $3/4/4,5$ m procedendo in direzione settentrionale progressive 26/60; successivamente in verso nord diminuisce a spessori a $3/3,5$ m, progressive 61/98. Si rinviene sino a profondità di $-4/-4,5$ m nella parte meridionali progressive 0/30 dove assume inclinazione alla base che aumenta da 5° e 10° in direzione nord; dalla progressiva 31 alla 60 è rinvenibile $4,5/6,5$ m pc con inclinazione della base di $15^\circ/20^\circ$ che si attenua in verso nord; successivamente procedendo nella medesima direzione si attesta a $-4/-5$ m pc. assumendo inclinazione di $15^\circ/10^\circ$ che si riduce in verso settentrionale.</p>

Profondità	Successione sismostratigrafica
Da -3/-4 ÷ -6 m a -4,5/-5 (sud) ÷ -7/-7,5 (nord) m pc	Unità con velocità delle onde di compressione variabile tra $V_p=600/700$ e 900 m/sec e velocità delle onde di taglio oscillante tra $V_s=270 \div 390$ m/sec, caratterizzata da pronunciata variabilità laterale in spessore; è correlabile a materiali a granulometria limoso sabbioso fine argillosa con clasti litici ed a substrato roccioso detensionato a media consistenza; gli spessori oscillano tra $1,5/2$ m nella zona meridionale: progressive 0/25, aumenta a $3/4$ m in direttrice nord: tra le progressive 26/65; successivamente più a nord progressive 65/98 giunge a $4/4,5$ m di spessore. Si riscontra sino a profondità di -4/-5 m pc nella zona meridionale: progressive 0/25 dove presenta inclinazione alla base di $5^\circ/8^\circ$ a nord; dalla progressiva 26 alla 65 si rileva sino a -7/-7,5 m pc assume inclinazione di $15^\circ/20^\circ$ a nord; dalla progressiva 66 alla 98 si attesta -7/-7,5 m pc con inclinazione della base di $5^\circ/10^\circ$ che diminuisce in verso settentrionale.
Da -4,5/-5 (sud) ÷ -7/-7,5 (nord) m a -6/-9 (sud) ÷ -10/-12 (nord) m p.c.	Orizzonte con velocità delle onde di compressione compreso tra $V_p=900 \div 1200$ m/sec correlabile a substrato arenaceo – arenaceo pelitico detensionato; gli spessori variano in media tra 2 e 4 m nel tratto meridionale, progressive 0/25; procedendo in direzione nord aumenta a $4/5$ m tra le progressive 26/65 e successivamente si attesta a $5/5,5$ m sino alla progressiva 98. Si rinviene sino a profondità -5/-10 m nel tratto sud: progressive 0/25, dove presenta inclinazione alla base variabile $15^\circ/18^\circ$ a nord; tra le progressive 26/65 si rileva sino a -9/-10,5 m pc ed ha inclinazione alla base di 15° a nord; successivamente sino alla progressiva 98 si attesta -11/-12 m pc con inclinazione alla base di $10^\circ/12^\circ$ rivolta a nord .

Profondità	Successione sismostratigrafica
Da -6/-9 m (sud) ÷ -10/-12 m (nord) a -15/-20 m pc	<p>Orizzonte a pronunciata variabilità laterale in spessore compreso tra 13/14 m e 20 m, nella parte sud a tra 5 e 8 m nel settore centrale e settentrionale e nella zona nord occidentale; è correlabile a substrato ad alternanze arenacee – arenaceo pelitiche a medio grado di fratturazione, con velocità delle onde di compressione comprese tra $V_p=1200/1800$ m/sec e velocità delle onde di taglio oscillante tra $V_s=390÷450/490$ m/sec.</p> <p>Gli spessori variano in media tra 10 e 15 m nel tratto sud: progressive 0/30 con presenza di un'inversione di velocità tra le progressive 27/34 e con riduzione in spessore a 5/9 m; in direzione nord diminuisce in potenza da 9 a 5 m tra le progressive 35/65; successivamente assume spessore di 6/7 sino alla progressiva 98. Si rinviene sino a profondità di -20/-15 m nel tratto sud: progressive 0/25 dove è sub orizzontale; si attesta a -15/-19 m dove presenta inversione di velocità progressive 27/34; giunge a -17-15 m pc nel settore centrale: progressive 30/35 ed ha inclinazione alla base da 10° a 15° a nord; successivamente in verso settentrionale sino alla progressiva 98 si approfondisce a -17/-19 m pc con inclinazione che varia da 30° a 15 ° diminuendo in direzione nord.</p>
Da -15/-20 m (nord) ÷ -15/-19 m (sud) a -22/-27 (sud-centro) ÷ -22/-25 m pc (nord)	<p>Orizzonte a pronunciata variabilità laterale in spessore compreso tra 6,5 e 10 m nella parte sud: progressive 0/45, potenza tra 7 m e 12 m nella zona centrale: progressive 47/56, spessore tra 9 e 6 m nel tratto settentrionale; è caratterizzato da $V_p=1800÷2600$ m/sec e $V_s=450/490$ m/sec, è correlabile a substrato ad alternanze arenaceo – arenaceo pelitiche a medio basso grado di fratturazione.</p> <p>Nel tratto meridionale: progressive 0/45 presenta inclinazione di 10°/15°; tra le progressive 47/56 l'aumento in spessore evidenzia una variazione litologica con incrementi in componenti pelitiche e/o del grado di fratturazione; della progressiva 57 alla 98 presenta inclinazione di 20° a nord.</p> <p>Si rinviene sino a profondità -24/-27 m nel tratto meridionale: progressive 0/45, sino a -26/-27 m nella parte centrale: progressive 47/56; si rileva sino a -22/-25 nella zona nord progressive 56/98.</p>
>-22 ÷ -27 m pc	<p>Orizzonte con velocità delle onde di compressione variabile tra $V_p=2700÷3600$ e velocità delle onde di taglio oscillante tra $V_s=520÷580$ m/sec correlabile a substrato ad alternanze arenacee – arenaceo pelitiche consistente a basso grado di fratturazione.</p>

Stendimento sismico BS3- BS4

Lunghezza: 98 m, 24+24 geofoni con passo intergeofonico di 2 m

Direzione: ovest – est

Quota: 285 – 268,8 m slm

Rilevazione onde di compressione (Onde P)

Profondità	Successione sismostratigrafica
<i>Da piano campagna a -1,5/-2 ÷ -3 m p.c.</i>	<p>Unità con velocità di propagazione delle onde sismiche compresa tra $V_p=200$ e 400 m/sec e velocità delle onde sismiche di taglio oscillante tra $V_s=100/170$ m/sec, a moderata variabilità laterale in spessore; è correlabile a materiali a granulometria limoso argillosa – limoso sabbiosa a grado di consistenza basso – medio basso che costituiscono l'orizzonte più superficiale.</p> <p>Lo spessore varia tra 1,5/2 m nella parte occidentale e centrale: progressive 0/45, aumenta a 2,5/3,0 m nel tratto centrale ed orientale: progressive 45/98; l'inclinazione della base è rivolta ad ovest con angoli di 15° nella parte occidentale: progressive 0/15; presenta assetto sub orizzontale nel tratto ovest tra le progressive 15/30, la pendenza varia tra 20° e 15° verso nord con diminuzione in tale direzione nel settore centrale ed orientale progressive 35/98.</p>
<i>Da -1,5/-2 ÷ -3 m a -3 ÷ -5/-6 m pc</i>	<p>Orizzonte a moderata variabilità laterale in spessore caratterizzato da velocità delle onde di compressione comprese tra $V_p=400/600/700$ m/sec, e velocità delle onde di taglio oscillante tra $V_s=350/370$ m/sec; è correlabile a materiali con granulometria limoso argilloso sabbiosa con rada presenza di clasti lapidei, a medio – medio elevato grado di consistenza ad eccezione dell'estremità orientale dove presentano grado di consistenza basso – molto basso.</p> <p>Gli spessori variano tra 1,5 e 2 m nel tratto occidentale: progressive 0/15 aumentano a 3/3,5 m in direzione orientale: progressive 15/45; si assottiglia a 3/2,5 m in direzione nord: progressive 45/98. Si riscontra sino a profondità di -3 m pc nel tratto iniziale occidentale progressive: 0/15 con immersione di 10° ad ovest; tra le progressive 15/25 giunge a -4/-5 m e presenta inclinazione di $5^\circ/10^\circ$ a nord, incrementa a profondità di -6 con pendenza di $10^\circ/20^\circ$ nella zona centrale progressive 25/50; si innalza a -5/-4,5 m con inclinazione di $18^\circ/15^\circ$ che diminuisce in verso nord nel tratto orientale: progressive 50/98.</p>

Profondità	Successione sismostratigrafica
Da -3 ÷ -5 / -6 m a -4/-7 m pc	<p>Orizzonte a pronunciata variabilità laterale in spessore caratterizzato da velocità delle onde di compressione compresa tra $V_p=600/700$ e 800 m/sec e velocità delle onde di taglio oscillanti tra $V_s=350/370$ m/sec; è correlabile a materiali limoso argilloso sabbiosi con clasti lapidei, a medio – medio elevato grado di consistenza ad eccezione dell'estremità orientale dove il grado di consistenza è basso – molto basso.</p> <p>Gli spessori variano in media tra 1 e 2 m nel tratto occidentale: progressive 0/15, aumentano a 2 m nella zona occidentale centrale: progressive 15/55, successivamente si assottigliano a 2/1,5 m con diminuzione in verso orientale.</p> <p>Si rinviene sino a profondità di -3,5 m nel tratto iniziale occidentale: progressive 0/15 dove presenta inclinazione alla base di 15° rivolta ad ovest; si approfondisce a -5/-7 in direzione orientale: progressive 15/30 con pendenza dapprima sub orizzontale: progressive 15/23 e successivamente di 10° ad est; si innalza a -6/-5,5 m pc con inclinazione di $15^\circ/18^\circ$ ad est nella zona centro orientale progressive: 55/70 e si attesta a -5 m pc con pendenza di 10° nel settore orientale: progressive 70/98.</p>
Da -4/-7 m a -6,5/-9 m pc	<p>Unità a moderata variabilità laterale in spessore, contraddistinta da velocità delle onde di compressione con valori compresi tra $V_p=800$ e 1200 m/sec e velocità delle onde di taglio oscillante tra $V_s=350/370$ m/sec, correlabile ad alternanze arenaceo – arenaceo pelitiche detensionate ad eccezione dell'estremità orientale: progressive 85/98 dove sono sostituite da limi argillosi a medio basso grado di consistenza; si riscontrano spessori di 2/3 m nel tratto iniziale occidentale: progressive 0/10, che aumentano a 4/5 nel tratto occidentale progressive 10/20; si assottiglia a 2,5/3 m nella zona centrale: progressive 20/60 e successivamente in direzione nord diminuisce a 1,5 m: progressive 60/98. Si rinviene sino a -5 m pc nel tratto iniziale occidentale: progressive 0/7 dove la base è sub orizzontale, si approfondisce a -8/-9 m pc mantenendosi sub orizzontale tra le progressive 7/25; incrementa a profondità di -9/-9,5 m pc con pendenza della base di $10^\circ/15^\circ$ rivolta ad est nel settore centrale: progressive 25/50; successivamente si innalza a -8/-7 m pc con diminuzione in direzione orientale assumendo inclinazione di $15^\circ/10^\circ$ ad est che si riduce in verso orientale.</p>

Profondità	Successione sismostratigrafica
<i>Da -6,5/-9 m a -11/-14 m nel tratto occidentale a -8/-10 m pc nel settore orientale</i>	<p>Unità a pronunciata variabile laterale sia in spessore che della velocità delle onde di compressione compresa tra $V_p=1200\div1600$ m/sec e velocità delle onde di taglio oscillante tra $V_s=350/450$ m/sec, correlabile a substrato ad alternanze arenacee – arenaceo pelitiche detensionate.</p> <p>Gli spessori variano in media tra 4/5 m del tratto iniziale occidentale progressive 0/15 e procedendo in direzione est diminuiscono a 3/4 m: progressiva 15/35; successivamente in verso orientale si riducono gradualmente da 3 m a 2 m: progressive 35/98; si rinviene sino a profondità di -14 m nel tratto occidentale progressive 0/15 dove presenta inclinazione alla base di 30° ad ovest, si innalza a -11 m pc nel settore occidentale tra le progressive 15/30 dove la base è sub orizzontale; successivamente in direzione est si approfondisce a -12,5/-11,5 m con diminuzione in verso orientale e presenta inclinazione di 15°/20° nella stessa direttrice: progressive 30/50; procedendo in senso est si innalza gradualmente da -10 m a -8 m pc con pendenza della base che diminuisce da 18° a 15°/10° in verso orientale.</p>
<i>Da -11/-14 ÷ -8/-10 m a -18 m pc</i>	<p>Unità a pronunciata variabilità laterale della velocità delle onde di compressione compresa tra $V_p=1600/2200$ m/sec. nella parte ovest: progressive 0/28, tra $V_p=1600/1800$ m/sec. nella zona occidentale centrale: progressive 28/45, tra $V_p=1600$ e $2200/3000$ m/sec nel settore centro orientale – orientale: progressive 45/98; la velocità delle onde di taglio oscilla tra $V_s=450/490$ m/sec nella parte occidentale: progressive 0/28; è correlabile ad alternanze arenaceo pelitiche a medio basso grado di fratturazione; nella zona centrale: progressive 28/45 la diminuzione dei valori di V_p è attribuibile ad un incremento del grado di fratturazione; l'aumento dei valori di V_p nei tratti centro orientali ed orientali è correlabile ad un arricchimento in alternanze arenacee ed a diminuzione del grado di fratturazione che passa a basso. Nel settore centro orientale – orientale l'inclinazione degli strati varia tra 15° e 10° con diminuzione ad est.</p>

Analisi di insieme prospezioni in Tomografia Sismica 2D

Le prospezioni evidenziano la presenza di una prima unità litotecnica a basso grado di consistenza, a spessore moderatamente variabile sia in direzione nord che est, contraddistinta da $V_p=200/400$ m/sec. e $V_s=100/170$ m/sec. Tale orizzonte assume gli spessori inferiori: 1/2 m nel settore meridionale occidentale del comparto ACA1 sino ad una distanza di 45/50 m rispetto a detto limite e tende ad aumentare in direzione nord.

Successivamente si riscontra un orizzonte a medio medio/basso grado di consistenza con $V_p=400/800$ m/sec e $V_s=200/350$ m/sec, con spessore che presenta i valori minimi nel settore meridionale occidentale del comparto, che aumentano in direzione orientale.

Dette unità presentano un assetto sub orizzontale nella zona meridionale occidentale dell'area in esame sino a distanza di 20/25 m dal limite di proprietà sud ovest.

Successivamente la base delle stesse è caratterizzata da inclinazioni medie variabili tra 20° e 10° in direzione nord con diminuzione nello stesso verso; d'altra parte in direttrice orientale le pendenze della base variano tra 25° e 15° con diminuzione ovest.

La successione degli orizzonti sismotecnici con valori di V_p sino a 1200 m/sec e $V_s=270\div350/390$ m/sec che segue evidenzia assetti equivalenti a quelli soprastanti con tendenziale aumento in spessore e profondità in direzione nord e diminuzione degli stessi in direzione orientale.

Alle profondità sottostanti -12/-14 m p.c. la geometria delle isolinee della velocità delle onde di compressione denota una variazione laterale delle caratteristiche litologiche correlabile alla presenza della fascia di transizione tra le alternanze arenaceo pelitiche di RAN2 e quelle prevalentemente arenacee di RAN2a e al loro assetto strutturale che in tale zona, 35/40 m a nord del limite di proprietà sud/ovest e 30/40 m ad est del bordo dello stesso, è con tutta probabilità interessato anche da incremento del grado di fratturazione; detta condizione può indurre effetti localizzati di incremento dell'amplificazione sismica.

PROSPEZIONI SISMICHE INTEGRATE ATTIVE - PASSIVE

In riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale ed a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018, per determinare l'azione sismica e la categoria del suolo di fondazione, sono state eseguite quattro prospezioni geofisiche con metodo integrato passivo-attivo (Re.Mi./MASW), per la rilevazione della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs, ubicate come da planimetria allegata.

Le prospezioni sono state effettuate con un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica *GEOMETRICS GEODE*, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 2 m per lunghezze totali pari a 46 m.

Nella procedura del “metodo attivo” le onde superficiali sono generate mediante una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e sono registrate da uno stendimento lineare costituito ricevitori posti a distanza costante.

Il procedimento del “metodo passivo” presenta caratteristiche geometriche dello stendimento uguali a quelle del sistema attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (microtremore) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche esaminano bande spettrali differenti: il metodo attivo consente di acquisire in modo dettagliato una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni relative alla parte più superficiale del sottosuolo (fino a circa 10-20 m di profondità); il metodo passivo permette di determinare e definire una curva di dispersione nelle bande di frequenza tra 2 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi.

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 2 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30–100 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento.

Nell'esecuzione della prova MASW (attiva) come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). La sorgente è stata posta ad una distanza di 6 e 10 m dal primo geofono (“Optimum Field Parameters of an MASW Survey”, *Park et al., 2005; Dal Moro, 2008*).

Per l'acquisizione dei microtremori ambientali sono state effettuate venti registrazioni della durata di 30 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare, tramite un opportuno software, una trasformata bidimensionale “*slowness-frequency*” (*p-f*) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare

lo spettro di potenza su un grafico $p-f$. Gli spettri delle singole acquisizioni sono quindi mediati, escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

In tale spettro mediato si evidenziano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di superficie (che hanno carattere dispersivo), da quelle riconducibili ad altri modi e tipi (onde di superficie di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

In funzione di quanto esposto è possibile effettuare un “*picking*”, attribuendo ad un certo numero di punti una o più *slowness* (p o $1/velocità$ di fase) ed ottenere una “*curva di dispersione*”.

Quest’ultima è visualizzata su un diagramma in cui appare anche la curva di dispersione calcolata a partire da un modello di Vs che è modificabile in sede di elaborazione. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di dispersione calcolata è adattata sino ad aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

I risultati ottenuti ed i relativi diagrammi di elaborazione sono visualizzati nelle allegate schede “*indagine MASW-Re.Mi.*”, riportanti lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo, di seguito riassunti:

Stendimento sismico ReMi/MASW 1

Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
0 ÷ 1,5	140
1,5 ÷ 2,5	200
2,5 ÷ 10	390
10 ÷ 31	450
31 ÷ 35	520
35 ÷ INF	530

Stendimento sismico ReMi/MASW 2

Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
0 ÷ 1,5	190
1,5 ÷ 3,5	230
3,5 ÷ 12	270
12 ÷ 28	490
28 ÷ 31	550
31 ÷ INF	580

Stendimento sismico ReMi/MASW 3

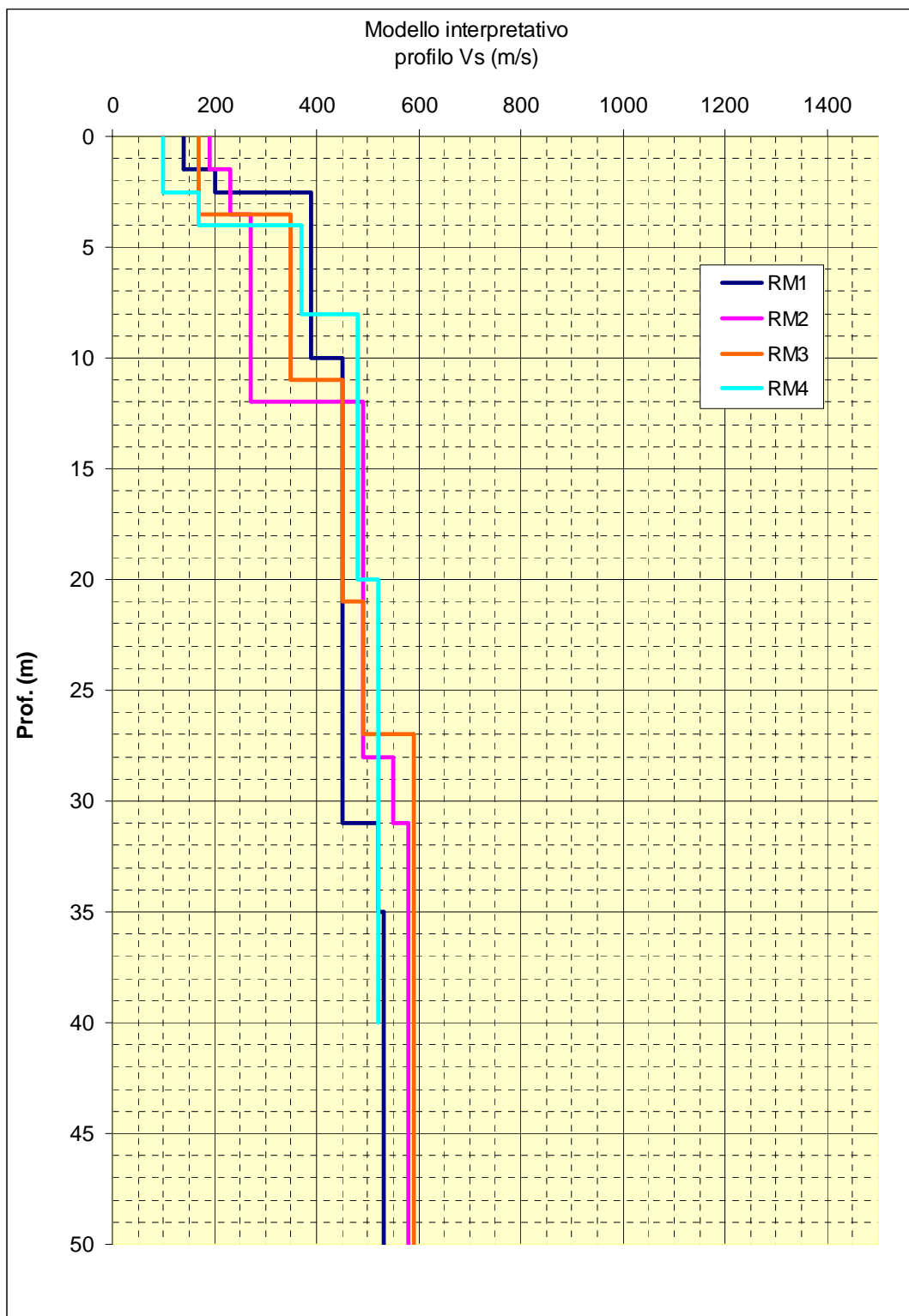
Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
<i>0 ÷ 3,5</i>	170
<i>3,5 ÷ 11</i>	350
<i>11 ÷ 21</i>	450
<i>21 ÷ 27</i>	490
<i>27 ÷ INF</i>	590

Stendimento sismico ReMi/MASW 4

Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)
<i>0 ÷ 2,5</i>	100
<i>2,5 ÷ 4</i>	170
<i>4 ÷ 8</i>	370
<i>8 ÷ 20</i>	480
<i>20 ÷ INF</i>	520

Confronto andamenti successione sismostratigrafica

I risultati ottenuti dalle singole prospezioni sono stati assemblati in unica scheda al fine di visualizzarne l'andamento d'insieme, ottenendo il seguente grafico:



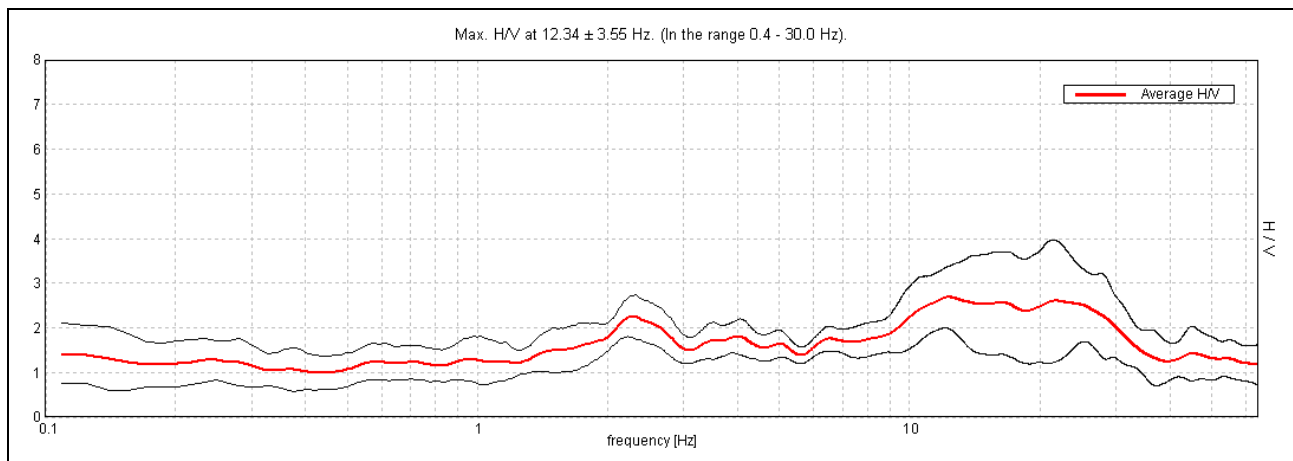
ANALISI DEI MICROTREMORI CON LA TECNICA HVSR

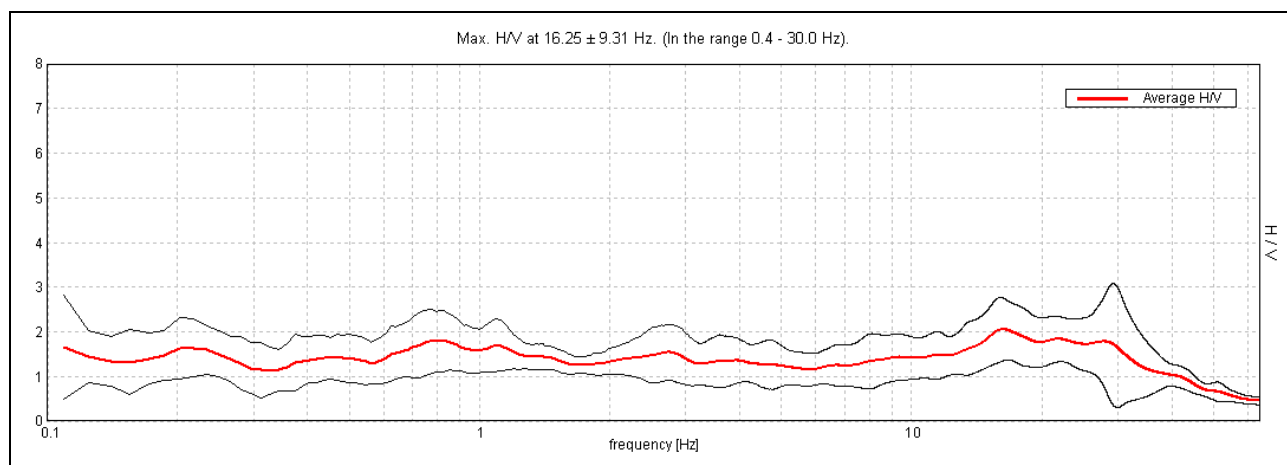
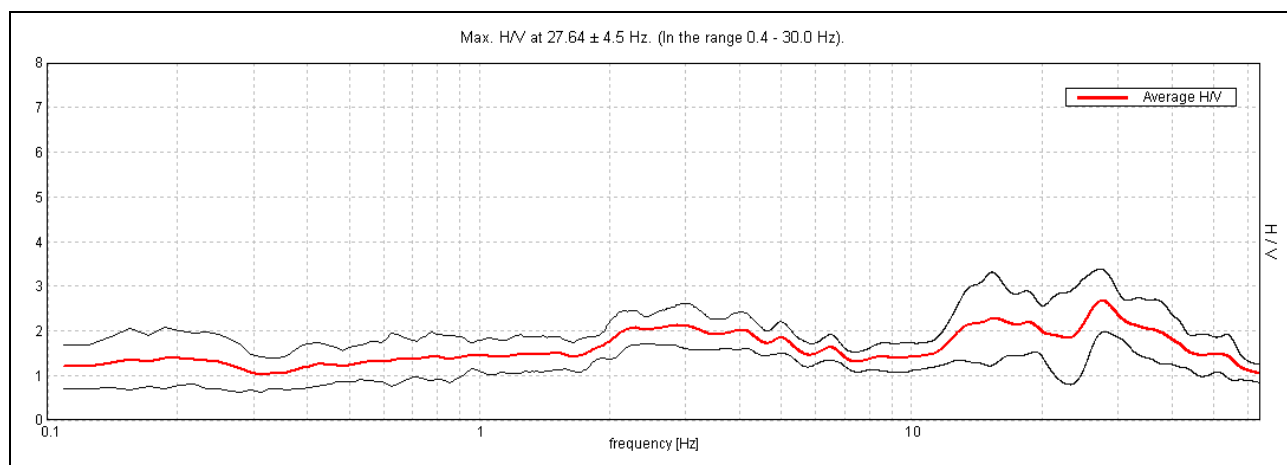
Nell'area in analisi sono state eseguite tre acquisizioni di microtremori ambientali mediante un sismometro Tromino campionando il segnale a 125 Hz per una durata di circa 30 minuti (per ogni singola acquisizione).

I dati registrati sono stati elaborati con la tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*). La metodologia è basata sul principio dei microtremori causati dalle onde di *Rayleigh* che nella componente verticale del moto non subiscono fenomeni di amplificazione in corrispondenza di marcati contrasti di impedenza sismica, mentre detto processo avviene per le componenti orizzontali, soprattutto in corrispondenza della frequenza fondamentale di risonanza (F_0) dei terreni indagati. Eseguendo quindi il rapporto tra le componenti degli spettri di frequenza orizzontale e verticale (H/V) si ottiene un grafico in cui si evidenziano le frequenze in cui si hanno i maggiori effetti di amplificazione locale.

L'elaborazione HVSR dei dati acquisiti ha evidenziato i risultati riportati nelle allegate schede "Indagine HVSR" nelle quali la linea rossa continua in grassetto evidenzia la media delle finestre di calcolo, mentre le linee sottili rappresentano l'intervallo di confidenza al 90% rispetto alla media calcolata, di seguito riportati in sintesi:

HVSR1



HVSR2**HVSR3**

Elaborazioni HVSR dei microtremori rappresentate dalla media dei risultati ottenuti dalla componente N/Z ed E/Z

Dall'esame dei dati risultano picchi di amplificazione principali e di secondo ordine con ampiezze come visualizzato nella tabella di seguito esposta:

HV n°	Frequenza principale f_0 Hz	Ampiezza	Frequenza secondaria f_1 Hz	Ampiezza
1	12,3	2,7	2,1	2,2
2	16,0	2,0	2,8	1,6
3	14,0	2,2	4,0	2,0

Identificazione categoria suolo di fondazione

I dati acquisiti dalle rilevazioni effettuate denotano che i primi 30 m del sottosuolo sono contraddistinti da velocità di propagazione delle onde di taglio Vs, profondità e spessori, come riportato nelle seguenti tabelle:

Stendimento sismico ReMi/MASW 1

Orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Vs (m/sec)
1	1,5 ÷ 2,5	1	200
2	2,5 ÷ 10	7.5	390
3	10 ÷ 31,5	21.5	450

Stendimento sismico ReMi/MASW 2

Orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Vs (m/sec)
1	1,5 ÷ 3,5	2	230
2	3,5 ÷ 12	8.5	270
3	12 ÷ 28	16	490
4	28 ÷ 31,5	3.5	550

Stendimento sismico ReMi/MASW 3

Orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Vs (m/sec)
1	1,5 ÷ 3,5	2	170
2	3,5 ÷ 11	7.5	350
3	11 ÷ 21	10	450
4	21 ÷ 27	6	490
5	27 ÷ 31,5	4.5	590

Stendimento sismico ReMi/MASW 4

Orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Vs (m/sec)
1	1,5 ÷ 2,5	1	100
2	2,5 ÷ 4	1.5	170
3	4 ÷ 8	4	370
4	8 ÷ 20	12	480
5	20 ÷ 31,5	11.5	520

La definizione del valore Vs₃₀, velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, si è calcolata mediante la relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i-esimo, m

v_i = velocità onde di taglio strato i-esimo, m/sec

ottenendo:

Re.Mi./MASW 1 $V_{s30} = 417$ m/s

Re.Mi./MASW 2 $V_{s30} = 379$ m/s

Re.Mi./MASW 3 $V_{s30} = 398$ m/s

Re.Mi./MASW 4 $V_{s30} = 391$ m/s

Dalle parametrizzazioni sopra esposte e dall'analisi della sequenza sismotecnica risulta che i litotipi che formano i primi 30 m del sottosuolo, sono attribuibili a:

- ***Categoria B:*** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Fattore di amplificazione sismico locale**Fattore di amplificazione topografico**

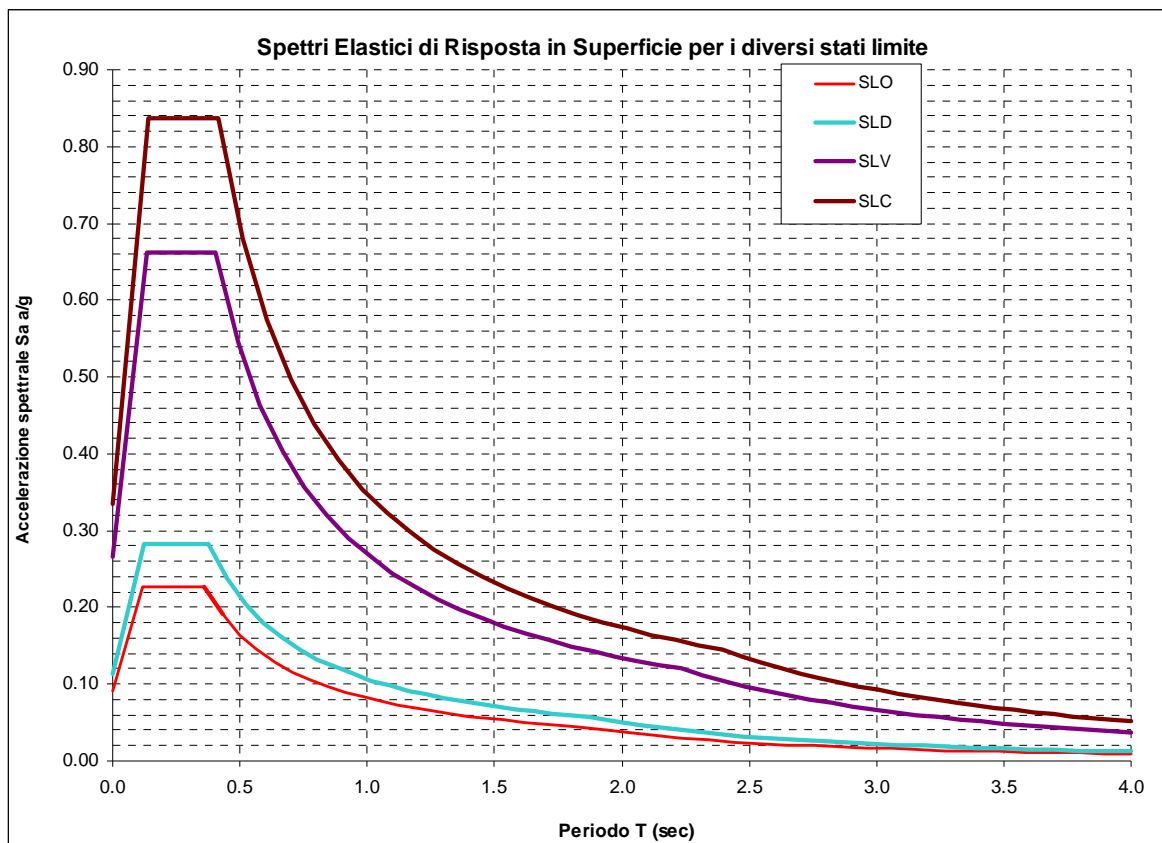
L'area si ubica in corrispondenza di un versante con pendenza media massima di 16° in direzione sud nord e di 20° in direzione est. L'area risulta quindi passibile di amplificazione per effetti della topografia il cui coefficiente corrisponde a:

$$S_T = 1,2 \text{ (categoria T2 – Tab. 3.2.III-DM2018)}$$

Fattore di amplificazione stratigrafico - D.M. 17-01-2018

Sulla base delle indicazioni contenute delle NTC di cui al D.M. 17/01/18, per l'area in esame, considerando strutture di classe II (vita nominale $V_n = 50$ anni, coefficiente d'uso $C_u = 1,0$; $V_r = 50$ anni), risultano, in funzione dei diversi stati limite considerati, i seguenti valori di amplificazione in superficie per la costruzione dei relativi spettri elastici di progetto in superficie (categoria suolo B – Fattore di amplificazione topografico 1,2):

STATO LIMITE	T_R (anni)	S_s (-)	S_t (-)	C_c (-)
SLO	30	1,2	1,2	1,453
SLD	50	1,2	1,2	1,437
SLV	475	1,2	1,2	1,413
SLC	975	1,2	1,2	1,405



dove:

SLO = Stato limite di operatività; Pvr = 81%; SLD = Stato limite di danno; Pvr = 63%; SLV = Stato limite di salvaguardia della vita; Pvr = 10%; SLC = Stato limite di prevenzione del collasso; Pvr = 5%; T_r = Tempo di ritorno; S_s = fattore di amplificazione stratigrafico; S_t = fattore di amplificazione topografico; C_c = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo

ANALISI DI TERZO LIVELLO

Risposta sismica locale

Per determinare gli effetti della risposta sismica locale è stato utilizzato un modello di calcolo monodimensionale multistrato continuo, nel quale ogni sismostrato è considerato omogeneo ed isotropo con comportamento viscoelastico-lineare.

Il codice di calcolo 1D adottato: *Strata* (Kottke A. & Rathje M.R., 2010), simula la propagazione in direzione verticale delle onde sismiche di taglio SH, che si irradiano da un substrato sismico orizzontale deformabile ed attraversano livelli litologici stratificati orizzontalmente ed a spessore costante, sino al raggiungimento della superficie.

I dati di ingresso richiesti dal sopradetto codice di calcolo sono: numero degli strati, spessore, densità, modulo di taglio massimo iniziale (G_0), rapporto di smorzamento iniziale (D_0), legge di variazione normalizzata del modulo di taglio e del rapporto di smorzamento in funzione della deformazione di taglio, profondità del bedrock sismico e sue proprietà elastiche, accelerogrammi di riferimento.

Le valutazioni sono state eseguite in condizioni di assenza di manufatti (*free field*), ed i suddetti accelerogrammi sono stati scalati al valore di accelerazione massima corrispondente a quella di riferimento (Classe d'uso II – DM2018) che per l'area in analisi corrispondono a:

STATO LIMITE	a_g (g)
SLV	0.160

La definizione degli input sismici utilizzati per le simulazioni di scuotimento in superficie è stata effettuata confrontando lo spettro di risposta degli accelerogrammi selezionati, opportunamente scalati, con quella dello spettro a probabilità uniforme (UHRS), determinato negli studi di pericolosità sismica condotti a livello nazionale dall'Istituto di geofisica e vulcanologia secondo una metodologia di tipo probabilistico (Spallarossa D., Barani S., 2007. *Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R*. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D14), consultabili all'indirizzo internet, <http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>.

Tale procedura ha portato alla selezione di 11 accelerogrammi di input, tre dei quali presenti nella banca dati approntata dalla Regione Emilia Romagna, disponibili al sito internet <http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/sismica.htm> (accelerogrammi 46, 126, 354), due ottenuti da selezione nel database internazionale "European strong-motion database" <http://www.isesd.hi.is/> (accelerogrammi 946, 1241) e sei derivati dalla definizione di accelerogrammi di riferimento per l'argine destro del Po redatta da A. Marcellini, D. Albarello, D. Gerosa (accelerogrammi 55, 368, 4675, 6239, 6275, 7059).

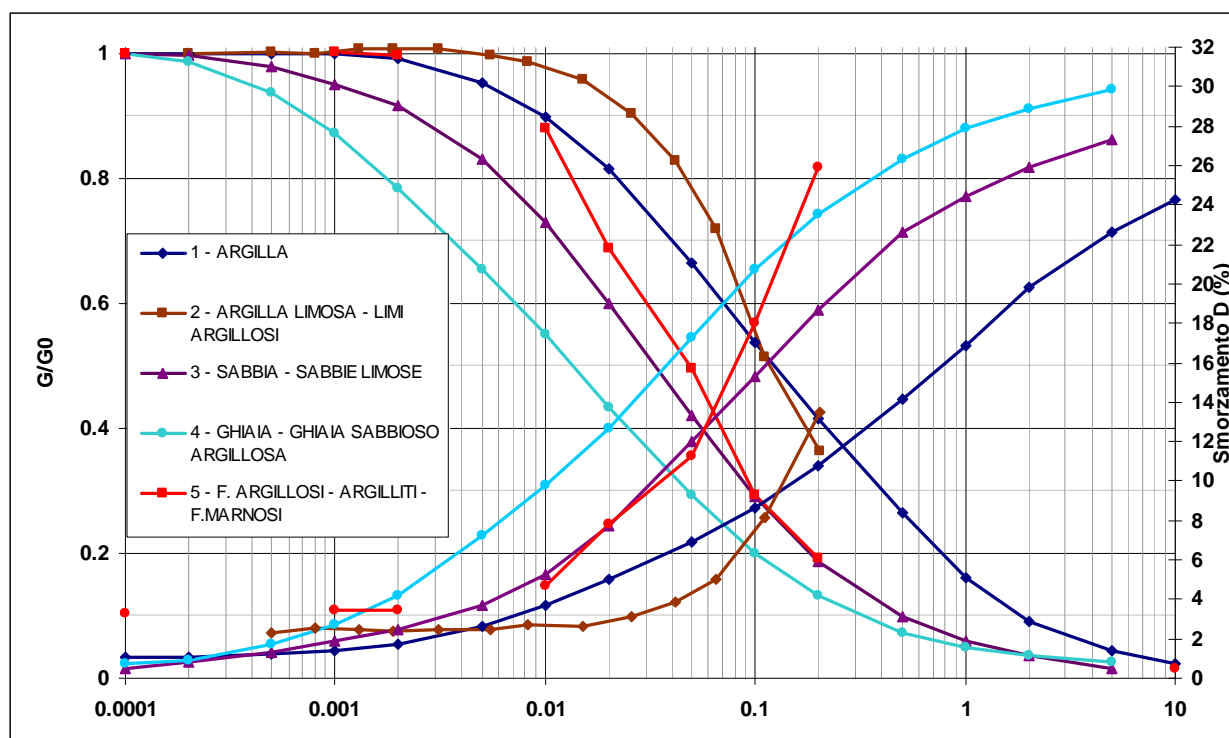
Calcolo degli effetti di sito

Per il calcolo dello scuotimento in superficie è stato utilizzato un modello numerico che simula la propagazione verticale di onde SH attraverso strati piano paralleli omogenei ed isotropi a partire da uno strato di riferimento rigido (bedrock sismico).

Il comportamento non lineare dei terreni nell'analisi di risposta sismica locale (RSL) effettuata, è stato simulato utilizzando curve di degrado reperite da vari Database internazionali:

- Terreno tipo 1 – Limi Sabbiosi
- Terreno tipo 2 – Limi Argillosi
- Terreni tipo 3 – Ghiaie prevalenti
- Terreno tipo 4 – Sabbie prevalenti
- Terreno tipo 5 – Terreni argillitici/marnosi

Dette curve sono schematizzate nel seguente grafico:



Al fine di eliminare le possibili alterazioni dovute alla dispersione dei dati, per rappresentare analiticamente la variazione di G e D con l'ampiezza della deformazione di taglio, γ (espressa in %) è stato utilizzato il modello *Yokota et al.* (1981).

Sulla base dei risultati delle indagini geofisiche, sono stati discretizzati i profili delle onde S, estrapolando i valori e le profondità sino al raggiungimento del bedrock sismico considerato corrispondente a $V_s=800$ m/sec.

In rapporto alle profondità investigate dalle verticali sismiche effettuate che non hanno raggiunto detta velocità, è stato stimato un aumento proporzionale dall'ultimo tratto di curva sperimentale.

Per i sismostrati con valori di Vs interpolati maggiori di 500 m/sec. (elevata rigidità) e nel bedrock sismico ($V_s=800$ m/sec) è stato considerato trascurabile l'effetto di decadimento dovuto al comportamento non lineare dei terreni, quindi si è considerato un comportamento elastico con smorzamento lineare costante desunto da dati bibliografici (Vinale et al., 1996)¹.

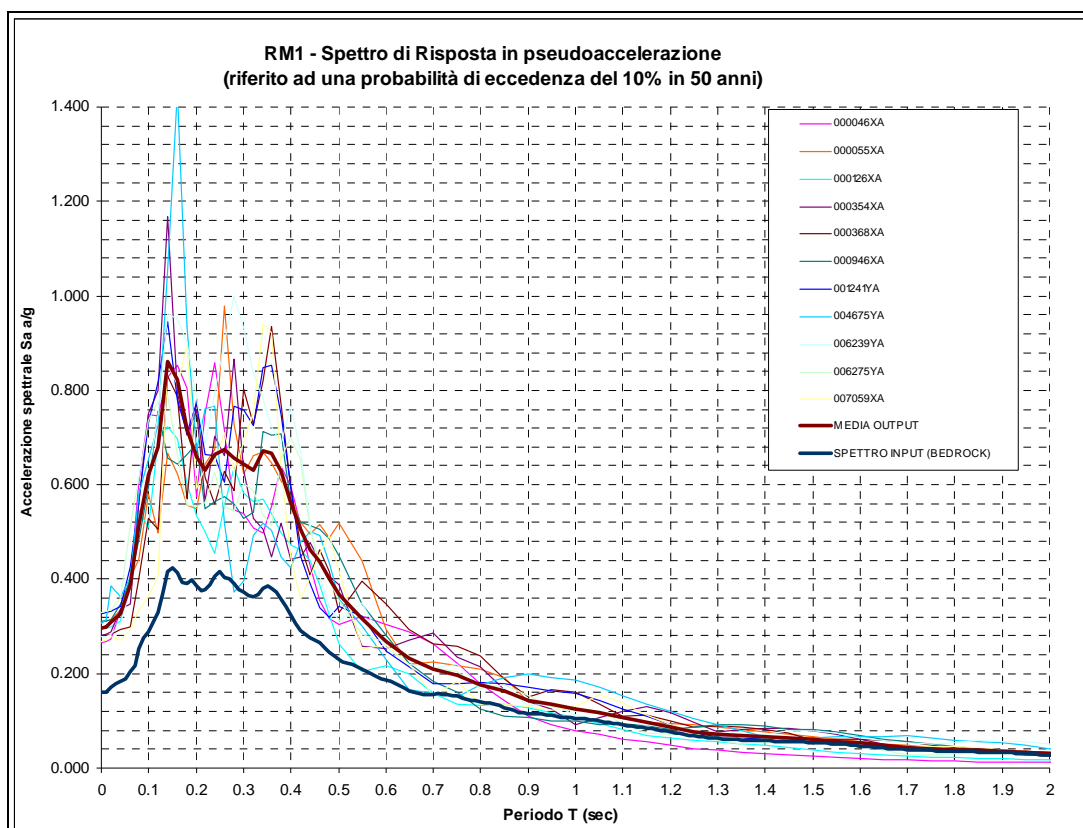
Il codice di calcolo utilizzato per le simulazioni di scuotimento in superficie è STRATA (Kottke A. & Rathje M.R., 2010). Detto software implementa un codice di calcolo derivato da Shake91 (Idriss e Sun, 1972) e consente l'analisi nel campo elastico-lineare e lineare equivalente. Il software consente l'utilizzo in input sia di serie temporali che di movimenti del suolo generati attraverso la random vibration theory (RVT), e permette una modellizzazione completa del sottosuolo (velocità delle onde di taglio, curve di degrado e smorzamento, profondità e caratteristiche del bedrock).

La profondità del bedrock sismico è stata stimata in base a dati territoriali (sezioni geologiche) ed alle verticali HVSR, a circa 60 m di profondità. Per gli strati più superficiali si è fatto riferimento alle risultanze mediate delle indagini sismiche Re.Mi./MASW mentre per la profondità superiori si è gradualmente incrementato il valore di Vs sino a raggiungere 800 m/sec, ottenendo la verticale in onde S di seguito esposta.

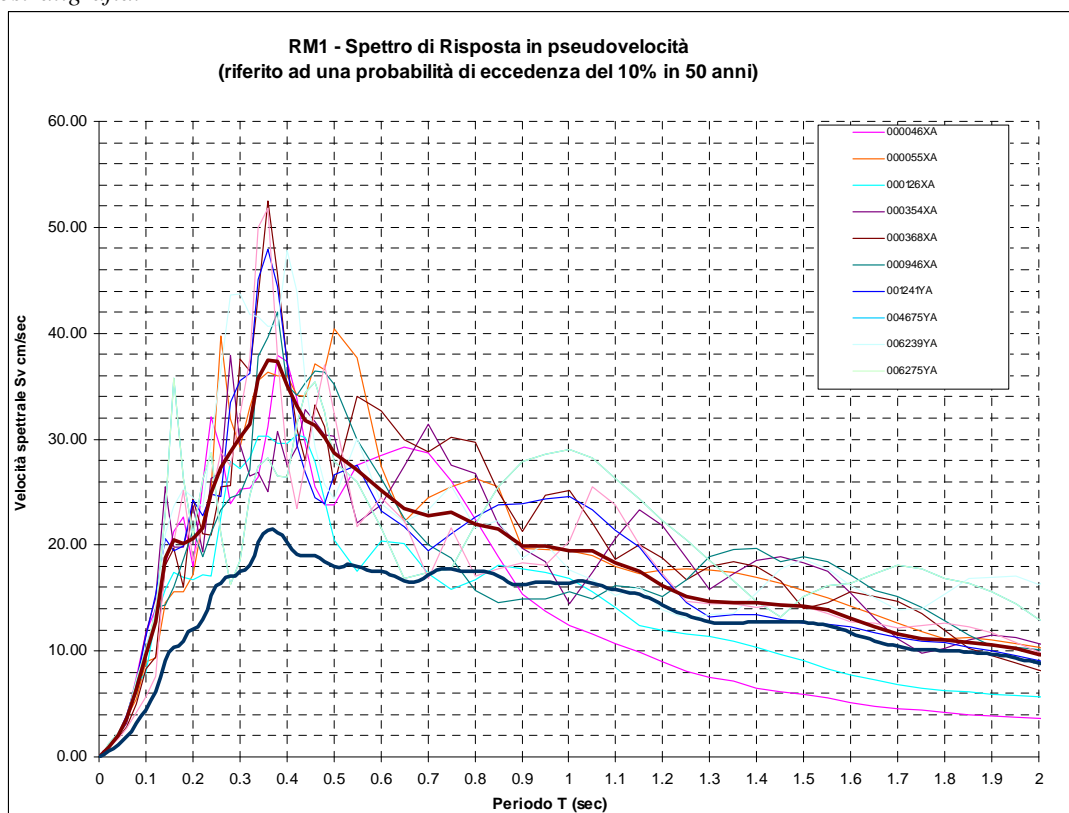
Orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. (m)	Vs (m/sec)	Curva tipo	Smorzamento iniziale (%)
1	0 ÷ 4	180	2	-
2	4 ÷ 11	380	3	-
3	11 ÷ 28	460	5	-
4	28 ÷ 45	550	-	1,8
5	45 ÷ 53	600	-	1,5
6	53 ÷ 60	700	-	1,0
7	Oltre 60 (bedrock)	800	-	0,3 (outcrop)

Dalle simulazioni effettuate si sono ottenuti gli spettri in pseudoaccelerazione e pseudovelocità di seguito riportati sia in forma grafica che tabellare.

¹ VINALE F., MANCUSO C., SILVESTRI F. (1996) – Dinamica dei terreni. Manuale di Ingegneria Civile, Ed. Scientifiche, A. Cremonese – Zanichelli



Spettro di risposta in superficie definito mediando i risultati degli spettri ottenuti applicando gli scuotimenti selezionati alla sismostratigrafia.



Spettro di risposta in superficie precedentemente visualizzato in termini di pseudovelocità (smorzamento 5%).

Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica

La definizione dell'amplificazione del moto sismico tra bedrock sismico e superficie è stata effettuata in ottemperanza alle indicazioni della DGR ER n° 630/2019, sia con la determinazione del rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) che mediante la determinazione dell'intensità di Housner² (o intensità dello spettro di risposta) SI/SI_0 , per gli intervalli di periodo 0,1-0,5 sec, 0,5-1 sec e 0,5-1,5 sec, che in termini di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione, FA (SA/SA_0) per gli intervalli di periodi 0,1-0,5, 0,4-0,8, 0,7-1,1, 0,5-1,5 sec definiti come:

$$SI = \int_{T1}^{T2} PSV(T, \xi) dt$$

$$SA = \int_{T1}^{T2} PSA(T, \xi) dt$$

dove PSV è lo spettro di risposta in pseudovelocità, PSA è lo spettro di risposta in pseudoaccelerazione, T e ξ sono rispettivamente il periodo e lo smorzamento (considerato come convenzionalmente = 5%).

Inoltre si è determinato il valore di H_{SM} , (Naso G. et Alii., 2019)³ parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/sec²), dato dal prodotto del parametro *Acceleration Spectrum Intensity* (ASI_{UHS}), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi considerato diviso ΔT e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi come definito nella seguente relazione:

$$H_{SM} = \frac{ASI_{UHS}}{\Delta T} \cdot FA$$

² Housner G.W., 1952; Intensity of ground motion during strong earthquakes, California Institute of Technology, August.

³ Naso G., Martelli L., Baglione M., Bramerini F., Castenetto S., D'Intinosante V., Ercolessi G., (2019): *Maps for land management: from geology to seismic hazard*. Boll. Geof. Teor. Appl., Vol. 60, DOI 10.4430/bgta0263

I risultati ottenuti sono riportati nelle seguenti tabelle.

Periodo T (sec)	SI/SI₀	SA/SA₀	Sa media (g)
0 (FA PGA)	1.84		0.296
0,1 – 0,2	1.95	1.97	0.73
0,2 – 0,3	1.67	1.67	0.66
0,3 – 0,4	1.75	1.75	0.63
0,4 – 0,5	1.67	1.67	0.46
0,5 – 0,6	1.51	1.51	0.32
0,6 – 0,7	1.40	1.40	0.24
0,7 – 0,8	1.29	1.29	0.19
0,8 – 0,9	1.25	1.25	0.16
0,9 – 1,0	1.21	1.21	0.13
1,0 – 1,1	1.18	1.18	0.12
1,1 – 1,2	1.14	1.14	0.10
1,2 – 1,3	1.14	1.14	0.08
1,3 – 1,4	1.15	1.15	0.07
1,4 – 1,5	1.12	1.13	0.06
1,5 – 1,6	1.12	1.12	0.06
1,6 – 1,7	1.12	1.12	0.05
1,7 – 1,8	1.11	1.11	0.04
1,8 – 1,9	1.09	1.09	0.04
1,9 – 2,0	1.09	1.09	0.03

Periodo T (sec)	Fattore di amplificazione H_{SM} (DGR 630/19)
0 (FA PGA)	1,84
SI1 0,1 - 0,5	1.73
SI2 0,5 – 1,0	1.33
SI3 0,5 - 1,5	1.25
SA1 0,1 – 0,5	1.77
SA2 0,4 – 0,8	1.50
SA3 0,7 – 1,1	1.24
SA4 0,5 – 1,5	1.29
H _{SM} (0,1 – 0,5)	612 cm/sec ²
H ₀₄₀₈ (0,4 – 0,8)	518 cm/sec ²
H ₀₇₁₁ (0,7 – 1,1)	428 cm/sec ²
H ₀₅₁₅ (0,5 – 1,5)	178 cm/sec ²

Azione sismica

Le analisi della risposta sismica locale hanno evidenziato fattori di amplificazione di grado medio – elevato per condizioni stratigrafiche ($S_s = 1.84$) e di grado medio per condizioni topografiche ($S_t = 1,2$ – cat. T2 – DM2018), riassunti nella tabella del precedente paragrafo.

In riferimento a detti parametri è stata determinata l'azione sismica orizzontale e verticale da utilizzarsi nelle verifiche di stabilità.

Il fattore di amplificazione topografico corrisponde a:

$$S_t = 1,2$$

quello dell'amplificazione stratigrafica a:

$$S_s = 1,84$$

pertanto

$$a_{g_{\max}} = 0,160g \cdot 1,84 \cdot 1,2 = 0,353g$$

Le azioni sismiche orizzontale e verticale corrispondono a:

$$k_h = 0.085g \quad k_v = 0.042g$$

Detti coefficienti sono stati utilizzati per le successive verifiche di stabilità del pendio in condizioni sismiche.

In riferimento ai valori di H_{sm} ottenuti equivalenti a:

$$H_{sm}(0,1 - 0,5)_{sec} = 0,624$$

$$H_{sm}(0,4 - 0,8)_{sec} = 0,528$$

$$H_{sm}(0,7 - 1,1)_{sec} = 0,436$$

l'area di impronta del comparto ACA1 appartiene alla classe di pericolosità alta per gli intervalli: 0,1-0,5 sec e 0,4-0,8 sec. ricade nella classe molto alta per l'intervallo 0,7-1,1 sec (*Naso G. et Alii, Boll.Geof.Teor.Appl. Vol 30; 2019*)

CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

Per la determinazione delle sequenze litotecniche sono stati effettuati rilevamenti diretti dei litotipi affioranti nel versante al quale appartiene comparto ACA1, indagini geognostiche articolate in 9 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH; queste ultime sono state eseguite con penetrometro a funzionamento oleodinamico, mod. Pagani TG 63-100/200, con massa battente da 63,5 kgf, altezza di caduta costante: $h = 75$ cm e dotando la prima asta di punta conica a sezione trasversale max di 20 cmq ed angolo di apertura alla punta $\beta = 90^\circ$.

Dette indagini hanno raggiunto profondità variabili in funzione della presenza di orizzonti a basso grado di fratturazione, in una verticale, DPSH 9/20, la presenza di materiali molto consistenti ha impedito la prosecuzione a quote sottostanti -4,6 m pc. mentre nella verticale DPSH 6 è stata raggiunta profondità di -10 m p.c.

Oltre a dette prove sono state esaminate e considerate altre analoghe indagini precedentemente effettuate nel sito in oggetto utilizzando un analogo strumento (TG63-100/200) nel 2003 da *Geognostica Italiana*.

Di tali precedenti indagini rielaborate graficamente, in base al log dei valori di N_{20} e dalla ubicazione cartografica, sono state considerate esclusivamente la DPSH: DH1 – DH5 – DH6

Per quanto riguarda le prove penetrometriche dinamiche DPSH i certificati di prova riportano:

Profondità (m):

- Numero colpi per avanzamento di 20 cm
- Resistenza alla punta dinamica determinata con la relazione degli Olandesi:
 $q_d = \text{kgf/cm}^2$.

Le prove penetrometriche dinamiche DPSH hanno investigato i terreni sino a -5/-7 m p.c. ad eccezione delle sopra indicate DPSH 9/20 che si è arrestata a -4,6 m p.c. e DPSH 6 che ha raggiunto -10 m p.c. Quest'ultima è ubicata al bordo ovest della porzione secondaria della frana quiescente presente nella fascia larga 10÷15 m. al bordo orientale meridionale dell'ambito ACA1.

I valori del numero colpi nei primi 5 m dal piano campagna di detta DPSH evidenziano la presenza di materiali a caratteristiche geotecniche scadenti.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA CORRELAZIONI

Per quanto riguarda l'analisi geomeccanica dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche effettuate è stata sviluppata in prima fase la standardizzazione dei dati ottenuti mediante la determinazione di N_{160} , e successivamente sono state utilizzate le relazioni di seguito descritte.

Determinazione N_{160}

Per il calcolo del valore normalizzato del numero colpi al fattore di rendimento energetico del 60% si è utilizzata la relazione

$$N_{160} = N_{spt} \cdot C_e \cdot C_b \cdot C_r \cdot C_s \cdot C_n$$

In cui

N_{spt} : numero colpi della resistenza in sito misurato

C_n : fattore di normalizzazione ad una pressione effettiva di 1 atm;

C_e : fattore funzione dell'energia trasmessa alle aste

C_b : fattore funzione del diametro del foro, per $D \leq 11,5 \text{ cm} = 1$

C_r : fattore funzione della lunghezza delle aste

(0,75-0/4 m; 0,85-4/6 m; 0,95-6/10 m; 1,0>10m)

C_s : fattore funzione del metodo di campionamento,

(per punta conica diametro 5,08 cm: 0,75)

Il valore ottenuto deve essere rapportato al peso della massa battente utilizzata mediante la relazione

$$C_f = M_1/M_2$$

nella quale:

C_f = fattore di correzione

M_1 - M_2 = peso delle masse battenti;

nel caso delle strumentazioni utilizzate nella presente indagine $M_1=63,5 \text{ kg}$,
 $M_2=63,5 \text{ kg}$,

e pertanto:

$$C_f = 1$$

Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH

I dati ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche, eseguite con penetrometro dinamico super pesante a funzionamento idraulico con massa battente da 63,5 kg, altezze di caduta costante di 75 cm, punta da 20 cmq, angolo di apertura alla punta $\beta = 90^\circ$, avanzamento 20 cm (*mod. Pagani TG 63-100/200*) sono stati normalizzati in funzione del rendimento energetico di detto strumento mediante la relazione

$$Cd = \frac{Ep}{0,60}$$

nella quale

Cd = fattore di correzione

Ep = rendimento energetico del penetrometro utilizzato, fornito dalla casa costruttrice: 0,73

e pertanto:

$$Cd = 1,217$$

In funzione dell'energia prodotta dal sistema utilizzato il valore

$$N\alpha = N_{20} \cdot Cd$$

è stato rapportato a quello N_{SPTeq} mediante la relazione proposta da *La Croix e Horn*:

$$N_{SPTeq} = \left(\frac{M \cdot H}{6,2 \cdot D^2 \cdot e} \right) N\alpha$$

nella quale

M = peso del maglio, kgf

H = altezza di caduta, cm

D^2 = diametro della punta, cm

e = avanzamento, cm

tale parametro è stato ricondotto al valore

$$N_{160}$$

mediante la relazione precedentemente descritta:

I dati ottenuti dalle correlazioni sopra esposte sono stati elaborati mediante analisi statistica determinando i valori caratteristici per le unità di strato considerabili "omogenee" riscontrate nelle verticali delle indagini eseguite.

In funzione delle correlazioni e procedure descritti sono stati individuati i parametri geotecnici mediante le correlazioni di seguito esposte.

Peso dell'unità di volume

Il peso dell'unità di volume è stato determinato mediante la relazione:

$$\gamma_n = (0.0011 \cdot N_{160}^3 - 0.0528 \cdot N_{160}^2 + 0.9464 \cdot N_{160} + 12.855) \leq 21,5 \text{ (kN/mc)}$$

(A. Bruschi, 2005) che fornisce valori di elevato grado di attendibilità per materiali con N_{160} compresi tra 1 e 20.

Angolo di attrito

In base al valore del numero colpi corretto N_{160} è stato determinato il valore dell'angolo di attrito interno mediante la relazione di *De Mello*.

$$\phi' = 19 - 0,38 \sigma_v' + 8,73 \log (N_{160})$$

e quella di *Hatanaka* e *Uchida*

$$\phi' = 20 + (15,4 \cdot N_{60})^{0,5}$$

La prima di dette relazioni fornisce un valore dell'angolo d'attrito con buona approssimazione correlabile a quello di stato critico, la seconda con equivalente affidabilità è riconducibile all'angolo d'attrito interno di picco.

Densità relativa

In funzione delle caratteristiche granulometriche dei materiali riscontrati (stimati in rapporto al tipo di avanzamento del penetrometro dinamico ed in base ad osservazioni nel sito) per la valutazione del grado di addensamento sono state utilizzate la relazione di *Skempton* per materiali fini:

$$Dr = \left\{ \frac{\left[2 / \left(1 + \frac{\sigma'_{vo}}{Pa} \right) \right] N1_{60}}{60} \right\}^{0,5}$$

Angolo attrito interno stato critico

Il valore dell'angolo d'attrito interno di stato critico è stato determinato mediante la relazione:

$$\phi_{cr} = \phi_p - \phi_\delta$$

nella quale ϕ_δ è l'angolo di dilatanza.

Quest'ultimo è stato valutato mediante la relazione di *Horwart*, 2004:

$$\phi_\delta = 3 \cdot \left\{ \left\{ Dr \left[10 - \ln \left(\frac{100 \cdot \sigma' f}{Pa} \right) \right] \right\} - 1 \right\}$$

nella quale:

$$\sigma' f = \left[\sigma' v + 2 \left(0,30 \cdot qc_{eq}^{0,22} \cdot \sigma' v^{0,69} \right) \right] / 3$$

nella quale la qc statica equivalente è stata determinata mediante la relazione di *Kulhawy* e *Mayne*, 1990:

$$qc_{eq} = 5,44 \cdot D_{50}^{0,26} \cdot N1_{60}$$

Coesione

In riferimento alle caratteristiche dei legami costitutivi dei litotipi presenti nel sottosuolo del sito in esame, contraddistinti da componenti coesive, è stato determinato il valore della coesione in termini di tensioni efficaci mediante la relazione di *Coulomb*.

$$c' = cu - \sigma' v \cdot \operatorname{tg} \phi'$$

Il valore di coesione non drenata cu è stato stimato in funzione del numero colpi caratteristico:

N_{160K} mediante la relazione di *Strouud*:

$$cu = \beta \cdot N_{160}$$

nella quale β è un coefficiente funzione delle caratteristiche litologiche compreso tra 3,5 e 6,5 kPa.

I parametri geotecnici ottenuti dalle relazioni sopra esposte sono di seguito riassunti nella tabella Modello Geotecnico.

MODELLO LITOTECNICO LOCALE

Dalla comparazione delle unità litotecniche individuate dalle verticali delle prove penetrometriche DPSH, con gli orizzonti a differente grado di addensamento identificate dalle unità di strato sismotecniche dei profili in tomografia sismica 2D, dei principali contrasti di impedenza ottenuti dalle prospezioni MASW/ReMi, dai principali picchi evidenziati dalle verticali di acquisizione microtremori a stazione singola con metodo HVSr, è stata definita la sequenza litotecnica locale.

Detta analisi ha evidenziato che i primi 5/7 ÷ 10 m del sottosuolo del versante sede del comparto ACA1 sono suddivisibili sulla verticale in due orizzonti litotecnici principali il primo dei quali è a sua volta discretizzabile in nove sotto unità geotecniche; di queste ultime quelle sottostanti -6/-7 m pc, ad eccezione della DPSH 6 nella quale sono presenti a quote soggiacenti -8,5/-9 m pc, sono caratterizzate da modeste differenze dei parametri di resistenza al taglio.

La prima di detta litozone costituisce i primi 5/6 m dal piano campagna ed aumenta in spessore in direzione nord giungendo a -7 m p.c. al limite nord est del comparto ed a -8/-9,5 m p.c. al bordo orientale – orientale meridionale del medesimo.

Gli spessori relativi minori 4/5 m, contraddistinti da parametri di resistenza al taglio relativi maggiori e valori minori per quanto concerne la deformabilità, caratterizzano la parte meridionale – meridionale occidentale del comparto in esame (zona cocuzzolo) circa compresa tra le quote 288/292 m slm.

Procedendo in direzione nord gli spessori aumentano a 6/7 m e contestualmente denotano una tendenziale moderata diminuzione dei sopracitati parametri di resistenza. Tale condizione è pressoché equivalente anche in direzione est sino alla quota 273 m slm; successivamente alle quote sottostanti le caratteristiche geotecniche dei terreni che formano i primi 5 ÷ 7/8 m del sottosuolo decadono rapidamente e a distanza di 12 m dal bordo nord orientale e a 14 da quello sud orientale sono contraddistinti da valori di resistenza al taglio bassi – molto bassi e grado di compressibilità elevato.

La successione geotecnica, superati i primi 0,6/ 1,0 m dal piano, campagna costituiti da terreno agrario e terreni rimaneggiati, è prevalentemente formata da alternanze di strati limoso argillosi – limoso sabbioso argillosi che localmente includono livelli con subordinata presenza di clasti lapidei; in tale sequenza, sia in direzione nord che est, alla profondità tra -5 e -6 m p.c., si intercala uno strato con caratteristiche geotecniche medie, inferiori rispetto alle unità litotecniche che lo precedono e lo seguono, che costituisce un orizzonte di potenziale deformazione/rottura.

Le unità che individuano i modelli geotecnici sopra descritti, definiti in funzione della correlazione tra gli orizzonti litotecnici individuati nelle prove penetrometriche DPSH e dal loro rapporto con le unità sismotecniche dei profili in tomografia sismica 2D

e verticali Re.Mi/MASW, sono state discretizzate sulla verticale nelle unità di seguito esposte:

- **Modello geotecnico**

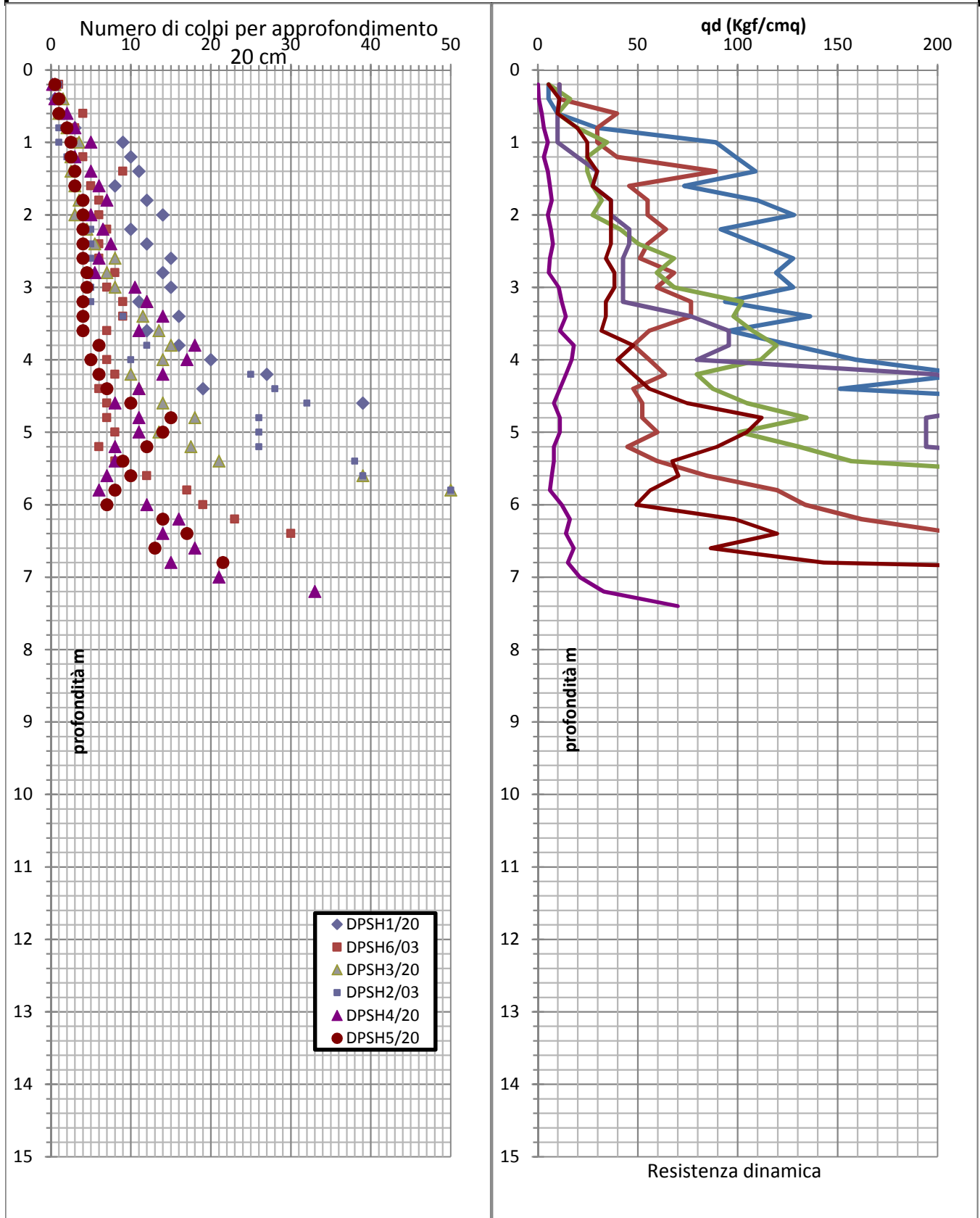
SETTORE DI VERSANTE SUD-NORD: DPSH 1-3-4-5/20, DH6/03

Orizzonte	Descrizione litotecnica	Parametri caratteristici
Unità 1 Da piano campagna a -1,0 m p.c	Superato lo strato di terreno agrario argilloso limoso dello spessore di 0,4 m, si riscontrano limi argillosi – argille limose a medio bassa consistenza	$N_{20} = 1$ $N_{160K} = 1$ $c_{uk} = 0,1 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kp} = 0,06 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kc} = 0,04 \text{ kgf/cmq}$ $\phi'_{kp} = 22^\circ$ $\phi'_{kc} = 20^\circ$ $\gamma_k = 0,0018 \text{ kgf/cmc}$ $E_{edk} = 14 \text{ kgf/cmq}$ $E_{25k} = 17 \text{ kgf/cmq}$
Unità 2 Da -1,0 m a -1,5 -2 m pc zona sud; a -3,0 m pc zona nord	Limi argillosi e limi a medio basso – medio grado di consistenza.	$N_{20} = 3$ $N_{160K} = 3$ $c_{uk} = 0,30 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kp} = 0,12 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kc} = 0,08 \text{ kgf/cmq}$ $\phi'_{kp} = 23^\circ$ $\phi'_{kc} = 21^\circ$ $\gamma_k = 0,00183 \text{ kgf/cmc}$ $E_{edk} = 31 \text{ kgf/cmq}$ $E_{25k} = 39 \text{ kgf/cmq}$
Unità 3 Da -2,0 m a -3,0 m pc zona centrale; a -4,0 m pc zona nord; assente zona sud DPSH 1-3/20	Limi argillosi – limi sabbioso argillosi a grado di consistenza medio.	$N_{20k} = 5$ $N_{160K} = 5$ $c_{uk} = 0,5 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kp} = 0,13 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kc} = 0,09 \text{ kgf/cmq}$ $\phi'_{kp} = 26^\circ$ $\phi'_{kc} = 23^\circ$ $\gamma_k = 0,00185 \text{ kgf/cmc}$ $E_{edk} = 46 \text{ kgf/cmq}$ $E_{25k} = 60 \text{ kgf/cmq}$
Unità 4 Da -2,0 m a -3,5 m p.c. zona sud; a -4,0/-5,0 m pc zona nord;	Limi argilloso sabbiosi – limi argillosi contenenti livelli con clasti litici consistenti.	$N_{20k} = 10,5$ $N_{160K} = 9,8$ $c_{uk} = 0,55 \text{ kgf/cmq}$ $c'_k = 0,15 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kc} = 0,08 \text{ kgf/cmq}$ $\phi'_{kp} = 27^\circ$ $\phi'_{kc} = 24^\circ$ $\gamma_k = 0,00185 \text{ kgf/cmc}$ $E_{edk} = 68 \text{ kgf/cmq}$ $E_{25k} = 100 \text{ kgf/cmq}$

Orizzonte	Descrizione litotecnica	Parametri caratteristici
Unità 5 Da -3,5 m a -4,5 m p.c. zona sud; a -5,0 m pc zona nord	Alternanze argilloso limose consistenti	$N_{20k} = 8,8$ $N_{160K} = 8,2$ $c_{uk} = 0,4 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kp} = 0,13 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kc} = 0,09 \text{ kgf/cm}^2$ $\phi'_{kp} = 24^\circ$ $\phi'_{kc} = 22^\circ$ $\gamma_k = 0,00185 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{edk} = 60 \text{ kgf/cm}^2$ $E_{25k} = 80 \text{ kgf/cm}^2$
Unità 5bis Da -4,0 m a -4,5 m pc zona nord (DPSH 4)	Strato lentiforme presente nel settore nord (DPSH 4) costituito da limi argillosi contenenti clasti litici a medio basso – medio grado di consistenza.	$N_{20k} = 8,8$ $N_{160K} = 8,2$ $c_{uk} = 0,52 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kp} = 0,13 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kc} = 0,08 \text{ kgf/cm}^2$ $\phi'_{kp} = 26^\circ$ $\phi'_{kc} = 23^\circ$ $\gamma_k = 0,00183 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{edk} = 60 \text{ kgf/cm}^2$ $E_{25k} = 80 \text{ kgf/cm}^2$
Unità 6 Da -4,5 m a -5,5 m pc zona sud; a -6,0 m pc zona nord;	Limi argillosi – limi sabbioso argillosi con presenza poco diffusa di clasti litici a medio basso – medio grado di consistenza, saturi a profondità sottostante -5,0 m pc.	$N_{20k} = 6,8$ $N_{160K} = 7,1$ $c_{uk} = 0,50 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kp} = 0,13 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kc} = 0,08 \text{ kgf/cm}^2$ $\phi'_{kp} = 23^\circ$ $\phi'_{kc} = 22^\circ$ $\gamma_k = 0,00185 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{edk} = 54 \text{ kgf/cm}^2$ $E_{25k} = 68 \text{ kgf/cm}^2$
Unità 7 Da -5,5 m a -6,5 m pc zona sud; a -6,5 / -7,0 m pc zona nord;	Limi argilloso sabbiosi – limi argillosi con intercalati strati contenenti clasti litici a medio – medio elevato grado di consistenza, saturi.	$N_{20k} = 14,5$ $N_{160K} = 14,3$ $c_{uk} = 0,60 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kp} = 0,17 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kc} = 0,14 \text{ kgf/cm}^2$ $\phi'_{kp} = 28^\circ$ $\phi'_{kc} = 25^\circ$ $\gamma_k = 0,00195 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{edk} = 70 \text{ kgf/cm}^2$ $E_{25k} = 130 \text{ kgf/cm}^2$

Orizzonte	Descrizione litotecnica	Parametri caratteristici
Unità 8 Da -6,5 m > -7 m p.c. zona sud; a > -7/-7,5 m pc zona nord	Alternanze limoso argillose e limoso sabbiose con diffusa presenza di clasti litici molto consistenti, sature.	$N_{20k} = 28,7$ $N_{160K} = 35$ $c_{u_k} = 1,10 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kp} = 0,35 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kc} = 0,28 \text{ kgf/cm}^2$ $\phi'_{kp} = 33^\circ$ $\phi'_{kc} = 28^\circ$ $\gamma_k = 0,0021 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{edk} = 140 \text{ kgf/cm}^2$ $E_{25k} = 281 \text{ kgf/cm}^2$

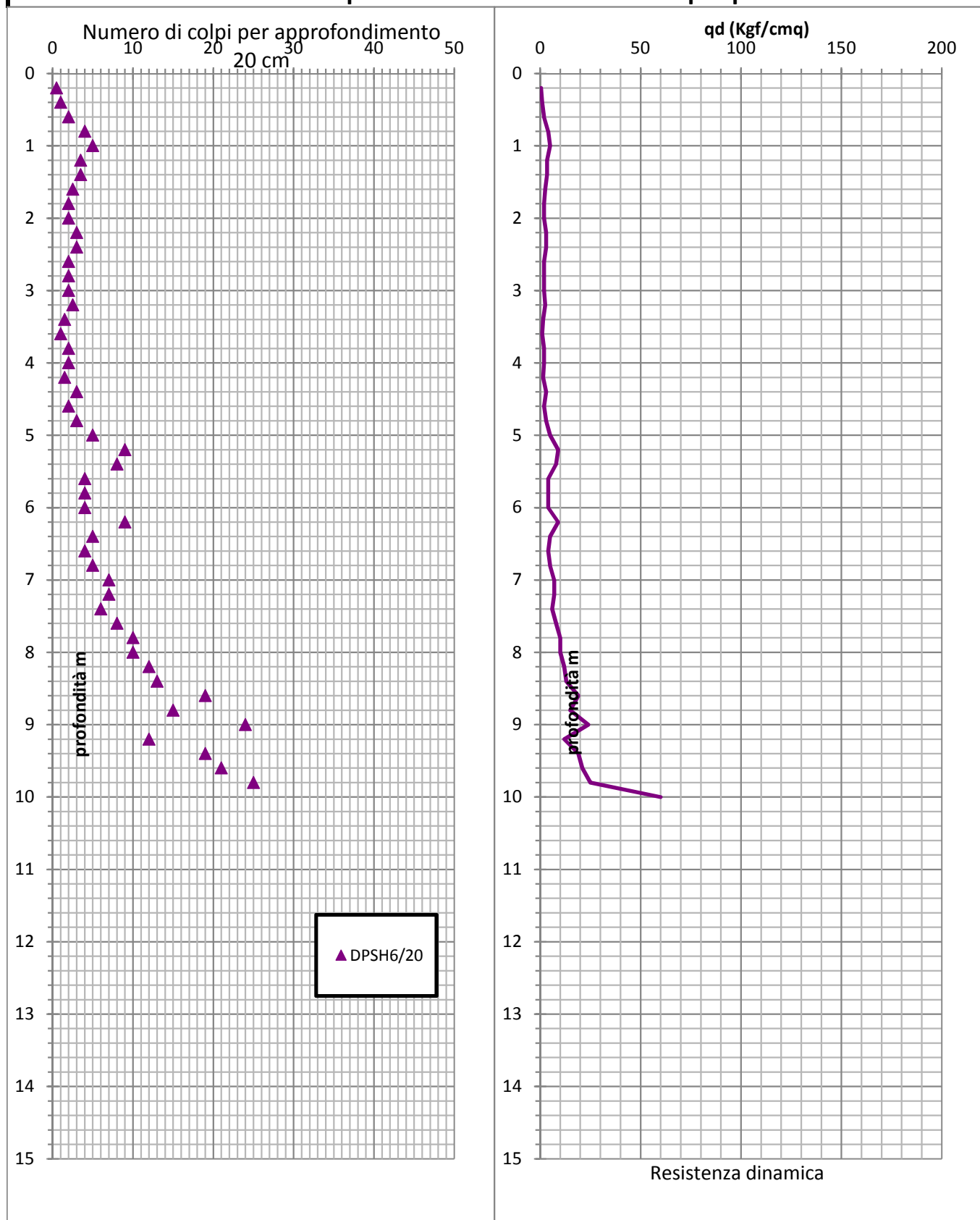
Analisi statistica dati penetrometrici - Dinamiche super pesanti DPSH



N₂₀ (kgf/cm²)

	Unità 1	Unità 2	Unità 3	Unità 4	Unità 5	Unità 6	Unità 7	Unità 8	
campioni	23	18	38	33	12	16	22	14	
Minimo	0.20	2.00	3.00	4.50	7.00	6.00	11.00	19.00	
Massimo	2.50	5.00	9.00	18.00	11.00	8.00	21.00	70.00	
Media	1.14	3.25	5.21	11.38	9.50	7.13	15.36	37.32	
Moda	1.00	3.00	5.00	12.00	11.00	7.00	14.00	39.00	
Mediana	1.00	3.00	5.00	12.00	9.50	7.00	15.00	31.50	
Dev. Stand.	0.63	0.69	1.28	3.01	1.32	0.78	2.42	17.63	
Media troncata	1.08	3.22	5.16	11.43	9.60	7.14	15.28	36.13	
t student	1.72	1.74	1.69	1.69	1.80	1.75	1.72	1.77	
N20k	0.91	2.96	4.86	10.48	8.78	6.77	14.46	28.66	

Analisi statistica dati penetrometrici - Dinamiche super pesanti DPSH



N₂₀ (kgf/cm²)

	Unità 1	Unità 2	Unità 3	Unità 4	Unità 5	Unità 6	Unità 7	Unità 8	Unità 9	Unità 10	Unità 11	Unità 12			
campio	3	4	9	5	3	3	7	3	3	2	4	4			
Minimo	0.50	3.50	2.00	1.00	2.00	5.00	4.00	6.00	8.00	12.00	12.00	19.00			
Massim	2.00	5.00	3.00	2.00	3.00	9.00	9.00	7.00	10.00	13.00	24.00	60.00			
Media	1.17	4.00	2.33	1.60	2.67	7.33	5.00	6.67	9.33	12.50	17.50	31.25			
Moda	#N/D	3.50	2.00	1.50	3.00	#N/D	4.00	7.00	10.00	#N/D	#N/D	#N/D			
Median	1.00	3.75	2.00	1.50	3.00	8.00	4.00	7.00	10.00	12.50	17.00	23.00			
Dev. Sta	0.62	0.61	0.41	0.37	0.47	1.70	1.69	0.47	0.94	0.50	4.50	16.74			
Media t	1.17	4.00	2.33	1.60	2.67	7.33	5.00	6.67	9.33	12.50	17.50	31.25			
t studer	2.92	2.35	1.86	2.13	2.92	2.92	1.94	2.92	2.92	6.31	2.35	2.35			
N20k	-0.12	3.17	2.06	1.20	1.69	3.82	3.66	5.69	7.39	9.34	11.39	8.51			

- Modello geotecnico**SETTORE DI VERSANTE OVEST – EST: DPSH 2-3-7-8-6/20, DH5/03, CPT1/03**

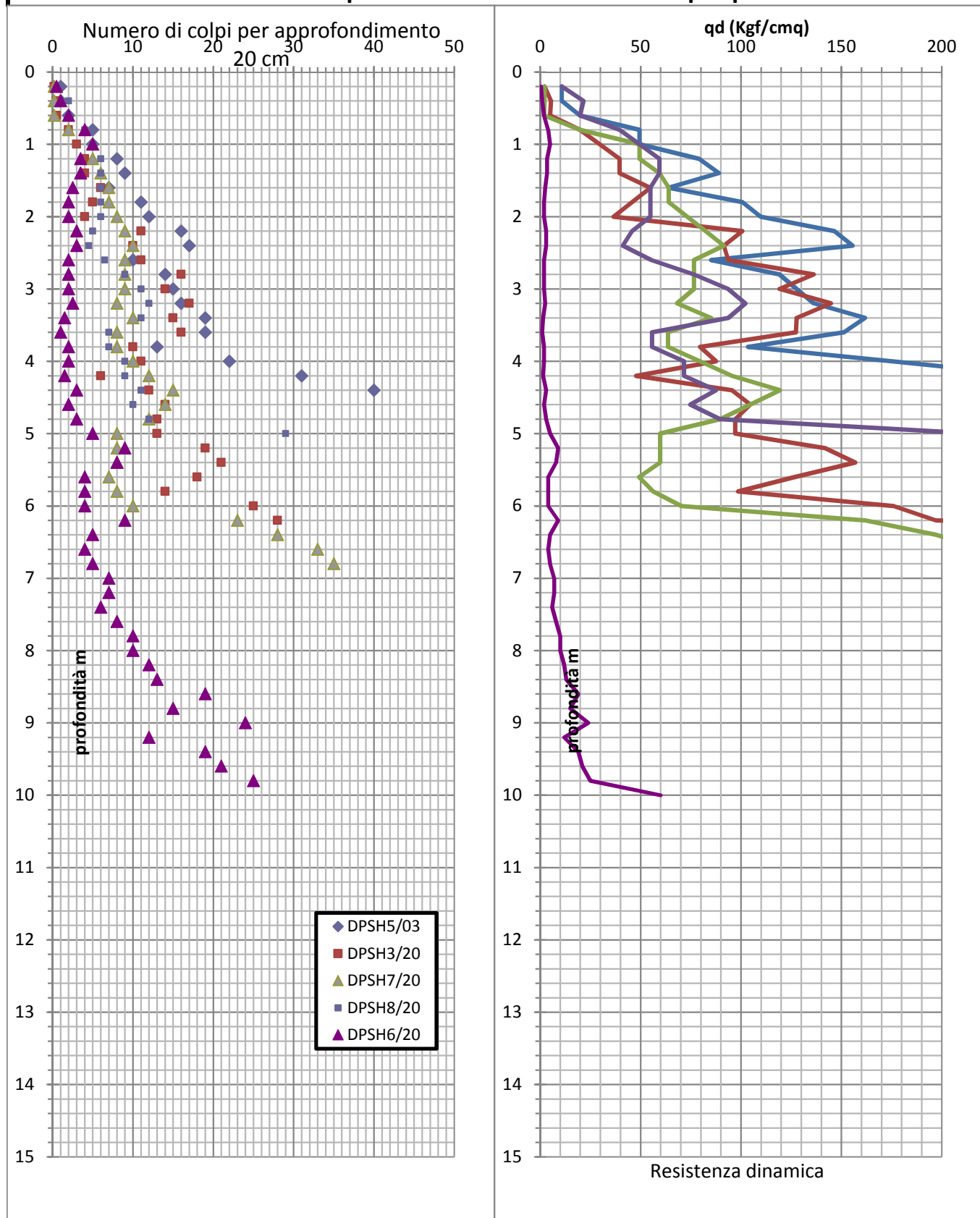
Orizzonte	Descrizione litotecnica	Parametri caratteristici
Unità 1 Da piano campagna a -1,0 zona ovest a -0,8/-1,2 m pc zona est	Superato lo strato di terreno agrario argilloso limoso dello spessore di 0,4 m, si riscontrano limi argillosi – argille limose a medio bassa consistenza	$N_{20} = 1$ $N_{160K} = 1$ $c_{uk} = 0,1 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kp} = 0,06 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kc} = 0,04 \text{ kgf/cmq}$ $\phi'_{kp} = 22^\circ$ $\phi'_{kc} = 20^\circ$ $\gamma_k = 0,0018 \text{ kgf/cmc}$ $E_{edk} = 14 \text{ kgf/cmq}$ $E_{25k} = 17 \text{ kgf/cmq}$
Unità 2 Da -1,0 m a -2,0 m pc zona ovest; a -2,0 / -1,0 m pc zona nord	Limi argillosi e limi a medio basso – medio grado di consistenza.	$N_{20} = 4$ $N_{160K} = 3,9$ $c_{uk} = 0,30 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kp} = 0,12 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kc} = 0,08 \text{ kgf/cmq}$ $\phi'_{kp} = 23^\circ$ $\phi'_{kc} = 21^\circ$ $\gamma_k = 0,00183 \text{ kgf/cmc}$ $E_{edk} = 31 \text{ kgf/cmq}$ $E_{25k} = 39 \text{ kgf/cmq}$
Unità 3 Da -2,0 m a -3,0 m pc zona ovest; a -4,0 m pc zona centro orientale; assente zona est	Limi argillosi e sabbie fini limoso argillose con presenza di clasti litici di dimensione centimetrica	$N_{20k} = 7$ $N_{160K} = 7,2$ $c_{uk} = 0,5 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kp} = 0,12 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kc} = 0,09 \text{ kgf/cmq}$ $\phi'_{kp} = 25^\circ$ $\phi'_{kc} = 23^\circ$ $\gamma_k = 0,00185 \text{ kgf/cmc}$ $E_{edk} = 55 \text{ kgf/cmq}$ $E_{25k} = 79 \text{ kgf/cmq}$
Unità 3 bis Da -1,0 m a -5,0 m pc solo zona est (DPSH6) Assente zona centrale e occidentale	Strato lentiforme presente esclusivamente nel settore orientale dell'area (DPSH 6) costituito da argille limose, limi argillosi a grado di consistenza basso – molto basso	$N_{20k} = 2$ $N_{160K} = 1,9$ $c_{uk} = 0,17 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kp} = 0,07 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kc} = 0,04 \text{ kgf/cmq}$ $\phi'_{kp} = 17^\circ$ $\phi'_{kc} = 14^\circ$ $\gamma_k = 0,00175 \text{ kgf/cmc}$ $E_{edk} = 16 \text{ kgf/cmq}$ $E_{25k} = 17 \text{ kgf/cmq}$

<p>Unità 4 Da -2,0/-2,5 m a -3,5/-4,0 m pc zona centrale DPSH 3-7-8/20 assente zona ovest (DPSH 5) e zona est (DPSH 6)</p>	<p>Limi argillosi sabbioso fini e limi argillosi a medio grado di consistenza</p>	<p>$N_{20k} = 11$ $N_{60} = 10,3$ $c_{uk} = 0,50 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kp} = 0,12 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kc} = 0,09 \text{ kgf/cmq}$ $\phi'_{kp} = 25^\circ$ $\phi'_{kc} = 23^\circ$ $\gamma_k = 0,00185 \text{ kgf/cmc}$ $E_{edk} = 55 \text{ kgf/cmq}$ $E_{25k} = 100 \text{ kgf/cmq}$</p>
<p>Unità 5 Da -4,0 m a -4,5/-5,0 m pc zona est (DPSH6) assente zona ovest</p>	<p>Strato lentiforme presente nella zona est (DPSH6) argilloso limoso mediamente consistente</p>	<p>$N_{20k} = 6,8$ $N_{60} = 7,1$ $c_{uk} = 0,40 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kp} = 0,13 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kc} = 0,09 \text{ kgf/cmq}$ $\phi'_{kp} = 25^\circ$ $\phi'_{kc} = 22^\circ$ $\gamma_k = 0,00185 \text{ kgf/cmc}$ $E_{edk} = 55 \text{ kgf/cmq}$ $E_{25k} = 69 \text{ kgf/cmq}$</p>
<p>Unità 6 Da -4,0/-4,5 m a -5,0/-5,5 m pc zona est (DPSH 6)</p>	<p>Limi argilloso sabbiosi – limi argillosi contenenti clasti litici, consistenti, saturi a profondità sottostante -5,0 m pc.</p>	<p>$N_{20k} = 9,2$ $N_{60} = 9,6$ $c_{uk} = 0,55 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kp} = 0,12 \text{ kgf/cmq}$ $c'_{kc} = 0,08 \text{ kgf/cmq}$ $\phi'_{kp} = 27^\circ$ $\phi'_{kc} = 24^\circ$ $\gamma_k = 0,00187 \text{ kgf/cmc}$ $E_{edk} = 66 \text{ kgf/cmq}$ $E_{25k} = 88 \text{ kgf/cmq}$</p>

Orizzonte	Descrizione litotecnica	Parametri caratteristici
Unità 7 Da -5,0 m a -6,0 m pc solo zona est (DPSH 6) assente settori centrale e occidentale	Strato lentiforme presente nella zona est (DPSH6) costituito da limi argillosi a medio basso grado di consistenza, saturo.	$N_{20k} = 5,5$ $N_{60} = 5,1$ $cu_k = 0,4 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kp} = 0,12 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kc} = 0,07 \text{ kgf/cm}^2$ $\phi'_{kp} = 23^\circ$ $\phi'_{kc} = 21^\circ$ $\gamma_k = 0,00185 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{edk} = 44 \text{ kgf/cm}^2$ $E_{25k} = 53 \text{ kgf/cm}^2$
Unità 8 Da -5,0 m -6,0 m a -6,5/-7,5 m pc zona est Da -4,5 m /-5,0 m a -5,5/-5,8 m pc zona ovest	Limi argilloso sabbiosi – limi argillosi con presenza poco diffusa di clasti litici, a medio basso – medio grado di consistenza, saturi.	$N_{20k} = 6$ $N_{60} = 7,3$ $cu_k = 0,50 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kp} = 0,13 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kc} = 0,08 \text{ kgf/cm}^2$ $\phi'_{kp} = 24^\circ$ $\phi'_{kc} = 22^\circ$ $\gamma_k = 0,00185 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{edk} = 54 \text{ kgf/cm}^2$ $E_{25k} = 69 \text{ kgf/cm}^2$
Unità 9 Da -7,0 m a -8,5/-9,0 m pc zona est Da -4,5 m / -5,0 m a -6,0/-6,5 m pc zona ovest	Limi argilloso sabbiosi – limi argillosi con presenza poco diffusa di clasti litici, a medio basso – medio grado di consistenza, saturi.	$N_{20k} = 14,3$ $N_{60} = 14,1$ $cu_k = 0,60 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kp} = 17 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kc} = 0,14 \text{ kgf/cm}^2$ $\phi'_{kp} = 29^\circ$ $\phi'_{kc} = 25^\circ$ $\gamma_k = 0,00195 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{edk} = 70 \text{ kgf/cm}^2$ $E_{25k} = 122 \text{ kgf/cm}^2$
Unità 10 Da -8,5 m -9,5 m a >-10,0 m pc zona est Da -6,0 m a >-6,5 m pc zona ovest	Alternanze limoso argillose e limoso sabbiose con diffusa presenza di clasti litici, molto consistenti, sature.	$N_{20k} = 25$ $N_{60} = 32$ $cu_k = 1,10 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kp} = 0,35 \text{ kgf/cm}^2$ $c'_{kc} = 0,28 \text{ kgf/cm}^2$ $\phi'_{kp} = 33^\circ$ $\phi'_{kc} = 28^\circ$ $\gamma_k = 0,0021 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{edk} = 130 \text{ kgf/cm}^2$ $E_{25k} = 250 \text{ kgf/cm}^2$

Legenda dati: Dr = densità relativa; ϕ'_p = angolo di attrito interno di picco; ϕ'_c = angolo di attrito interno di stato critico; ϕ'_{res} = angolo di attrito interno residuo; c' = coesione drenata; cu = coesione non drenata; γ = peso di volume; E_{25} = modulo elastico operativo;

Analisi statistica dati penetrometrici - Dinamiche super pesanti DPSH



N₂₀ (kgf/cm²)

	Unità 1	Unità 2	Unità 3	Unità 3bi	Unità 4	Unità 4bi	Unità 5	Unità 6	Unità 6bi	Unità 7	Unità 8				
campio	17	17	24	17	21	7	11	9	4	10	12				
Minimo	0.20	2.50	4.50	1.00	8.00	4.00	6.00	8.00	12.00	12.00	19.00				
Massim	2.00	6.00	10.00	5.00	17.00	9.00	8.00	12.00	14.00	24.00	70.00				
Media	1.08	4.32	7.42	2.32	12.10	5.00	7.18	9.89	13.00	16.70	33.00				
Moda	2.00	5.00	6.00	2.00	11.00	4.00	7.00	10.00	13.00	19.00	25.00				
Median	1.00	4.00	7.50	2.00	11.00	4.00	7.00	10.00	13.00	16.50	28.00				
Dev. Sta	0.74	0.87	1.52	0.87	2.52	1.69	0.72	1.10	0.71	3.90	15.10				
Media t	1.07	4.33	7.43	2.23	12.00	5.00	7.22	9.89	13.00	16.38	30.70				
t studer	1.75	1.75	1.71	1.75	1.72	1.94	1.81	1.86	2.35	1.83	1.80				
N20k	0.76	3.94	6.87	1.94	11.12	3.66	6.77	9.17	12.04	14.32	24.82				

Suscettività alla Liquefazione

I litotipi presenti nei primi -4/-6 ÷ -10 m del sottosuolo, in base ad analisi speditive dirette in sito effettuate sui terreni di risulta da scavi sino a -1 ÷ -1,5 m effettuati per la predisposizione delle piazzuole di stazionamento per le indagini DPSH e desunte dall'andamento delle verticali di queste ultime, sono costituiti da alternanze di strati limoso argillosi – limoso sabbiosi argillosi con presenza variabile di clasti lapidei; tali terreni a profondità sottostanti -5 m pc sono contraddistinti da valori di $N_{160} > 7/9$, e saturati da presenza idrica.

In rapporto a quanto esposto e ad analisi geotecniche su terreni equivalenti a quelli presenti nel sito in oggetto precedentemente eseguiti dallo scrivente in aree prossime con caratteristiche litotecniche simili/equivalenti, che hanno evidenziato percentuali in componenti fini: $CF > 25\%$ e valori dell'indice di plasticità: $I_p \geq 15\%$, risulta che la pericolosità di liquefazione è praticamente nulla; nel contesto di quanto esposto è inoltre da considerare che nei fori delle indagini geognostiche precedentemente eseguite nel 2003 (*Geognostica Italiana*) non si è rilevata presenza di saturazione nei primi 5/9 m del sottosuolo.

A riscontro di quanto sopra esposto, è stata stimata la pericolosità di liquefazione in rapporto alla velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio normalizzata, considerando i valori di V_s minori riscontrati nelle verticali Re.Mi./MASW effettuate alle profondità sottostanti -4,0 m pc, mediante la relazione:

$$V_{s1} = \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25} v$$

ottenendo:

Profondità	V_{s1} m/sec
-4 /-12 m	242
-12 /-20 m	360

In base al grafico di *Kayen*, in funzione del rapporto CSR ottenuto dalla relazione

$$CSR = 0,65 \cdot ag \max \cdot \frac{\sigma_0}{\sigma'_v} (1 - 0,015z)$$

nella quale

CSR = domanda di resistenza

z = profondità dello strato, m

ag max = accelerazione orizzontale, g, da codice di calcolo

risulta:

Profondità	CSR
-4 /-12 m	0,252
-12 /-20 m	0,246

e pertanto non suscettibili di pericolosità di liquefazione.

I parametri ottenuti per i primi 6/8 m del sottosuolo caratterizzati dalla presenza in percentuale delle componenti fini maggiore del 25% (ottenuta dalla relazione di *Robertson*, 1990) sono contraddistinti da potenziale pericolosità del grado di liquefazione basso – praticamente nullo.

Le unità litotecniche sottostanti -6/-8 m pc e sino a -20 m pc, costituiti da litotipi rocciosi fratturati ad eccezione del settore orientale – sud orientale nel quale il substrato roccioso si riscontra a -9/-10 m pc, che sono caratterizzati da:

$$V_{s1} > 242m/sec$$

Pertanto tali terreni non sono suscettibili di pericolosità di liquefazione, Allegato A3 art. A1 630/2019.

VERIFICHE DI STABILITA' DEL VERSANTE

In rapporto all'analisi geomeccanica dei dati delle prove penetrometriche dinamiche DPSH, precedentemente descritte al paragrafo modello litotecnico locale, sono state eseguite le verifiche di stabilità al quale appartiene l'ambito ACA1 mediante il metodo di *Sarma*, che ricerca il valore critico della stabilità del pendio, in riferimento ad un'accelerazione orizzontale uniforme oltre la quale si verifica la rottura ed il conseguente cedimento del versante. Tale procedura utilizza la seguente relazione:

$$K_c = \frac{AE}{PE}$$

in cui:

$$AE = a(n) + a(n-1) \cdot e(n) + a(n-2) \cdot e(n) \cdot e(n-1) + \dots + a(1) \cdot e(n) \cdot \dots \cdot e(2)$$

$$PE = p(n) + p(n-1) \cdot e(n) + p(n-2) \cdot e(n) \cdot e(n-1) + \dots + p(1) \cdot e(n) \cdot \dots \cdot e(2)$$

In cui:

n = numero dei conci

$$a(i) = q(i) \cdot (a_1 - a_2 + a_3 + a_4 - a_5)$$

$$p(i) = q(i) \cdot w(i) \cdot \cos[\phi_b(i) - \alpha(i)]$$

$$e(i) = q(i) \cdot \frac{\cos \phi_b(i) - \alpha(i) + \phi_s(i) - D(i)}{\cos \phi_s(i)}$$

$$q(i) = \frac{\cos \phi_b(i+1)}{\cos[\phi_b(i) - \alpha(i) + \phi_s(i+1) - D(i+1)]}$$

$$a_1 = w(i) + T_v(i) \cdot \sin[\phi_b(i) - \alpha(i)]$$

$$a_2 = T_h(i) \cdot \cos[\phi_b(i) - \alpha(i)]$$

$$a_3 = r(i) \cdot \cos \phi_b(i)$$

$$a_4 = s(i+1) \cdot \sin[\phi_b(i) - \alpha(i) - D(i+1)]$$

$$a_5 = s(i) \cdot \sin[\phi_b(i) - \alpha(i) - D(i)]$$

dove:

$$s(i) = c_s(i) \cdot d(i) - P_w(i) \cdot \tan \phi_s(i)$$

$$c_b(i) \cdot b(i)$$

$$r(i) = \frac{c_b(i) \cdot b(i)}{\cos \alpha(i)} - u(i) \cdot \tan \phi_b(i)$$

w = peso

d = lunghezza del lato

D = inclinazione del lato

b = larghezza della base

α = inclinazione della base

c_b = coesione di base

ϕ_b = angolo di attrito di base

c_s = coesione laterale

ϕ_s = angolo di attrito laterale

u = spinta idraulica normale lungo la base

P_w = spinta idraulica normale lungo il lato

T_v = forza esterna verticale

T_h = forza esterna orizzontale

La soluzione dell'equazione $K_c(pr) = 0$ è ottenuta per via numerica attraverso un procedimento interattivo che assicura un'elevata velocità ed affidabilità. Tale procedura restituisce un valore del fattore di sicurezza con un errore per difetto contenuto entro 0,01.

Quindi il fattore di sicurezza coincide con il valore che assume un parametro riduttivo (pr) delle caratteristiche geotecniche reattive quando esse portano all'annullamento dell'accelerazione critica.

Le valutazioni delle condizioni di stabilità sono state sviluppate per le condizioni morfologiche significativamente più rappresentative per potenziali processi deformativi del versante individuate dai profili di massima pendenza in direzione sud - nord ed ovest - est.

Nel contesto delle analisi di stabilità, per l'individuazione, dell'assetto spaziale delle unità litotecniche discretizzate e delle superfici di potenziale deformazione -

rottura, è stato fatto riferimento alle prospezioni in tomografia sismica, verticali Re.Mi./MASW, verticali HVSR, rapportando le unità sismotecniche dei principali contrasti di impedenza sismica individuati ai parametri individuati dalle indagini geognostiche: prove penetrometriche dinamiche DPSH.

Le verifiche di stabilità, in funzione delle attuali geometrie del versante, sono state effettuate secondo le linee di massima pendenza, determinate in base ai dati ottenuti dal rilevamento diretto con sistema GPS (strumento *Hi Target V30*), integrati da livellazioni dal mezzo con autolivello *GAL 24*; detti profili sono stati rilevati nel settore esteso dalle zone adiacenti a via Borgo Visignolo e sino ai limiti nord-est ed est-sudest dell'area in proprietà; a valle di questi ultimi le inclinazioni del pendio si attenuano a $10^{\circ}/12^{\circ}$.

Le superfici di potenziale deformazione/rottura, sono state individuate in base alle pendenze delle unità di strato definite in funzione delle correlazioni tra le indagini geognostiche e prospezioni geofisiche raffrontate alle variazioni di inclinazione del profilo topografico. Tali valutazioni sono state implementate mediante l'analisi delle superfici con fattore di sicurezza minimo cinematicamente possibile, che non violino il principio di Mohr – Coulomb, in funzione dei parametri ϕ' e c' , esaminando un numero di involuppi di superfici di deformazione/rottura potenziali corrispondente a 30 per ogni condizione simulata sia per il tratto di versante esteso ovest – est che quello sud – nord.

Detta analisi ha evidenziato che le zone potenzialmente instabili, che interessano l'insieme del versante con presenza di saturazione sotterranea, coinvolgono uno spessore dei terreni equivalente a -5 m pc nel settore centro meridionale del versante e sino a -6/-7 m nelle parti orientali e settentrionali dello stesso.

Tali superfici si sviluppano con assenza di fasce di tensioni crack potenziale sia in direzione ovest est che sud nord che coinvolgono il pendio sede del comparto ACA1.

Le valutazioni delle condizioni di stabilità sono state sviluppate nello stato attuale considerando l'assenza di sovraccarichi.

Le verifiche di stabilità sono state eseguite considerando la saturazione idrica a profondità sottostanti -4/-5 m pc, come rilevato nel luglio 2020 nei fori delle indagini geognostiche DPSH direttamente effettuate.

Le analoghe indagini geognostiche precedenti, luglio 2003 (*Geognostica Italiana*) avevano evidenziato l'assenza di saturazione idrica nei primi 6/9 m del sottosuolo.

Nel consegue che le analisi sviluppate sono di tipo cautelativo ad a favore della sicurezza.

In dette valutazioni sono stati utilizzati i coefficienti di incremento alle forze destabilizzanti in funzione dei valori di accelerazione orizzontale ottenuti dall'analisi di risposta sismica locale sviluppata con Codice di Calcolo *Strata*.

Nelle verifiche effettuate sono stati adottati i criteri previsti dal DM 147/01/2018 e pertanto nelle simulazioni in presenza di sollecitazione sismica si è utilizzato l'Approccio 1, Combinazione 2:

$$A2 + M2 + R2$$

nella quale si è assunto $R2 = 1,1$.

I valori di accelerazione sismica locale, secondo l'analisi di III° livello ed i dettami del D.M. 14/01/2008, sono stati determinati applicando il coefficiente

$$\beta = 0,24$$

ottenendo i valori σ_h e σ_v esposti nel paragrafo: *Azione sismica*.

Per quanto riguarda la valutazione delle condizioni di stabilità attuali, finalizzate a valutare l'affidabilità dei parametri geotecnici da adottare in assenza di sovraccarichi ("back analysis"), si è utilizzato l'approccio 1 combinazione 1:

$$A1 + M1 + R1$$

nella quale:

$$R1 = 1,3$$

Le valutazioni, effettuate adottando i parametri geotecnici di stato critico, determinati in base ai modelli di analisi geomeccanica delle prove penetrometriche dinamiche DPSH, sono state eseguite in condizioni di assenza di sollecitazione sismica ed in presenza della stessa in tensioni efficaci per l'approccio 1 – combinazione 1, per le verifiche in presenza di sisma secondo l'approccio 1 – combinazione 2 sono stati utilizzati i parametri geotecnici in termini di tensioni totale applicando i coefficienti parziali per i terreni della Tab.6.2.II del DM 17/01/2018; per le condizioni post sismiche i parametri in termini di tensioni efficaci con applicazione dei coefficienti parziali.

Analogamente detti coefficienti per i valori in tensioni efficaci sono stati adottati per le verifiche delle condizioni post sisma.

L'azione sismica è stata determinata in funzione dei fattori di incremento delle forze destabilizzanti ottenuti dall'analisi di III° livello: risposta sismica locale; il coefficiente per gli effetti della topografia definito in base agli Abachi ICMS per lunghezza di versante minore di 150 m e pendenze minori di 30° corrisponde a:

$$St = 1,2$$

Il coefficiente di riduzione dell'azione sismica: β_s (par.7.11.3.5.2 NTC 2008 – tab. 7.11.1 NTC 2018) per il tratto di pendio in esame, ottenuto dall'analisi di risposta sismica locale sviluppata in base ai dati delle verticali RM/MW, equivale a:

$$K_h = 0,085 g$$

$$K_v = 0,042 g$$

Le superfici di potenziale deformazione rottura delle condizioni sopra descritte, sono visualizzate negli allegati certificati *Verifica di stabilità*.

In riferimento al modello litotecnico dei primi 5/6÷9/10 m del sottosuolo, precedentemente descritto, si sono assunti i valori di angolo d'attrito interno e di coesione di stato critico sia in termini di tensioni efficaci, che in termini di tensioni totali, per unità di strato discretizzate in orizzonti assimilabili ad un continuo elastoplastico in campo lineare, come indicato nelle seguenti tabelle.

MODELLO GEOTECNICO (stato picco/critico)**SETTORE DI VERSANTE OVEST-EST: DPSH 2-3-7-8-6/20, DH 5/03, CPT 1/03**

Unità geotecnica	Litotipo	Profondità da pc m	Descrizione litotecnica	Angolo di attrito di picco - ϕ°	Coesione efficace picco - c' (KN/mq)	Coesione non drenata di picco - C_u KN/mq	Angolo d'attrito interno, stato critico ϕ°	Coesione efficace stato critico c' (KN/mq)	Angolo d'attrito interno ridotto, ϕ° stato critico	Coesione efficace ridotta c' (KN/mq) stato critico	Coesione non drenata ridotta C_u KN/mq	Peso di volume γ_m (KN/cm ³)
1	1	Da 0,0 a -1,0/-1,5	Limi argillosi – argille limose	22°	6	10	20	4	16,2	3,2	7,1	18
2	2	Da 1,0/-1,5 a -2,0/-2,5	Limi argillosi e limi	23°	12	30	21	8	17,1	6,4	21,4	18,3
3bis	3	Da -1,0/-1,50 a -4,0/-4,5	Argille limose – imi argillosi	17°	7	17	14	4	11,3	3,2	12	17,5
4	4	Da -2,0/-2,5 a -4,0/-5,0	Limi argilloso sabbioso fini con clasti litici di dimensione centimetrica	25°	12	50	23	9	18,8	7,2	35,7	18,5
5	5	Da -4,0 a -5,0	Argille limose	25°	13	40	22	9	17,9	7,2	28,5	18,5
6	6	Da -2,5/-4,0 a -4,0/-5,0	Argille limose	27°	12	55	24	8	19,6	6,4	39,3	18,7
7	7	Da -4,5/ -5,0 a -5,5/-6,0	Limi argillosi	23°	12	40	21	7	17,1	5,6	28,5	18,5
8	8	Da -4,0/-5,0/- 6,0 a -4,5/-6,5/ -7,0	Limi argilloso sabbiosi con presenza di clasti litici centimetrici	24°	13	50	22	8	17,9	6,4	35,7	18,5
9	9	Da -5,0/-6,0/- 7,0 a -6,0/-7,0/- 9,0	Limi argilloso sabbiosi con presenza di clasti litici centimetrici	29°	17	60	25	14	20,5	11,2	42,8	19,5
10	10	> -6,0/-7,0/- 9,0	Limi argillosi limi sabbiosi con diffusa presenza di clasti litici	33°	35	110	28	28	23	22,4	78	21

MODELLO GEOTECNICO (stato picco/critico)**SETTORE DI VERSANTE SUD-NORD: DPSH 1-3-4-5/20, DH 6/03**

Unità geotecnica	Litotipo	Profondità da pc m	Descrizione litotecnica	Angolo di attrito interno di picco - ϕ°	Coesione efficace picco - c' (KN/mq)	Coesione non drenata di picco - C_u KN/mq	Angolo d'attrito interno, stato critico ϕ°	Coesione efficace Stato critico c' (KN/mq)	Angolo d'attrito interno ridotto, ϕ° stato critico	Coesione efficace ridotta c' (KN/mq) stato critico	Coesione non drenata ridotta C_u KN/mq	Peso di volume γ_m (KN/cm ³)
1	1	Da 0,0 a -1,0/-1,5	Limi argillosi – argille limose	22°	6	10	20	4	16,2	3,2	7,1	18
2	2	Da 1,0/-1,5 a -2,0/-2,5/-3,0	Limi argillosi e limi	23°	12	30	21	8	17,1	6,4	21,4	18,3
3	3	Da -0,5 a -1,0	Limi argillosi – limi – sabbioso argillosi	26°	13	50	23°	9	18,9	7,2	35,7	18,5
5	4	Da -1,5 a -3,0/-3,0	Limi argilloso sabbioso fini con clasti litici di dimensione centimetrica	24°	13	40	22°	9	17,9	7,2	28,5	18,5
4	5	Da -2,0/-2,5/-3,0 a -4,0/-4,5	Argille limose	27°	15	55	24°	8	19,6	6,4	39,3	18,5
5bis	6	Da 4,0/-4,5 a -5,0	Argille limose	26°	13	52	23°	8	18,8	6,4	37,1	18,3
6	7	Da -4,0/-4,5/-5,0 a -4,5/-5,5/-6,0	Limi argillosi	23°	13	50	22°	8	17,9	6,4	35,7	18,5
7	8	Da -4,5/-5,0/-6,0 a -5,0/-5,5/-6,5	Limi argilloso sabbiosi con presenza di clasti litici centimetrici	28°	17	60	25°	14	20,5	11,2	42,8	19,5
8	9	> -5,0/-5,5/-6,5	Limi argilloso sabbiosi con diffusa presenza di clasti litici centimetrici	33°	35	110	28°	28	23	22,4	78	21

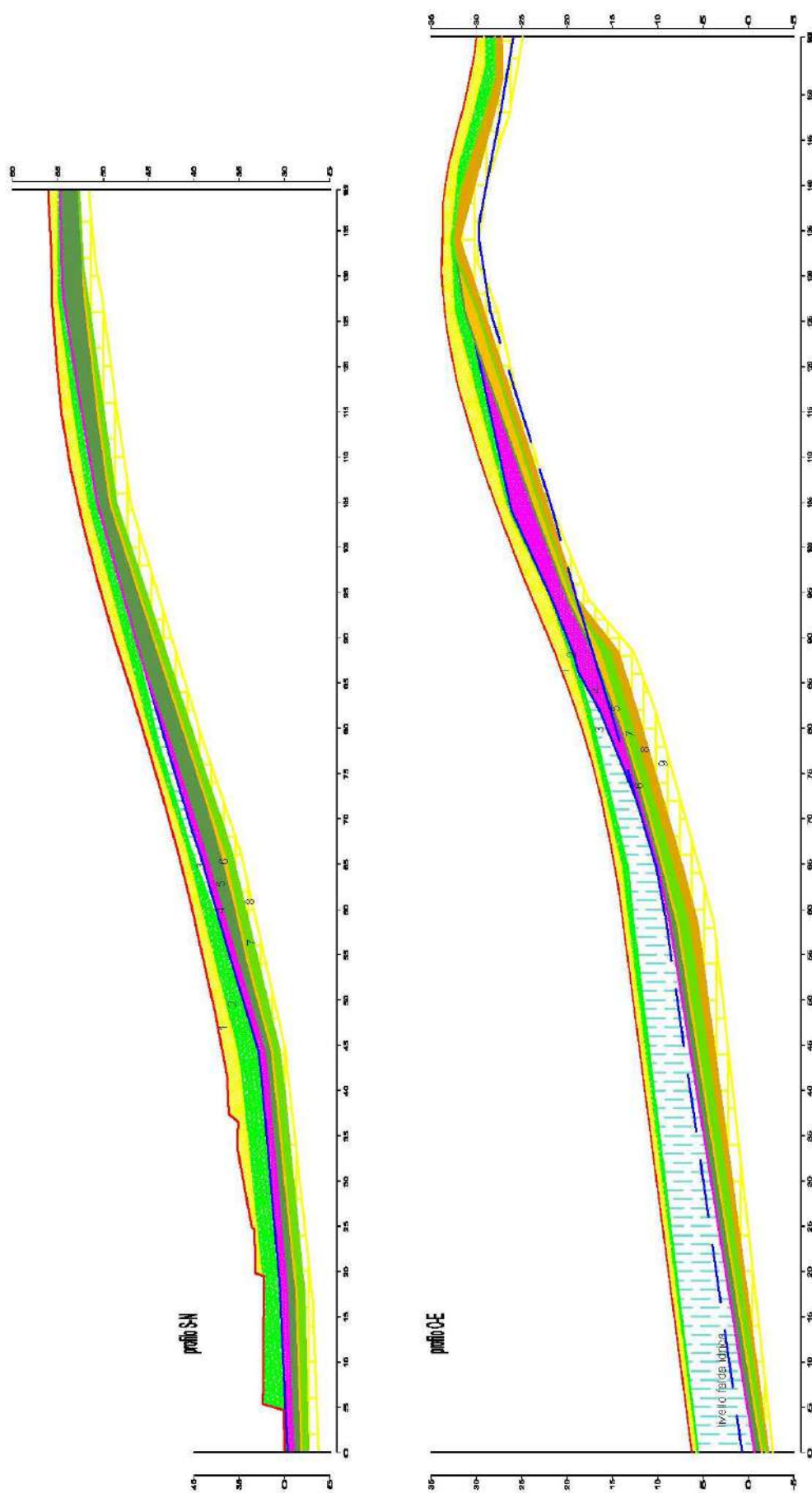


Fig. 1 - Modello geotecnico unità di strato

I valori dei coefficienti di sicurezza ottenuti dalle analisi di stabilità delle superfici di potenziale deformazione rottura esaminate che hanno evidenziato superfici con coefficienti di sicurezza di versante minimi sono riassunti nelle tabelle di seguito esposte.

- Parametri stato critico – combinazione A1+M1+R1

- Saturazione idrica -5 m pc

Tratto di versante	Superficie	Condizione	Assenza sisma fattore sicurezza	Presenza sisma fattore sicurezza
Ovest – est	Tan1	Drenate	1,70	1,32
	Tan2	Non drenate	2,35	1,79
Sud – nord	Tan3	Drenate	2,40	1,73
	Tan3	Non drenate	2,79	1,99

- Parametri stato critico – combinazione A2+M2+R2 – Coefficienti parziali – saturazione idrica -5 m pc

- Condizioni cosismiche

Tratto di versante	Superficie	Condizione	Presenza sisma Fattore sicurezza
Ovest – est	Tan2	Non drenate	1,28
Sud – nord	Tan3	Non drenate	1,44

- Condizioni post sisma

Tratto di versante	Superficie	Condizione	Assenza sisma Fattore sicurezza
Ovest – est	Tan1	Drenate	1,37
Sud – nord	Tan3	Drenate	1,91

Le verifiche effettuate utilizzando i parametri di stato critico, sviluppate secondo l'approccio A1+M1+R1 per il quale il coefficiente di sicurezza minimo previsto dal DM 2018 corrisponde ad $f = 1,3$, evidenziano condizioni stabili in sicurezza sia in assenza che presenza di sisma e con saturazione idrica dei terreni a profondità sottostanti -4/-5 m pc.

Le verifiche effettuate secondo l'approccio A2+M2+R2 per il quale il coefficiente minimo previsto dal DM 2018 corrisponde ad 1, nelle presenti analisi si è assunto come minimo 1,1, utilizzando i parametri di stato critico applicando i coefficienti parziali della Tab. 6.2.II – DM 17/01/2011, evidenziano condizioni stabili in sicurezza con

presenza di sisma (cosismiche); analogamente nelle situazioni post sismiche le condizioni sono stabili in sicurezza.

Analisi Condizioni di stabilità – Ambito ACA1

Le superfici di potenziale deformazione/rottura ottenute dalle analisi sviluppate evidenziano che l'attuale assetto geometrico del versante è in condizioni stabili in sicurezza sia in assenza di sisma che in presenza di sisma.

Applicando i coefficienti riduttivi in condizioni cosismiche i tratti di versante esaminati sono stabili in sicurezza; analoghe situazioni stabili in sicurezza sussistono anche nelle condizioni post sisma.

In rapporto a quanto esposto si specifica che nelle situazioni di progettazione esecutiva dovranno essere sviluppate le verifiche di stabilità del versante per i profili del pendio e per gli spostamenti terre secondo le configurazioni modificate.

In riferimento a queste ultime saranno da realizzare interventi di regimazione delle acque di ruscellamento superficiale che dovranno essere raccolte ed allontanate con idonee condotte e/o fossi, convogliandole alle esistenti reti di drenaggio e/o fognature.

Escavabilità terreni/rocce

La valutazione dell'escavabilità dei terreni/rocce che costituiscono il versante sede dell'ambito ACA1 in rapporto alle velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione V_p , è stata sviluppata in base alla correlazione utilizzata dal *California Department of Transportation* che suddivide le caratteristiche di escavabilità degli ammassi rocciosi nelle seguenti classi:

- $V_p < 600$ m/sec ammasso roccioso escavabile
- $600 < V_p < 1050$ m/sec ammasso roccioso facilmente rippabile
- $1050 < V_p < 1400$ m/sec ammasso roccioso rippabile con difficoltà
- $V_p > 1400$ m/sec ammasso roccioso non rippabile (utilizzo di martello demolitore)

Per la stima delle possibilità di escavazione oltre alle classi sopra descritte è stato considerato il valore del numero colpi N_{20} ottenuto dalle prove penetrometriche DPSH effettuate nel luglio 2020.

In funzione di quanto esposto si riscontra che nel settore meridionale del comparto ACA1: aree con quote maggiori di 284 m slm, da rilievo topografico *Studio Atalante*, i materiali presenti nei primi 4/5 m del sottosuolo sono escavabili, quelli riscontrabili tra -4/-5 m pc e -6/-8 m pc, facilmente rippabili, i materiali tra -6/-8 m pc e -10/-11 m pc,

difficilmente rippabili, alle profondità sottostanti è da prevedere l'utilizzo di martello demolitore.

Nella parte settentrionale del comparto in esame: aree con quote 284 e 272 (*Atlante*) i terreni dei primi 6/6,5 m del sottosuolo sono escavabili, i materiali presenti tra -6/-6,5 e -8/-9 m pc facilmente rippabili, quelli riscontrabili tra -8/-9 m pc e -10,5/-11 m pc sono rippabili con difficoltà; alle profondità sottostanti sino a -12/-13 m pc non rippabilità molto difficoltosa/non rippabili.

Nel settore orientale – orientale settentrionale del comparto, aree con quote tra 276 e 268 m slm (*Atlante*) sono escavabili i terreni che formano i primi 6/7 m del sottosuolo; i materiali presenti tra -6/-7 e -9/-10 m pc facilmente rippabili; alle quote sottostanti -10/-11 m pc i materiali sono rippabili con difficoltà o non rippabili.

CONCLUSIONI

Nel contesto della prima Variante al Piano Operativo Comunale 2017/2021 (art.4 L.RER e Art. 30 e 34 L.RER 20/200), relativa all'ambito ACA1 in località Borgo Visignolo, Baiso, RE, è stata sviluppata un'analisi di caratterizzazione e modellazione geologico – geotecnica e sismica del settore di versante sede di detto comparto. Tale esame è stato finalizzato all'individuazione dell'assetto geometrico e caratteristiche dei materiali che formano il sottosuolo del sito in narrativa per la valutazione delle condizioni di stabilità dell'area alla quale appartiene l'ambito oggetto della variante.

Lo studio, articolato in rilevamenti geologico – geomorfologici, integrati da indagini geognostiche e da prospezioni geofisiche, è stato eseguito in ottemperanza ai dettati del DM 17/01/2018, DGR.ER. 630/2019, NA PTCP Reggio Emilia.

Nell'area di variante è stato effettuato un rilievo planialtimetrico con metodo GPS, con strumentazione a risoluzione centimetrica, eseguito da *Studio Atlante*, via Lombardia, 3 Reggio Emilia.

L'analisi di geologico – geotecnica e sismica è stata redatta su commissione di **GGS srl** Viano, RE

Le analisi effettuate, in subordine agli indirizzi e prescrizioni individuate, evidenziano che sussistono idonee condizioni di fattibilità geologico tecnica per l'utilizzo ai fini edificatori del sito sede dell'area di impronta dell'Ambito ACA1, Borgo Visignolo, Baiso, RE.

Geologia

Il territorio del comune di Baiso, RE, appartiene alla fascia delle strutture del medio Appennino e del margine Appenninico Emiliano Reggiano, costituito dalla sovrapposizione delle falde tettoniche formate da litozone prevalentemente argilloso argillitiche, marnoso argillose ed alternanze calcareo marnose ed arenitico pelitiche del Dominio Ligure e dalle sequenze arenaceo pelitiche – arenacee, marnose – marnoso argillose ed argillitiche della Successione Epiligure. Le sequenze del Dominio Ligure, che costituiscono la parte prevalente del territorio, formano le aree meridionali centro settentrionali e fasce occidentali ed orientali della superficie comunale; le zone centrali – centro settentrionali e fascia settentrionale sono composte dalle formazioni della Successione Epiligure che immediatamente a nord in comune di Viano costituiscono una sinclinale con asse ovest – est che si immerge in verso orientale.

Il settore di territorio al quale appartiene Borgo Visignolo, fascia settentrionale dell'area comunale, è formato da alternanze di litozone prevalentemente arenacee – arenaceo conglomeratiche ed arenaceo pelitiche della Formazione di Ranzano che presenta immersioni a nord est – nord con angoli di 40°/50°.

L'assetto dei sismostrati rapportato a quello ottenuto dalle correlazioni con le giaciture degli strati arenitici e con quelle delle unità litotecniche individuate in base alle prove penetrometriche dinamiche DPSH, dei livelli identificati dalle verticali sismiche ReMi/MASW ed HVSr, quelli determinati nelle prospezioni in tomografia sismica 2D nel versante al quale appartiene l'Ambito ACA1 ed a valle dello stesso, evidenzia geometrie con inclinazioni in direzione nord, mediamente corrispondenti a $20^{\circ}/25^{\circ}$ ed in verso est di $15^{\circ}/20^{\circ}$.

Detta analisi comparata ha evidenziato la presenza di incrementi in spessore in verso settentrionale dell'unità litotecnica più superficiale a caratteristiche geotecniche medie – medio basse; tali aumenti in potenza e diminuzione dei parametri di resistenza al taglio si riscontrano anche in direzione est e diventano di tipo scandente nella fascia orientale – orientale settentrionale dell'area esaminata. Detti aumenti di potenza e decadimenti dei valori di resistenza, sono correlabili alla presenza di materiali da deposito di frana quiescente, quest'ultima si sviluppa ad est – nord est l'area di impronta dell'Ambito ACA1 ed interessa la fascia all'estremità est della stessa per una larghezza di 10/15 m.

Geomorfologia

Le morfologie del rilievo, conseguite all'avvicinarsi delle diverse condizioni climatiche che hanno interessato il territorio di Baiso, in funzione delle caratteristiche di resistenza alla degradazione delle rocce che lo costituiscono, hanno generato forme del paesaggio differenziate.

Queste ultime, a luoghi, sono state sensibilmente modificate dall'azione dell'uomo che, talora, ha causato significativi dissesti.

Gli assetti morfo-paesaggistici derivati dalle locali condizioni geologico-strutturali, conseguono principalmente delle azioni modellanti esercitate dall'erosione delle acque sia incanalate che di infiltrazione superficiale e della gravità. Queste ultime hanno generato morfologie generalmente a moderata acclività, correlate al medio – medio basso grado di resistenza all'erosione dei litotipi presenti nell'area, che a zone assumono profili accentuati in corrispondenza di materiali meno degradabili di tipo marnoso calcareo e ad alternanze arenaceo pelitiche ed arenacee quali quelle rilevabili nel versante al quale appartiene Borgo Visignolo. Quest'ultimo è contraddistinto da pendenze medie di $20^{\circ}/23^{\circ}$ che si attenuano a $15^{\circ}/12^{\circ}$ nelle fasce settentrionali ed orientali del comparto.

Gli agenti e caratteristiche sopra descritti hanno inoltre generato nell'area comunale, prevalentemente costituita da litotipi argillosi ed argillitici, diffusi dissesti franosi di dimensioni da medie a rilevanti.

Nella parte settentrionale del territorio comunale gli accumuli di frana con maggiori volumetrie sono osservabili 0,8/1,3 km a sud – sudest di Il Borgo circa tra Casalecchio – Cà degli Abati – S. Romano – Paderna – Vronchi. Oltre a questi si rileva un corpo di

frana di colata quiescente che si estende assecondando l'andamento del fosso di incisione che si origina 50/70 m a nord ovest di Casalecchio e si allunga in direzione nord a C. Corti – area urbanizzata 200 m a sud di Mulino Costi. Un ramo secondario di tale processo interessa la fascia all'estremità est – nordest dell'ambito ACA1. Quest'ultimo è costituito nei primi 5/7 ÷ 9 m del sottosuolo da depositi di versante a media consistenza, ad eccezione della fascia al bordo orientale, che coprono un substrato roccioso arenaceo – arenaceo pelitico. Detti depositi si sviluppano decisamente ad est del fosso Casalecchio – C. Corti.

Il settore di versante sede dell'area di impronta del comparto ACA1 è caratterizzato dall'assenza di forme e processi in evoluzione, anche di tipo superficiale, ed è contraddistinto da condizioni stabili ad eccezione fascia all'estremità orientale nella quale le condizioni sono potenzialmente instabili.

Modellazione sismica

L'areale al quale appartiene il comune di Baiso è caratterizzato dalla presenza delle formazioni del Dominio Ligure nelle parti meridionali – orientali e centro occidentali, che costituiscono la prevalente percentuale del territorio (70%), ed in subordine da quelle della Successione Epiligure (30%) nelle zone centro meridionali, centro settentrionali e settentrionali.

Le unità quaternarie continentali compresi gli accumuli di frana, che rappresentano le litozone generalmente più influenzate dal mondo sismico, rivestono circa il (35%) della superficie comunale.

Dette litozone sono contraddistinte da risentimenti sismici correlati ai diversi assetti a strutturali, stile tettonico, del differenziato grado di consistenza delle unità litotecniche, spessori dei depositi quaternari.

L'assetto strutturale di dette successioni nella zona centromeridionale del territorio di Baiso è caratterizzato da brachiantichinali strizzate e fagliate con pieghe coricate, alle quali seguono in verso settentrionale, brachisinclinali più o meno asimmetriche con asse orientato ovest – est; successivamente, in direzione nord, si rinvencono nuovamente brachianticlinali strizzate con assi orientati ovest – est, che sono a loro volta seguite, al confine con il comune di Viano dall'omonima sinclinale che presenta asse ovest – est.

Dal punto di vista strutturale, nella fascia dell'appennino reggiano in oggetto, le principali linee tettoniche sono a direzione appenninica (WNW-ESE), e si ubicano in prevalenza immediatamente a sud ed a nord della Successione Epiligure presente tra Baiso capoluogo – Castelvechio – Pietra Cava – Rio Fontanella e San Romano – Visignolo – C. Gazzoli e nel settore occidentale centrale circa tra Castagneto – Cà Talamo – Levizzano – Serra di Sotto – Case Serra.

Attività tettonica

Le disamine relative alle strutture profonde redatte nell'ambito dell'elaborazione della *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna* (L. Martelli et Alti; 2016) indicano attività della linea sepolta San Polo d'Enza – Puianello – Casalgrande – Maranello e per analogia anche degli sovrascorrimenti alla stessa sub paralleli che comprendono il Fronte di Accavallamento della Successione Carbonatica meso cenozoica; è inoltre attribuita attività alla Linea del Secchia, a direttrice antiappenninica; quest'ultima in base a studi del CNR P.F. G.S.N. 1983, è caratterizzata da indizi neotettonici.

Le zone sismogenetiche sorgente composite (DISS.3.2.1– <http://diss.rm.ingv.it/diss/>) che interessano il territorio di Baiso sono rappresentate dalla Linea Langhirano – Sassuolo e Linea Bore – Montefeltro – Fabriano – Laga, entrambe direttrice appenninica.

La prima, delimitata dalla faglia attiva che si estende nel sottosuolo dell'allineamento Pilastro – Bannone – Quattro Castella – Fiorano, è caratterizzata da ipocentri con profondità di $2 \div 8$ km e $M_{w_{max}}=5,9$; la seconda è limitata dalla faglia attiva orientata secondo Terenzo – Calestano – Trinità – Casina – Prignano della Secchia ed è contraddistinta da ipocentri tra $-12 \div -22$ km, con $M_{w_{max}}=6,2$, generati da meccanismi focali compressivi e trascorrenti, quali quelli del 23/12/2008 con epicentri tra Lodrignano e Buolo e ipocentri a profondità $-21,7 \div -23,7$ km ed $M_w=5,4$.

Quanto esposto testimonia che l'attività sismica nell'area in oggetto è prevalentemente correlata alla fascia deformativa dei fronti di accavallamento delle pieghe del medio appenninico e pedeappenniniche.

Le prime di queste appartenenti al fronte compressivo appenninico sono costituite da un sistema di sovrascorrimenti/faglie orientati principalmente ovest – sudovest – est nord est ed in subordine antiappenniniche sud ovest – nord est, nelle quali gli ipocentri sismici si generano prevalentemente nei primi 20 km del sottosuolo con magnitudo massima stimata nell'appennino settentrionale corrispondente a $M_w=6,0$.

Le pieghe pedappenniniche anch'esse facenti parte del fronte compressivo pedappenninico sono formate principalmente da un sistema di faglie che si estende in direttrice ovest nordovest – est sudest, circa secondo l'allineamento S. Polo d'Enza – Vezzano sul Crostoso/Albinea – Rondinara/Scandiano – Sassuolo, assumendo una larghezza variabile tra $1,3 \div 2,5 \div 3,8$ km, con valori minimi nei settori orientali (Sassuolo – Casalgrande), massimi nella zone mediane (Vezzano – Albinea) ed intermedi nelle aree occidentali (Ciano d'Enza – San Polo d'Enza).

In tale fascia sorgente gli ipocentri si originano nei primi 10 km del sottosuolo ed hanno generato sismi con magnitudo stimata $M_w=5,6 \div 5,9$.

Le analisi sviluppate nel contesto dell'elaborazione della Carta Sismotettonica R.E.R. (L. Martelli et Alti; 2016) nella zona settentrionale del territorio di Baiso

evidenziano la presenza di 2 epicentri sismici uno dei quali circa tra Casalecchio-C. Spinzagna con profondità di 5 km pc e $M_w=4,07$, il secondo poco a settentrione di Casale - 0,7 km a sud est di Cassinago - 1,5 km a nord est di Montecchio, con profondità di 6,1 km e $M_w=4,51$.

Nel territorio circostante Baiso capoluogo per un raggio di 15/20 km sono individuati 9 epicentri, 6 dei quali con $M_w=3,75 \div 4,21$ e profondità $-18,5 \div -20,5$ km in sponda orientale del F. Secchia e 3 compresi tra quest'ultimo e la sponda orientale del T. Enza. Il sisma che ha indotto gli effetti maggiori nella zona in oggetto, anche se non documentati, è rappresentato da quello di Maranello - Fiorano del 1501 con $M \geq 6$.

Gli eventi sopra indicati sono stati generati da meccanismi focali compressivi ad eccezione dei sismi avvenuti in prossimità di Palagano e di Terminaccio Castelnovo Monti più superficiali, rispettivamente -5 km m pc e -9,7 km pc ed $M_w=4,24$, $M_w 4,07$, correlati da processi distensivi.

Nel territorio in analisi la sismicità è principalmente connessa all'attività dei processi deformativi che interessano le strutture superficiali nei primi $10 \div 20$ km del sottosuolo, prevalentemente collegati a meccanismi focali compressivi ed in subordine trascorrenti, in percentuale relativa inferiore sono correlati alle deformazioni compressive delle strutture medio profonde e profonde ($20 \div > 35$ km).

Microzonazione sismica.

In rapporto alla pericolosità sismica di base e delle condizioni litostratigrafiche locali: presenza di depositi di versante di modesto spessore: 4/6 m, che aumentano a 5 /8 m al bordo orientale, dove costituiscono un accumulo di frana quiescente che si estingue a 10/15 m dal limite orientale dell'ambito ACA1, alla moderata variabilità laterale della proprietà geotecniche nei primi 4/6 m del sottosuolo e con marcato incremento dei valori di resistenza alle profondità sottostanti, in conformità a quanto previsto dalla DGR 630/2019, dal DM. 17/01/2018, dalla Microzonazione Sismica del Comune di Baiso del PSC 2009, l'azione sismica è stata determinata con metodo approfondito: analisi di terzo livello, mediante codice di calcolo *Strata*, adottando un coefficiente di smorzamento del 5%, tempo di ritorno 475 anni.

L' analisi della risposta sismica locale, ha evidenziato i fattori di amplificazione di seguito esposti:

Periodo T (sec)	SI/SI₀	SA/SA₀	Sa media (g)
0 (FA PGA)	1.84		0.296
0,1 – 0,2	1.95	1.97	0.73
0,2 – 0,3	1.67	1.67	0.66
0,3 – 0,4	1.75	1.75	0.63
0,4 – 0,5	1.67	1.67	0.46
0,5 – 0,6	1.51	1.51	0.32

0,6 – 0,7	1.40	1.40	0.24
0,7 – 0,8	1.29	1.29	0.19
0,8 – 0,9	1.25	1.25	0.16
0,9 – 1,0	1.21	1.21	0.13
1,0 – 1,1	1.18	1.18	0.12
1,1 – 1,2	1.14	1.14	0.10
1,2 – 1,3	1.14	1.14	0.08
1,3 – 1,4	1.15	1.15	0.07
1,4 – 1,5	1.12	1.13	0.06
1,5 – 1,6	1.12	1.12	0.06
1,6 – 1,7	1.12	1.12	0.05
1,7 – 1,8	1.11	1.11	0.04
1,8 – 1,9	1.09	1.09	0.04
1,9 – 2,0	1.09	1.09	0.03

Periodo T (sec)	Fattore di amplificazione H_{SM} (DGR 630/19)
0 (FA PGA)	1,84
SI1 0,1 - 0,5	1.73
SI2 0,5 – 1,0	1.33
SI3 0,5 - 1,5	1.25
SA1 0,1 – 0,5	1.77
SA2 0,4 – 0,8	1.50
SA3 0,7 – 1,1	1.24
SA4 0,5 – 1,5	1.29
H_{SM} (0,1 – 0,5)	612 cm/sec ²
H_{0408} (0,4 – 0,8)	518 cm/sec ²
H_{0711} (0,7 – 1,1)	428 cm/sec ²
H_{0515} (0,5 – 1,5)	178 cm/sec ²

Il fattore di amplificazione topografico del sito in esame corrisponde a:

$$St = 1,2$$

l'azione orizzontale compresa l'amplificazione per effetti della topografia equivale a:

$$K_h = 0,085 \text{ g}$$

l'azione verticale compresa l'amplificazione topografica corrisponde a:

$$K_v = 0,042 \text{ g}$$

Pericolosità sismica di base

In riferimento ai valori di Hsm ottenuti equivalenti a:

$$H_{sm} (0,1 - 0,5)_{sec} = 0,624$$

$$H_{sm} (0,4 - 0,8)_{sec} = 0,528$$

$$H_{sm} (0,7 - 1,1)_{sec} = 0,436$$

L'area di impronta del comparto ACA1 appartiene alla classe di pericolosità alta per gli intervalli: 0,1-0,5 sec. e 0,4-0,8 sec. ricade nella classe molto alta per l'intervallo 0,7-1,1 sec. (Naso G. et Alii, *Boll.Geof.Teor.Appl.* Vol 30; 2019)

Frequenza fondamentale dei terreni

Le elaborazioni delle acquisizioni di microtremiti ambientali a stazione singola, hanno evidenziato picchi di amplificazione principali e di secondo ordine, ai quali competono le frequenze ed ampiezze di seguito riportati:

HV n°	Frequenza principale f_0 Hz	Ampiezza	Frequenza secondaria f_1 Hz	Ampiezza
1	12,3	2,7	2,1	2,2
2	16,0	2,0	2,8	1,6
3	14,0	2,2	4,0	2,0

Picchi principali

Idrogeologia

Il settore di versante al quale appartiene Borgo Visignolo, alle profondità sottostanti i depositi di versante (4/7 m), è costituito da alternanze arenacee – arenaceo pelitiche, a permeabilità secondaria per fessurazione di grado basso, al di sotto delle quali (-100 ÷ -200/-300 m pc) sono presenti litozone marnoso argillose impermeabili.

Nelle sopracitate alternanze l'infiltrazione delle acque di pioggia nel sottosuolo avviene attraverso i sistemi di frattura e si accumulano in profondità al riscontro di orizzonti prevalentemente pelitici e/o marnoso argillosi.

Il grado di permeabilità del substrato roccioso fratturato presente a -4/-6 m pc unitamente all'inclinazione del pendio (20°) consente alle acque superficiali di infiltrarsi nel sottosuolo mitigando/evitando l'insorgere di processi di rammollimento/plasticizzazione dei terreni.

Condizioni cinematiche del versante

Il pendio sede del comparto ACA1 nei primi 4/6 m del sottosuolo è costituito in netta prevalenza da depositi di versante a medio – medio elevato grado di consistenza, caratterizzati dall'assenza di processi evolutivi, anche superficiali, in atto.

Si differenziano le proprietà di resistenza meccanica nella fascia larga 10/15 al bordo orientale dell'ambito in oggetto, nel quale i primi 5/7 m dal piano campagna sono costituiti da accumuli di frana quiescente formati da materiali limoso argillosi contraddistinti da parametri geotecnici scadenti. Detto dissesto, censito ID 60533 nella

Carta Inventario delle frane RER aggiornata al 2018, avvenuto nel gennaio – febbraio 1973, è stato oggetto di lavori di consolidamento mediante una fitta rete di drenaggio; successivamente a detti interventi non ha evidenziato significativi indizi di evoluzioni attive.

Da quanto esposto si evince che nella fascia larga 10/15 m che forma il bordo orientale del comparto ACA1, eventuali rimodellamenti del pendio sono subordinati alla realizzazione di interventi di consolidamento/opere di sostegno. Oltre a ciò in tale fascia eventuali parti di corpi di fabbrica dovranno essere realizzati mediante fondazioni di tipo profondo su pali idoneamente dimensionati.

Modello litotecnico locale

L'individuazione dell'assetto e delle caratteristiche spaziali delle unità litotecniche del settore di versante al quale appartiene l'ambito ACA1, è stata eseguita in base a prospezioni in tomografia sismica 2D, verticali ReMi/MASW, HVSR e prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH, integrati da rilevamenti geologici diretti nel sito e rilievi topografici.

Le analisi sviluppate hanno evidenziato che il versante è nettamente suddivisibile sulla verticale in due orizzonti litotecnici costituiti da depositi di versante nei primi 6/9 m del sottosuolo e da substrato roccioso a grado di fratturazione variabile alle profondità sottostanti.

La prima litozona è discretizzabile in unità geotecniche verticali differenziate in direzione sud–nord ed est–ovest rispettivamente in 8 unità e 10 unità, che dalla profondità di -6 m pc per la sud–nord e da -8/-9 m pc per la ovest–est presentano modeste differenze di parametri di resistenza al taglio.

L'unità che caratterizza il pendio secondo la direzione sud nord presenta spessori che aumentano progressivamente in verso settentrionale da 4 a 6 m e contestualmente le caratteristiche geotecniche da valori medio elevati diminuiscono a valori medi.

Il settore di versante che si estende in direzione est è contraddistinto da caratteri geotecnici equivalenti a quelli del sud–nord sino a distanza di 70/75 m ad est di via Borgo Visignolo e successivamente gli spessori incrementano a 7/9 m ed i parametri geotecnici diminuiscono ed a distanza di 90/100 m della suddetta via sono scadenti sino a -5/-7 m pc indicando valori di resistenza al taglio ascrivibili a materiali di accumulo di frana quiescente.

Alle profondità sottostanti -6 ÷ -9 m pc, le unità geotecniche sono contraddistinte da medio elevati – elevati parametri di resistenza al taglio, correlabili a substrato roccioso arenaceo – arenaceo pelitico consistente a medio grado di fratturazione sino a -9/-12 m pc e medio bassa fratturazione alle profondità sottostanti.

Caratterizzazione geotecnica

La determinazione dei parametri di resistenza dei terreni che costituiscono il settore di versante sede del comparto ACA1, è stata effettuata in base all'analisi geomeccanica dei dati ottenuti dalle prove penetrometriche DPSH.

Dette disamine superato il primo metro dal piano campagna, costituito da terreno agrario e terreni rimaneggiati, hanno evidenziato, ad eccezione della fascia larga 10/15 m al bordo orientale, parametri geotecnici medi dei materiali che costituiscono i primi 2/3 m del sottosuolo, ai quali segue un orizzonte a medio elevati valori di resistenza sino a -4/-5 m pc costituito da limi argilloso sabbiosi con diffusa presenza di clasti lapidei; successivamente sono presenti terreni prevalentemente limoso argillosi a medi valori di resistenza al taglio sino a -5/-6 m pc con incrementi della profondità in direzione sia nord che est. A questi ultimi soggiace un'unità ad elevato grado di fratturazione a medio elevati – elevati valori di resistenza al taglio attribuibile all'orizzonte di transizione al substrato roccioso a medio – medio bassa fratturazione.

Come sopra indicato si differenziano nettamente le caratteristiche geotecniche dei primi 5/8 m del sottosuolo nella fascia orientale larga 10/15 m, che in base alle sezioni geologico tecniche elaborate può estendersi sino a -20/-25 m in direzione ovest; in tale zona i valori di resistenza al taglio sono molto scadenti sino a -5 m pc e scadenti da -5 a -7/-7,5 m pc.

Detti parametri, sia in termini di tensioni efficaci che totali e stato di picco – stato critico, sono schematicamente riassunti nei tabulati Modello Geotecnico settore di versante ovest – est e settore di versante sud – nord e analoghi tabulati Modello Geotecnico Litotipi del paragrafo verifiche di stabilità.

Pericolosità di liquefazione

I litotipi presenti nei primi -4/-6 ÷ -10 m del sottosuolo in base ad analisi speditive dirette in sito effettuate sui terreni di risulta da scavi sino a -1,0÷-1,5 m, eseguiti per le piazzuole di stazionamento per le indagini DPSH, sono costituiti da alternanze di strati limoso argillosi – limoso sabbiosi argillosi con presenza variabile di clasti lapidei, con valori di $N_{160} > 7/9$ a profondità sottostanti -5 m pc, alla quale è stata riscontrata la presenza di saturazione idrica.

Alle quote che soggiacciono -4 m dal piano campagna i valori dalle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio corrispondono a:

$$V_{s1} > 242 \text{ m/sec}$$

Pertanto in base all'abaco di *Kayen* in funzione del rapporto CSR detti terreni non sono suscettibili di pericolo di liquefazione.

Oltre a ciò le analisi speditive sui terreni presenti nei primi 1,0/1,5 m del sottosuolo, in base ad analisi di laboratorio geotecnico precedentemente effettuate in

aree prossime a quella in oggetto con caratteristiche litologiche analoghe/equivalenti, indicano che tali materiali hanno percentuali in componenti fini $CF > 25\%$ ed indice di plasticità $I_p \geq 15\%$ e quindi la pericolosità di liquefazione è molto bassa, praticamente nulla (Allegato A3, art. A1, DGR 630/2019).

Analisi di stabilità – processi deformativi

Le analisi delle condizioni di stabilità, nello stato attuale del versante, sono state effettuate secondo le linee di massima pendenza ottenute da rilievo diretto con metodo GPS integrato con livellazione del mezzo.

Le superfici di potenziale deformazione/rottura, sono state definite in base alle inclinazioni delle unità di strato individuate in rapporto alle correlazioni tra le indagini geognostiche, prospezioni geofisiche, raffrontate alle variazioni di pendenza del profilo topografico. Le zone del sottosuolo contenenti le superfici più critiche sono state determinate in funzione dei modelli cinematicamente possibili in funzione del principio *Mhor-Coulomb*.

Le verifiche di stabilità sono state eseguite considerando la presenza di saturazione idrica sotterranea come rilevato nel 07/2020 nei fori delle indagini DPSH corrispondente a -4,5/-5 m pc.

Dette simulazioni sono state sviluppate in termini di tensioni efficaci, sia in condizioni di assenza di sollecitazione sismica che in presenza della stessa, adottando i parametri geotecnici di stato critico.

Le analisi effettuate hanno evidenziato l'assenza di superfici di potenziale deformazione/rottura che interessano il settore di versante sede dell'Ambito ACA1, sia in assenza che presenza di sisma secondo l'approccio combinazione 1 assimilabile a valutazioni di "back analysis"; analoghe condizioni di stabilità in sicurezza sono state ottenute in condizioni cosismiche in termini di tensioni totali con l'approccio 1 combinazione 2 con l'applicazione dei coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab. 6.2.II, DM2108); analogamente per le condizioni post sismiche in termini di tensioni efficaci, con applicazione dei coefficienti parziali, il versante è stabile in sicurezza.

In funzione di quanto sopra esposto, considerando che i lavori di predisposizione del sito per l'urbanizzazione/edificazione comporteranno movimenti terre che modificheranno le esistenti condizioni di equilibrio del pendio stabili in sicurezza, dovranno essere sviluppate le verifiche di stabilità nelle configurazioni geometriche che conseguiranno ai sopracitati interventi e valutare le eventuali opere necessarie atte a garantire le condizioni di stabilità in sicurezza nello stato di versante modificato.

Oltre a ciò dovranno essere realizzati idonei sistemi di regimazione a raccolta delle acque superficiali. Con vettoriamento delle stesse alla rete di drenaggio superficiale esistente e/o assi fognari.

Escavabilità terreni/rocce

Le condizioni di escavabilità nel versante sede dell'ambito ACA1, in rapporto alle velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione V_p ed al valore del numero colpi N_{20} ottenuto dalle prove penetrometriche DPSH, evidenziano presenza di materiali facilmente scavabili nei primi 4/5 m del sottosuolo nelle aree meridionali con quote superiori a 284 m slm (rilievo *Atlante*), sino a -6/-6,5 m pc nelle zone settentrionali tra le quote 284 e 272 m slm, sino a -6/7 m pc nelle parti orientali – nord orientali tra 276 e 268 m slm. Sono facilmente rippabili, i materiali tra -6/-8 m pc e -10/-11 m pc nelle aree a sud est, i materiali presenti tra -6/-6,5 e -8/-9 m pc nelle zone settentrionali, i materiali presenti tra -6/-7 e -9/-10 m pc nel settore orientale. Alle profondità sottostanti i materiali sono difficilmente rippabili sino a -11/-13 m pc e successivamente è da prevedere l'utilizzo di martello demolitore.

Prescrizioni

- Interventi di regimazione delle acque superficiali al fine di evitare dispersioni e saturazione dei terreni; allontanamento delle acque con vettoriamento alla rete idrica superficiale e/o assi fognari.

- L'esecuzione di scavi con altezze superiori a 2/3 m deve essere effettuata solo ad avvenuta realizzazione di opere di sostegno del pendio (tipo paratie o berlinesi) idoneamente dimensionate.

- Per interventi di movimentazioni terre e/o sbancamenti che si approfondiscano a quote sottostanti 2 m dal profilo topografico precedente al momento dei lavori e per profondità non superiori a 3 m, preliminarmente agli scavi dovranno essere determinate le pendenze dei profili di sbancamento in funzione delle caratteristiche geotecniche dei terreni per garantire condizioni di stabilità in sicurezza.

- Scavi temporanei/provvvisori sino a profondità -1,5/-2,0 m da pc, e non sottostanti a -3 m pc, sono da eseguire per sotto cantieri con lunghezze di scavo inferiori a 4 m ed utilizzando profili come sopra descritto o con scavi armati e/o con l'utilizzo di opere provvisoriali;

- I materiali di riempimento di scavi e/o per profilature/gradonature del versante dovranno essere compattati alla densità ottimale Proctor Standard per l'uso di terre e Proctor Modificato per l'utilizzo di materiali aridi

- Verifiche di stabilità nelle condizioni dei profili del pendio modificato come da previsioni di progetto, valutazione della eventuale necessità di interventi di

consolidamento/opere di sostegno nelle zone di sovraccarico del versante per riporti terre, gradonature/gabbionate; le zone di impostazione di dette opere dovranno essere verificate per le condizioni di stabilità del pendio e per le tensioni trasmesse al sottosuolo in funzione dei parametri geotecnici dei terreni.

- qualora siano previsti scavi/sbancamenti che si approfondiscono più di 4/5 m dai profili topografici del pendio al luglio 2020, saranno da eseguire indagini geognostiche quali sondaggi meccanici con prelievo di idonei campioni per analisi di laboratorio geotecnico sui terreni di copertura e rocce del substrato.

- Verifiche di stabilità nelle condizioni dei profili del pendio modificato come da previsioni di progetto, valutazione della eventuale necessità di interventi di consolidamento/opere di sostegno nelle zone di sovraccarico del versante per riporti terre, gradonature/gabbionate.

- In funzione di quanto evidenziato dalle indagini ed analisi eseguite, a favore della sicurezza, è da adottare una fascia non utilizzabile per la realizzazione di significative opere edilizie per una larghezza di almeno 15 m rispetto al bordo interno del limite est – nord est del comparto ACA1.

- Adozione di fondazioni dirette esclusivamente se posizionate sul substrato arenaceo–arenaceo pelitico. In alternativa adozione di fondazioni su pali.

- Per il dimensionamento delle opere ed interventi per l'azione sismica sono da utilizzare valori dei fattori di amplificazione non inferiori a quelli ottenuti dall'analisi della risposta sismica locale.

Dr. Geol. **GIAN PIETRO MAZZETTI**




Tabella di sintesi

Denominazione area	AMBITO ACA1
Località	Borgo Visignolo, Baiso RE
Inquadramento cartografico	CTR E.R. n°218081 "Viano" Coordinate WGS84: <ul style="list-style-type: none"> • 629660 – 4933000 • 629590 – 4933040 • 626920 – 4933120 • 629705 – 4933040
Topografia	Ambito di versante, con quote comprese circa tra 268/270 e 293 m s.l.m., con pendenze medie variabili tra 21/26% e 40%, declinati in direttrice nord – nordovest ed est. Rilievo topografico <i>Studio Atlante</i> .
Litologia substrato	Depositi eluvio-colluviali di modesto spessore, 4 ÷ 7/8 m, ai quali soggiacciono alternanze arenitiche – arenitico pelitiche alterate e fratturate sino a -12 m pc caratterizzate da medio elevate caratteristiche geotecniche.
Geomorfologia	Depositi di versante prevalentemente limoso argilloso sabbiosi contenenti clasti lapidei centimetrici, gli spessori variano tra 3/4÷5 m nel settore meridionale: quote maggiori di 284 m slm, incrementano a 5/6÷7 m in direzione nord sino a 272 m slm. Tali spessori sono presenti anche in verso est sino alla quota 274 m slm e successivamente in direzione orientale aumentano progressivamente a 8/9 m.
Idrogeologia	Depositi di versante limoso argillosi a grado di permeabilità molto basso su substrato a permeabilità bassa (RAN2); la saturazione dei depositi di versante non è permanente e marcatamente variabile nel tempo e pertanto non formano acquifero utilizzabile; il substrato roccioso ha proprietà di acquifero e livelli produttivi possono essere presenti circa a -100/-200 ÷ -300 m dal piano campagna.
Vulnerabilità all'inquinamento	In rapporto alla presenza di litotipi a medio elevato – medio grado di fratturazione a profondità di -5/-6 m pc, che consentono l'infiltrazione alla quote sottostanti dei fluidi provenienti dalla superficie, opere in sotterraneo a quote soggiacenti -4/-5 m dai profili topografici in essere al luglio 2020 dovranno essere realizzate con materiali a perfetta tenuta corredati da zone impermeabilizzate nei siti in cui sia eventualmente previsto lo stoccaggio di potenziali inquinanti.
Indagini eseguite	Sezioni in tomografia (BS), prospezioni Re.Mi – MASW, verticali HVSR. Prove penetrometriche superpesanti DPSH. Prove penetrometriche superpesanti DPSH precedenti: <i>Geognostica Italiana</i>
Caratteristiche litotecniche locali	Depositi di versante eluvio-colluviali costituiti da alternanze di limi argillosi – limi argilloso sabbiosi contenenti clasti lapidei arenitici – arenitico siltosi, gli spessori variano tra 3/4 e 5 m nella zona meridionale dove presentano grado di consistenza medio – medio elevato; aumentano a 5/6÷7 m in direzione nord – nord est sino a 272 m slm e contestualmente il grado di consistenza diminuisce a medio;

	in verso orientale alle quote sottostanti 274 m slm, gli spessori aumentano a 8/9 m e le caratteristiche geotecniche diminuiscono a scendenti – molto scendenti nei primi 5/7 m del sottosuolo.																																																																																						
Processi di versante	La prevalente parte dell’ambito appartiene ad un tratto di versante costituito da depositi eluvio-colluviali a medio – medio elevato grado di consistenza nel quale sono assenti processi evolutivi in atto, anche di tipo superficiale, e pertanto in condizioni stabili in sicurezza ad eccezione dell’estremità al bordo orientale; in quest’ultima per una fascia larga 10/15 m è presente un accumulo di frana quiescente di colata, oggetto di precedenti interventi di consolidamento (STB.RE), che non manifesta evoluzioni in atto. Eventuali interventi quali riprofilature e/o sovraccarichi In tale zona dovranno essere verificati per le condizioni di stabilità valutando se necessario l’esecuzione di interventi di consolidamento e/o opere di sostegno.																																																																																						
Classificazione sismica del territorio comunale	Zona	ag.ref DGR630/2019																																																																																					
	3	0,160																																																																																					
Caratterizzazione sismica Microzonazione	<div>Vs30 = 420 m/sec</div> <div>Lo spessore dell’unità soggetta ad amplificazione stratigrafica</div> <div>H = 12 m</div> <div>VsH = 299 m/sec</div> <table><tr><th><i>Periodo T (sec)</i></th><th><i>SI/SI₀</i></th><th><i>SA/SA₀</i></th><th><i>Sa media (g)</i></th></tr><tr><td>0 (FA PGA)</td><td>1.84</td><td></td><td>0.296</td></tr><tr><td>0,1 – 0,2</td><td>1.95</td><td>1.97</td><td>0.73</td></tr><tr><td>0,2 – 0,3</td><td>1.67</td><td>1.67</td><td>0.66</td></tr><tr><td>0,3 – 0,4</td><td>1.75</td><td>1.75</td><td>0.63</td></tr><tr><td>0,4 – 0,5</td><td>1.67</td><td>1.67</td><td>0.46</td></tr><tr><td>0,5 – 0,6</td><td>1.51</td><td>1.51</td><td>0.32</td></tr><tr><td>0,6 – 0,7</td><td>1.40</td><td>1.40</td><td>0.24</td></tr><tr><td>0,7 – 0,8</td><td>1.29</td><td>1.29</td><td>0.19</td></tr><tr><td>0,8 – 0,9</td><td>1.25</td><td>1.25</td><td>0.16</td></tr><tr><td>0,9 – 1,0</td><td>1.21</td><td>1.21</td><td>0.13</td></tr><tr><td>1,0 – 1,1</td><td>1.18</td><td>1.18</td><td>0.12</td></tr><tr><td>1,1 – 1,2</td><td>1.14</td><td>1.14</td><td>0.10</td></tr><tr><td>1,2 – 1,3</td><td>1.14</td><td>1.14</td><td>0.08</td></tr><tr><td>1,3 – 1,4</td><td>1.15</td><td>1.15</td><td>0.07</td></tr><tr><td>1,4 – 1,5</td><td>1.12</td><td>1.13</td><td>0.06</td></tr><tr><td>1,5 – 1,6</td><td>1.12</td><td>1.12</td><td>0.06</td></tr><tr><td>1,6 – 1,7</td><td>1.12</td><td>1.12</td><td>0.05</td></tr><tr><td>1,7 – 1,8</td><td>1.11</td><td>1.11</td><td>0.04</td></tr><tr><td>1,8 – 1,9</td><td>1.09</td><td>1.09</td><td>0.04</td></tr><tr><td>1,9 – 2,0</td><td>1.09</td><td>1.09</td><td>0.03</td></tr></table>			<i>Periodo T (sec)</i>	<i>SI/SI₀</i>	<i>SA/SA₀</i>	<i>Sa media (g)</i>	0 (FA PGA)	1.84		0.296	0,1 – 0,2	1.95	1.97	0.73	0,2 – 0,3	1.67	1.67	0.66	0,3 – 0,4	1.75	1.75	0.63	0,4 – 0,5	1.67	1.67	0.46	0,5 – 0,6	1.51	1.51	0.32	0,6 – 0,7	1.40	1.40	0.24	0,7 – 0,8	1.29	1.29	0.19	0,8 – 0,9	1.25	1.25	0.16	0,9 – 1,0	1.21	1.21	0.13	1,0 – 1,1	1.18	1.18	0.12	1,1 – 1,2	1.14	1.14	0.10	1,2 – 1,3	1.14	1.14	0.08	1,3 – 1,4	1.15	1.15	0.07	1,4 – 1,5	1.12	1.13	0.06	1,5 – 1,6	1.12	1.12	0.06	1,6 – 1,7	1.12	1.12	0.05	1,7 – 1,8	1.11	1.11	0.04	1,8 – 1,9	1.09	1.09	0.04	1,9 – 2,0	1.09	1.09	0.03
<i>Periodo T (sec)</i>	<i>SI/SI₀</i>	<i>SA/SA₀</i>	<i>Sa media (g)</i>																																																																																				
0 (FA PGA)	1.84		0.296																																																																																				
0,1 – 0,2	1.95	1.97	0.73																																																																																				
0,2 – 0,3	1.67	1.67	0.66																																																																																				
0,3 – 0,4	1.75	1.75	0.63																																																																																				
0,4 – 0,5	1.67	1.67	0.46																																																																																				
0,5 – 0,6	1.51	1.51	0.32																																																																																				
0,6 – 0,7	1.40	1.40	0.24																																																																																				
0,7 – 0,8	1.29	1.29	0.19																																																																																				
0,8 – 0,9	1.25	1.25	0.16																																																																																				
0,9 – 1,0	1.21	1.21	0.13																																																																																				
1,0 – 1,1	1.18	1.18	0.12																																																																																				
1,1 – 1,2	1.14	1.14	0.10																																																																																				
1,2 – 1,3	1.14	1.14	0.08																																																																																				
1,3 – 1,4	1.15	1.15	0.07																																																																																				
1,4 – 1,5	1.12	1.13	0.06																																																																																				
1,5 – 1,6	1.12	1.12	0.06																																																																																				
1,6 – 1,7	1.12	1.12	0.05																																																																																				
1,7 – 1,8	1.11	1.11	0.04																																																																																				
1,8 – 1,9	1.09	1.09	0.04																																																																																				
1,9 – 2,0	1.09	1.09	0.03																																																																																				

	<table><tr><th><i>Periodo T (sec)</i></th><th><i>Fattore di amplificazione H_{SM}(DGR 630/19)</i></th></tr><tr><td>0 (FA PGA)</td><td>1,84</td></tr><tr><td>SI1 0,1 - 0,5</td><td>1.73</td></tr><tr><td>SI2 0,5 – 1,0</td><td>1.33</td></tr><tr><td>SI3 0,5 - 1,5</td><td>1.25</td></tr><tr><td>SA1 0,1 – 0,5</td><td>1.77</td></tr><tr><td>SA2 0,4 – 0,8</td><td>1.50</td></tr><tr><td>SA3 0,7 – 1,1</td><td>1.24</td></tr><tr><td>SA4 0,5 – 1,5</td><td>1.29</td></tr><tr><td>H_{SM} (0,1 – 0,5)</td><td>612 cm/sec²</td></tr><tr><td>H₀₄₀₈ (0,4 – 0,8)</td><td>518 cm/sec²</td></tr><tr><td>H₀₇₁₁ (0,7 – 1,1)</td><td>428 cm/sec²</td></tr><tr><td>H₀₅₁₅ (0,5 – 1,5)</td><td>178 cm/sec²</td></tr></table> <p>Frequenze principali e di secondo ordine, ampiezze:</p> <table><tr><th>HV n°</th><th>Frequenza principale f₀ Hz</th><th>Ampiezza</th><th>Frequenza secondaria f₁ Hz</th><th>Ampiezza a</th></tr><tr><td>1</td><td>12,3</td><td>2,7</td><td>2,1</td><td>2,2</td></tr><tr><td>2</td><td>16,0</td><td>2,0</td><td>2,8</td><td>1,6</td></tr><tr><td>3</td><td>14,0</td><td>2,2</td><td>4,0</td><td>2,0</td></tr></table>	<i>Periodo T (sec)</i>	<i>Fattore di amplificazione H_{SM}(DGR 630/19)</i>	0 (FA PGA)	1,84	SI1 0,1 - 0,5	1.73	SI2 0,5 – 1,0	1.33	SI3 0,5 - 1,5	1.25	SA1 0,1 – 0,5	1.77	SA2 0,4 – 0,8	1.50	SA3 0,7 – 1,1	1.24	SA4 0,5 – 1,5	1.29	H _{SM} (0,1 – 0,5)	612 cm/sec ²	H ₀₄₀₈ (0,4 – 0,8)	518 cm/sec ²	H ₀₇₁₁ (0,7 – 1,1)	428 cm/sec ²	H ₀₅₁₅ (0,5 – 1,5)	178 cm/sec ²	HV n°	Frequenza principale f ₀ Hz	Ampiezza	Frequenza secondaria f ₁ Hz	Ampiezza a	1	12,3	2,7	2,1	2,2	2	16,0	2,0	2,8	1,6	3	14,0	2,2	4,0	2,0
<i>Periodo T (sec)</i>	<i>Fattore di amplificazione H_{SM}(DGR 630/19)</i>																																														
0 (FA PGA)	1,84																																														
SI1 0,1 - 0,5	1.73																																														
SI2 0,5 – 1,0	1.33																																														
SI3 0,5 - 1,5	1.25																																														
SA1 0,1 – 0,5	1.77																																														
SA2 0,4 – 0,8	1.50																																														
SA3 0,7 – 1,1	1.24																																														
SA4 0,5 – 1,5	1.29																																														
H _{SM} (0,1 – 0,5)	612 cm/sec ²																																														
H ₀₄₀₈ (0,4 – 0,8)	518 cm/sec ²																																														
H ₀₇₁₁ (0,7 – 1,1)	428 cm/sec ²																																														
H ₀₅₁₅ (0,5 – 1,5)	178 cm/sec ²																																														
HV n°	Frequenza principale f ₀ Hz	Ampiezza	Frequenza secondaria f ₁ Hz	Ampiezza a																																											
1	12,3	2,7	2,1	2,2																																											
2	16,0	2,0	2,8	1,6																																											
3	14,0	2,2	4,0	2,0																																											
Effetti attesi	Amplificazione per effetti della stratigrafia per presenza di depositi di versante eluvio colluviali con spessori variabili lateralmente tra 4/5 e 6/7 ÷ 9 m. St = 1,2																																														
Limiti e condizioni di fattibilità geologico tecnica/prescrizioni	<ul style="list-style-type: none">- Interventi di regimazione delle acque superficiali al fine di evitare dispersioni e saturazione dei terreni; allontanamento delle acque con vettoriamnto alla rete idrica superficiale e/o assi fognari.- L'esecuzione di scavi con altezze superiori a 2/3 m deve essere effettuata solo ad avvenuta realizzazione di opere di sostegno del pendio (tipo paratie o berlinesi) idoneamente dimensionate.- Per interventi di movimentazioni terre e/o sbancamenti che si approfondiscano a quote sottostanti 2 m dal profilo topografico precedente al momento dei lavori e per profondità non superiori a 3 m, preliminarmente agli scavi dovranno essere determinate le pendenze dei profili di sbancamento in funzione delle caratteristiche geotecniche dei terreni per garantire condizioni di stabilità in sicurezza.- Scavi temporanei/provvvisori sino a profondità -1,5/-2,0 m da pc, e non superiori a -3 m pc, sono da eseguire per sotto cantieri con lunghezze di scavo inferiori a 4 m ed utilizzando profili come sopra descritto o con scavi armati e/o con l'utilizzo di opere provvisionali;- I materiali di riempimento di scavi e/o per profilature/gradonature del versante dovranno essere compattati alla densità ottimale Proctor Standard per l'uso di terre e Proctor Modificato per l'utilizzo di																																														

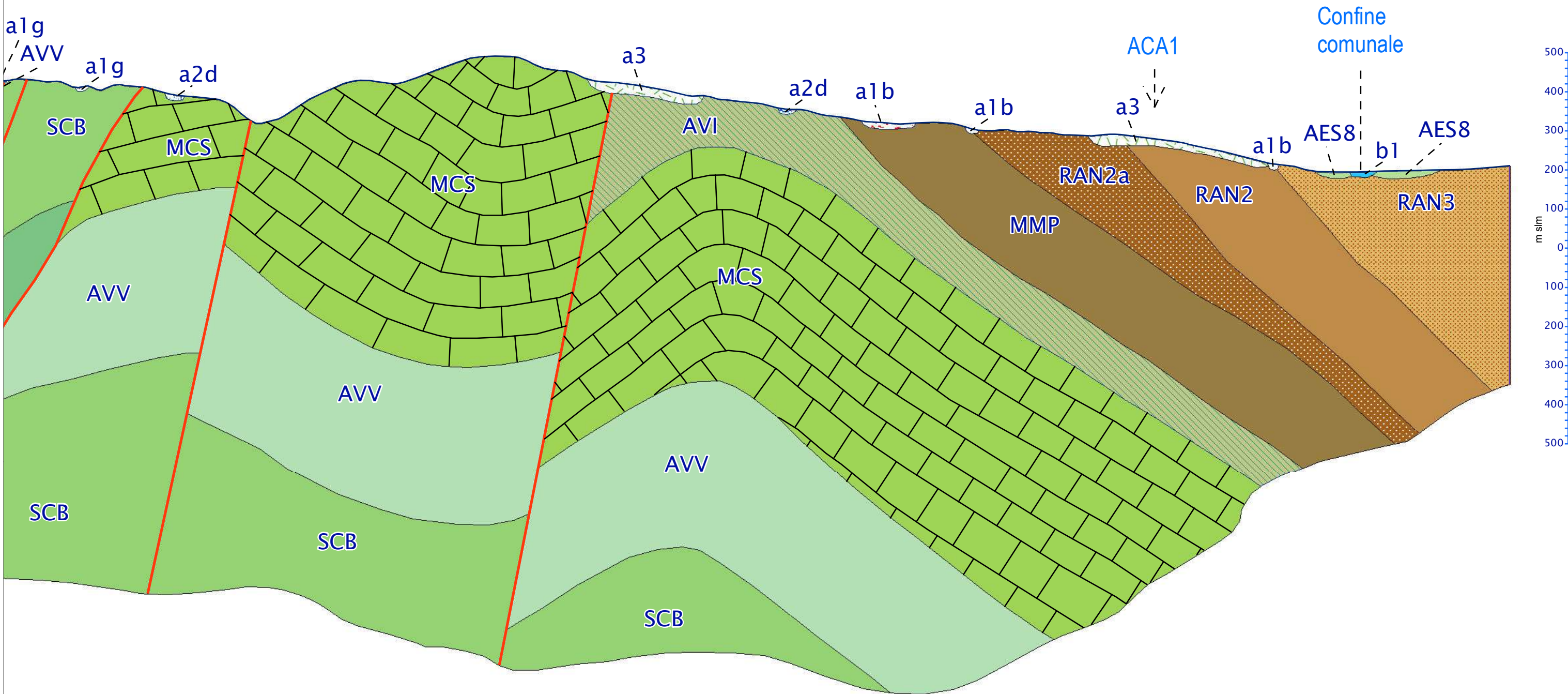
	<p>materiali aridi</p> <ul style="list-style-type: none">- Verifiche di stabilità nelle condizioni dei profili del pendio modificato come da previsioni di progetto, valutazione della eventuale necessità di interventi di consolidamento/opere di sostegno nelle zone di sovraccarico del versante per riporti terre, gradonature/gabbionate; le zone di impostazione di dette opere dovranno essere verificate per le condizioni di stabilità del pendio e per le tensioni trasmesse al sottosuolo in funzione dei parametri geotecnici dei terreni.- qualora siano previsti scavi/sbancamenti che si approfondiscono più di 4/5 m dai profili topografici del pendio al luglio 2020, saranno da eseguire indagini geognostiche quali sondaggi meccanici con prelievo di idonei campioni per analisi di laboratorio geotecnico sui terreni di copertura e rocce del substrato.- Verifiche di stabilità nelle condizioni dei profili del pendio modificato come da previsioni di progetto, valutazione della eventuale necessità di interventi di consolidamento/opere di sostegno nelle zone di sovraccarico del versante per riporti terre, gradonature/gabbionate.- In funzione di quanto evidenziato dalle indagini ed analisi eseguite, a favore della sicurezza, è da adottare una fascia non utilizzabile per la realizzazione di significative opere edilizie non tolleranti deformazioni, per una larghezza di almeno 15 m rispetto al bordo interno del limite est – nord est del comparto ACA1.- Adozione di fondazioni dirette esclusivamente se posizionate sul substrato arenaceo–arenaceo pelitico. In alternativa adozione di fondazioni su pali.- Per il dimensionamento delle opere ed interventi per l'azione sismica sono da utilizzare valori dei fattori di amplificazione non inferiori a quelli ottenuti dall'analisi della risposta sismica locale.
--	---

ALLEGATI

Tav. 1 - Ubicazione area

Scala 1:10,000





Unità geologiche

FORMAZIONI PRE-FLYSCH AD ELMINTOIDI

AVV	Argille Varicolori di Cassio	SCB	Arenarie di Scabiazza
-----	------------------------------	-----	-----------------------

SUCCESSIONE EPILIGURE
GRUPPO BISMANTOVA

RAN2	Formazione di Ranzano membro della Val Pessola	RAN2a	litofacies arenaceo-conglomeratica
RAN3	Formazione di Ranzano membro di Varano de' Melegari	MMP	Marne di Monte Piano

SUCCESSIONE DELLA VAL TRESINARO

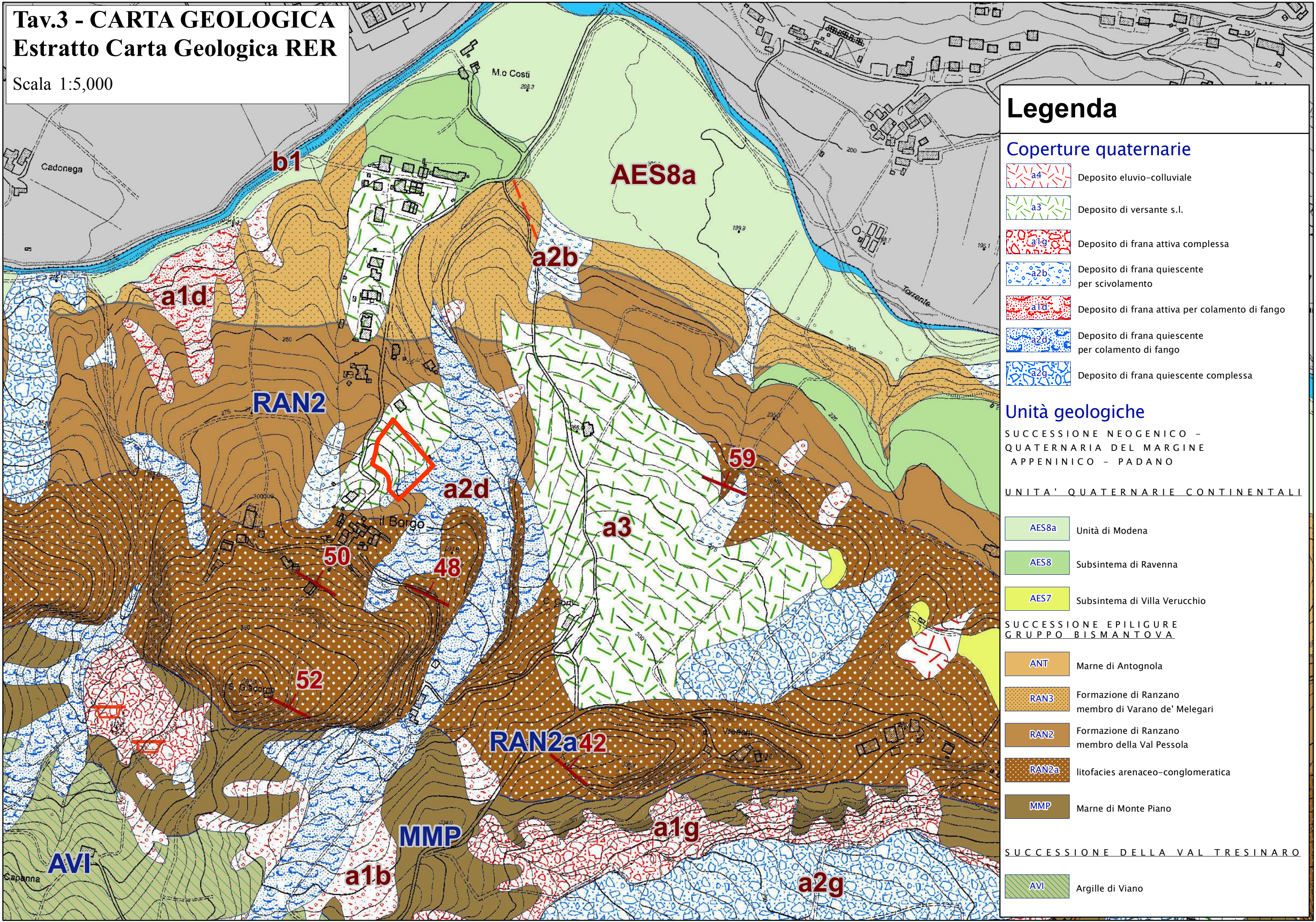
AVI	Argille di Viano	MCS	Flysch di Monte Cassio
-----	------------------	-----	------------------------

Coperture quaternarie

b1	Deposito alluvionale in evoluzione
a1b, a2b	Deposito di frana per scivolamento attiva/quiescente
a1d, a2d	Deposito di frana per colamento di fango attiva/quiescente
a1g, a2g	Deposito di frana complessa attiva/quiescente
a3	Deposito di versante s.l.

Tav.3 - CARTA GEOLOGICA
Estratto Carta Geologica RER

Scala 1:5,000



Legenda

Coperture quaternarie

- a4 Deposito eluvio-colluviale
- a3 Deposito di versante s.l.
- a1g Deposito di frana attiva complessa
- a2b Deposito di frana quiescente per scivolamento
- a1d Deposito di frana attiva per colamento di fango
- a2d Deposito di frana quiescente per colamento di fango
- a2g Deposito di frana quiescente complessa

Unità geologiche

SUCCESSIONE NEOGENICO -
QUATERNARIA DEL MARGINE
APPENINICO - PADANO

UNITA' QUATERNARIE CONTINENTALI

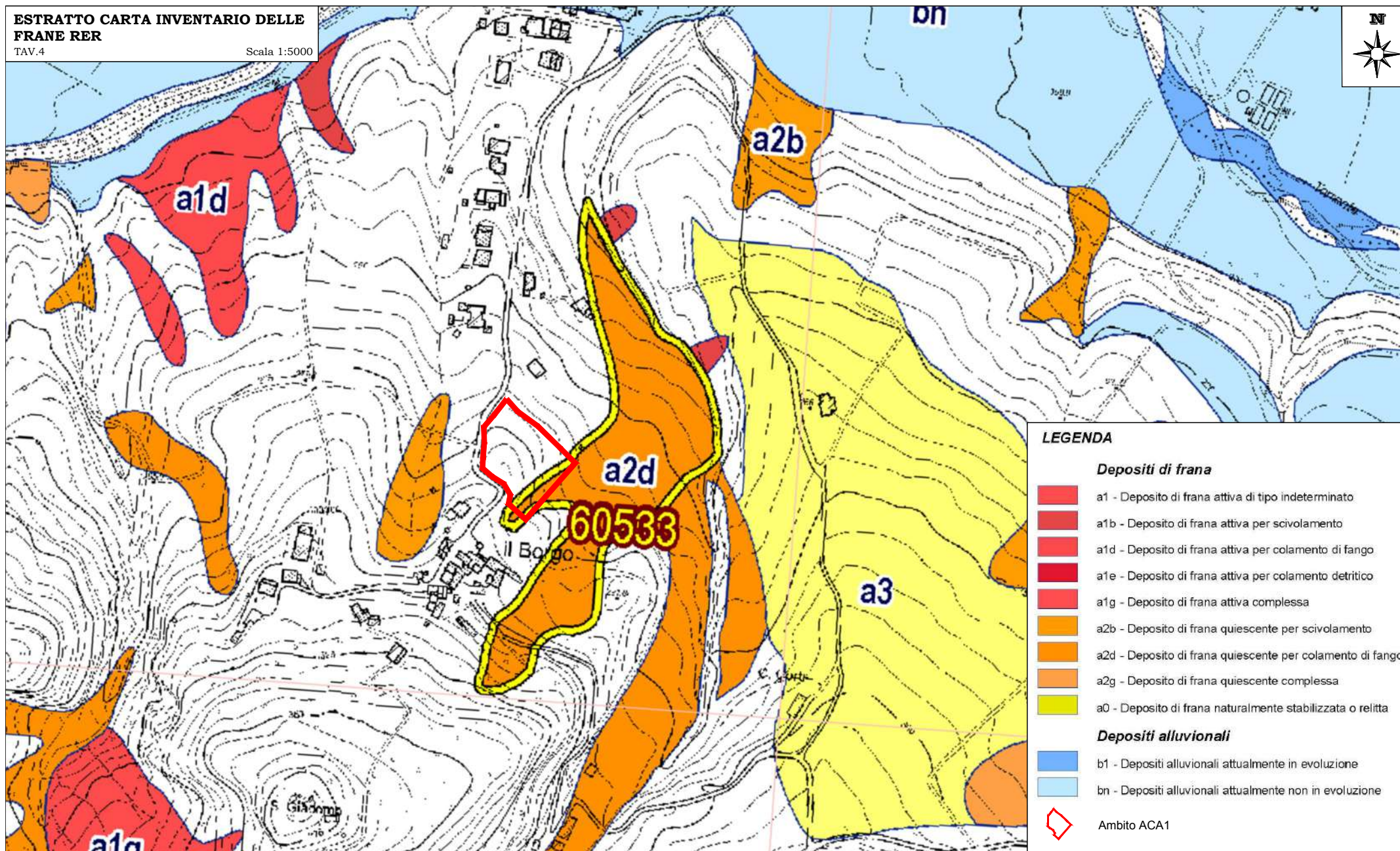
- AES8a Unità di Modena
- AES8 Subsistema di Ravenna
- AES7 Subsistema di Villa Verucchio

SUCCESSIONE EPIGIGURE
GRUPPO BISMANTOVA

- ANT Marne di Antognola
- RAN3 Formazione di Ranzano membro di Varano de' Melegari
- RAN2 Formazione di Ranzano membro della Val Pessola
- RAN2a litofacies arenaceo-conglomeratica
- MMP Marne di Monte Piano

SUCCESSIONE DELLA VAL TRESINARO

- AVI Argille di Viano



LEGENDA

Depositi di frana

- a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato
- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
- a1e - Deposito di frana attiva per colamento detritico
- a1g - Deposito di frana attiva complessa
- a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
- a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
- a2g - Deposito di frana quiescente complessa
- a0 - Deposito di frana naturalmente stabilizzata o relitta

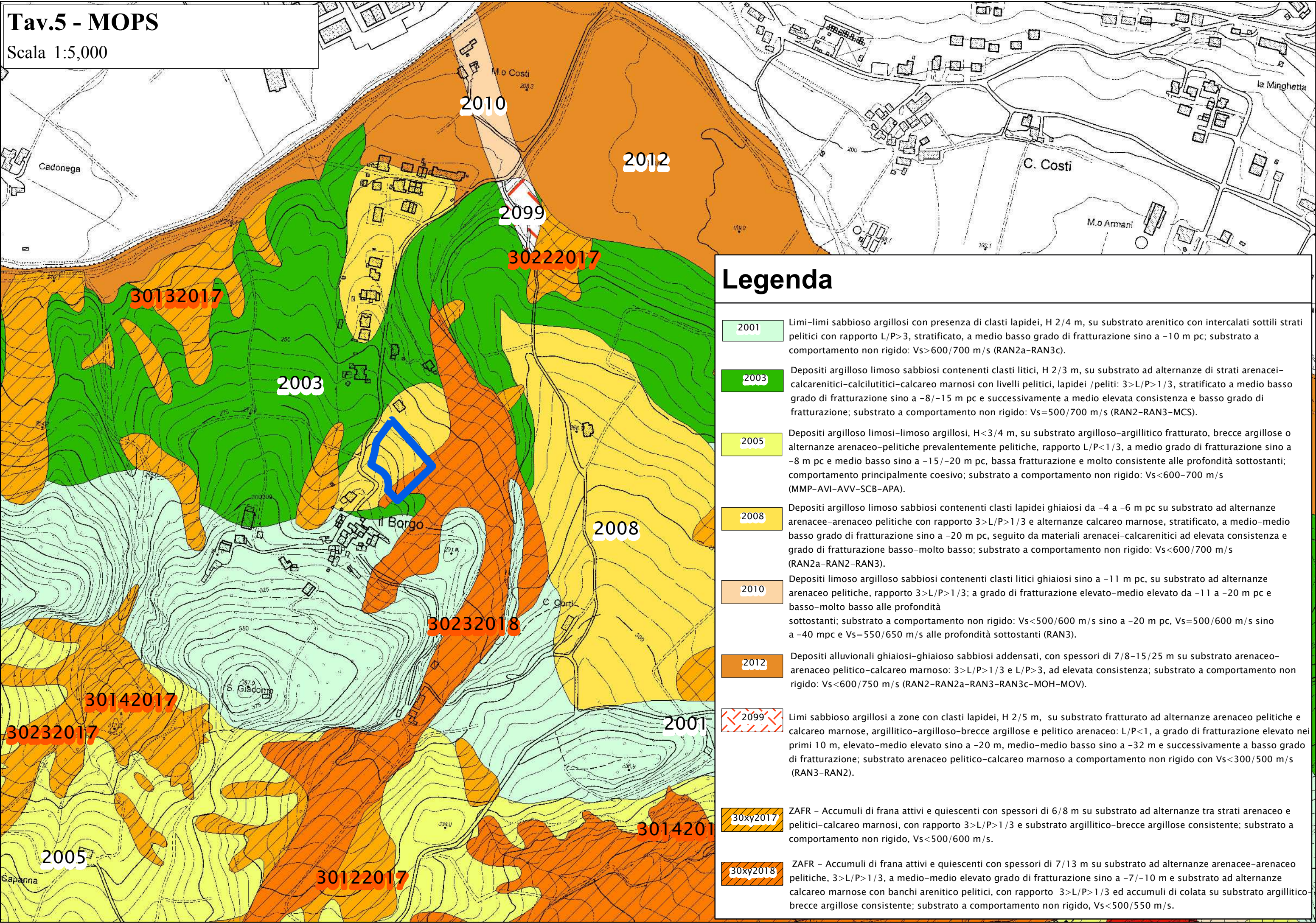
Depositi alluvionali

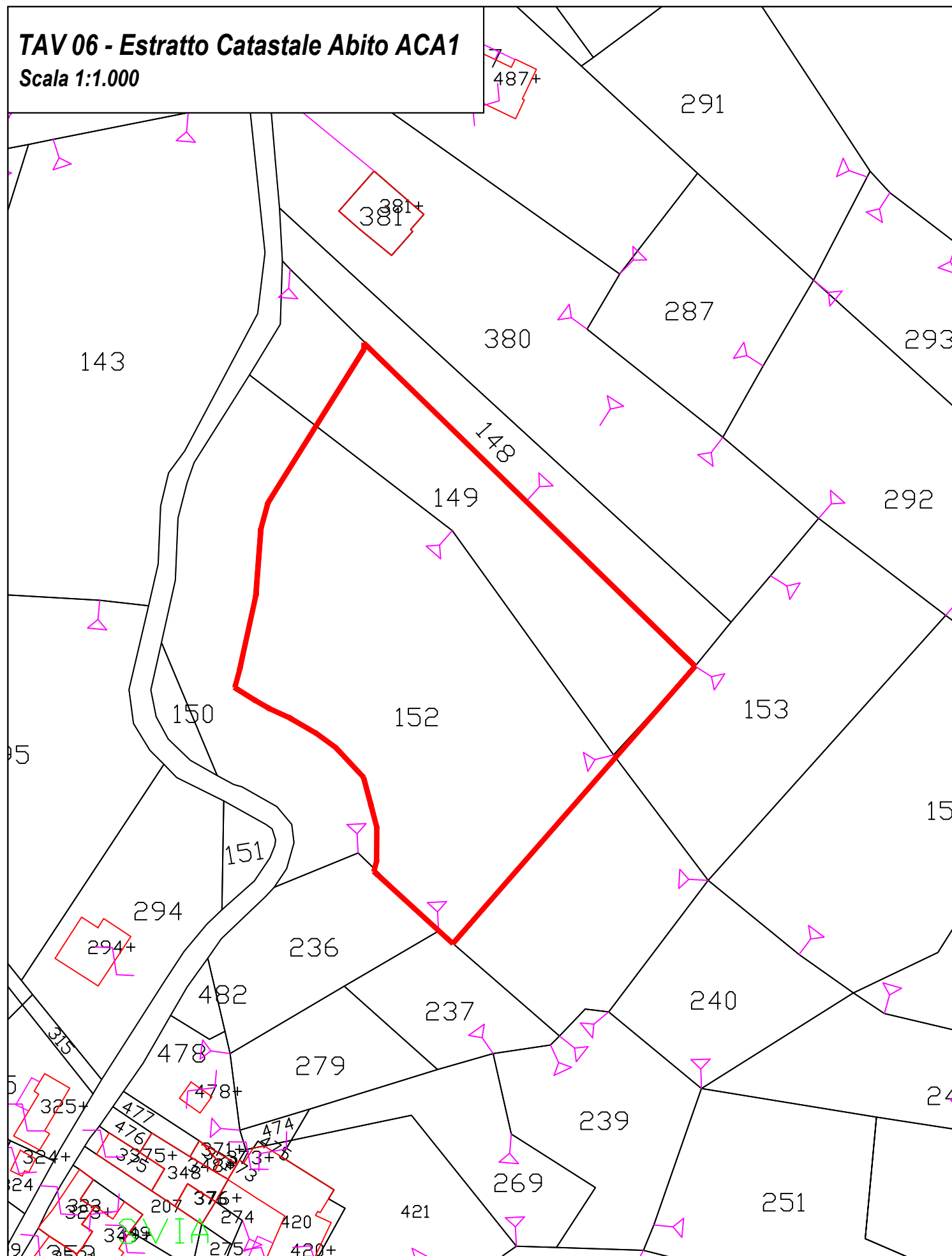
- b1 - Depositi alluvionali attualmente in evoluzione
- bn - Depositi alluvionali attualmente non in evoluzione

□ Ambito ACA1

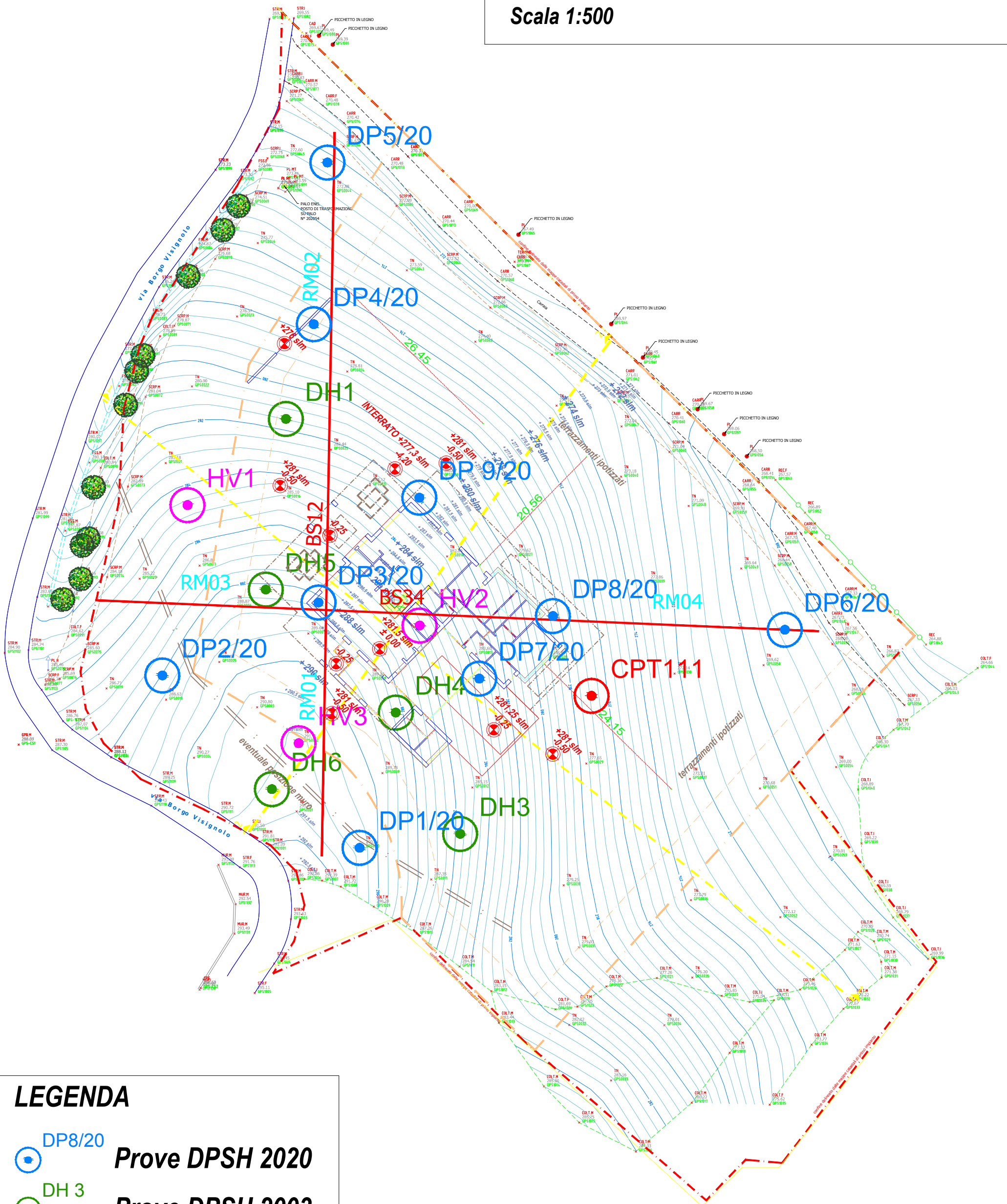
Tav.5 - MOPS

Scala 1:5,000









Scala 1:1.000

TAV 07 - Planimetria ubicazione indagini
Scala 1:500



LEGENDA

-  DP8/20 *Prove DPSH 2020*
-  DH 3 *Prove DPSH 2003*
-  CPT111 *CPT 2003*
-  RM03 *Indagine Re.Mi*
-  HV *Indagine HVSR*
-  BS *Base sismica*

Prove DPSH 2003

Indagine Re.Mi

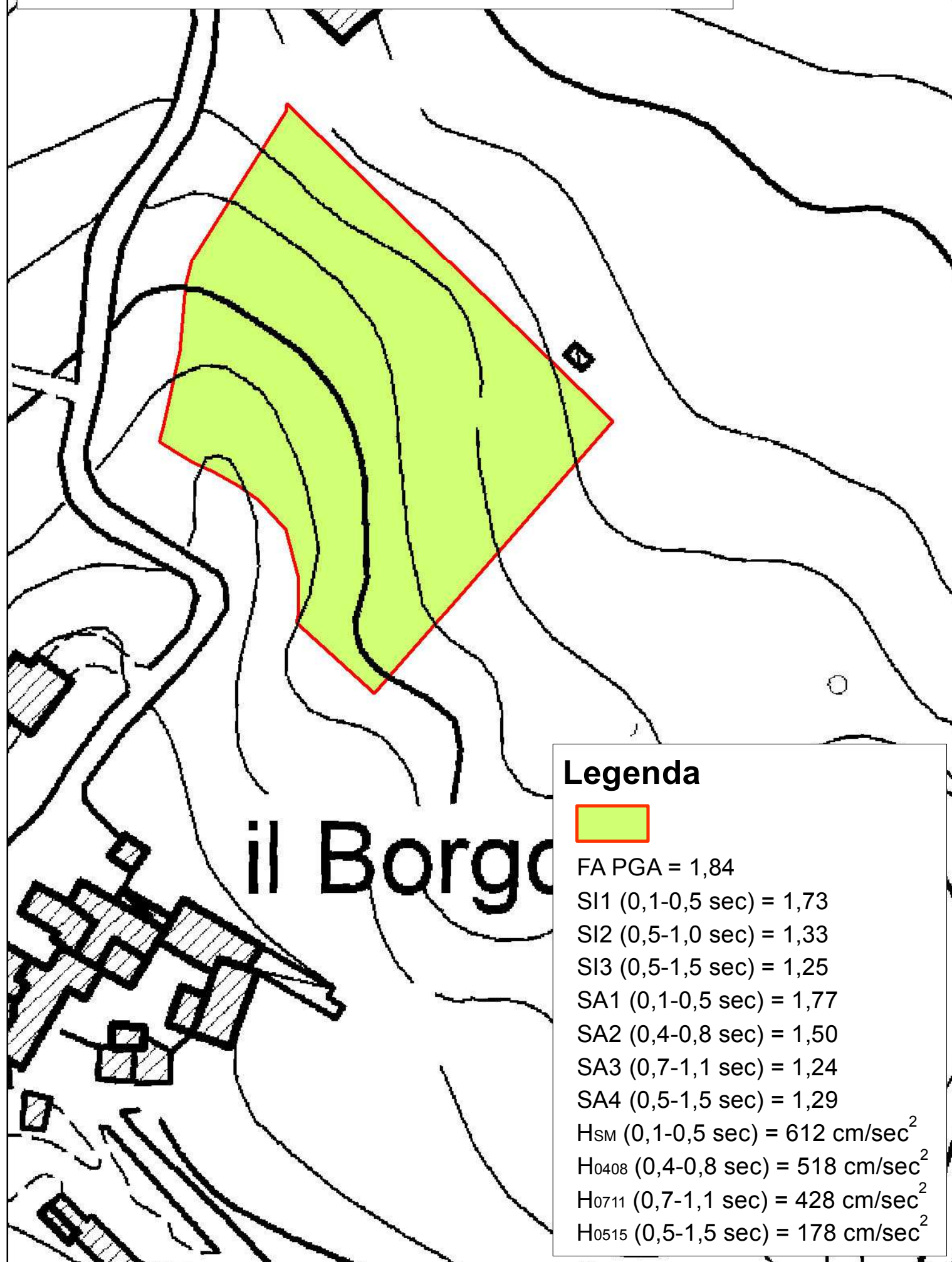
Indagine HVSR

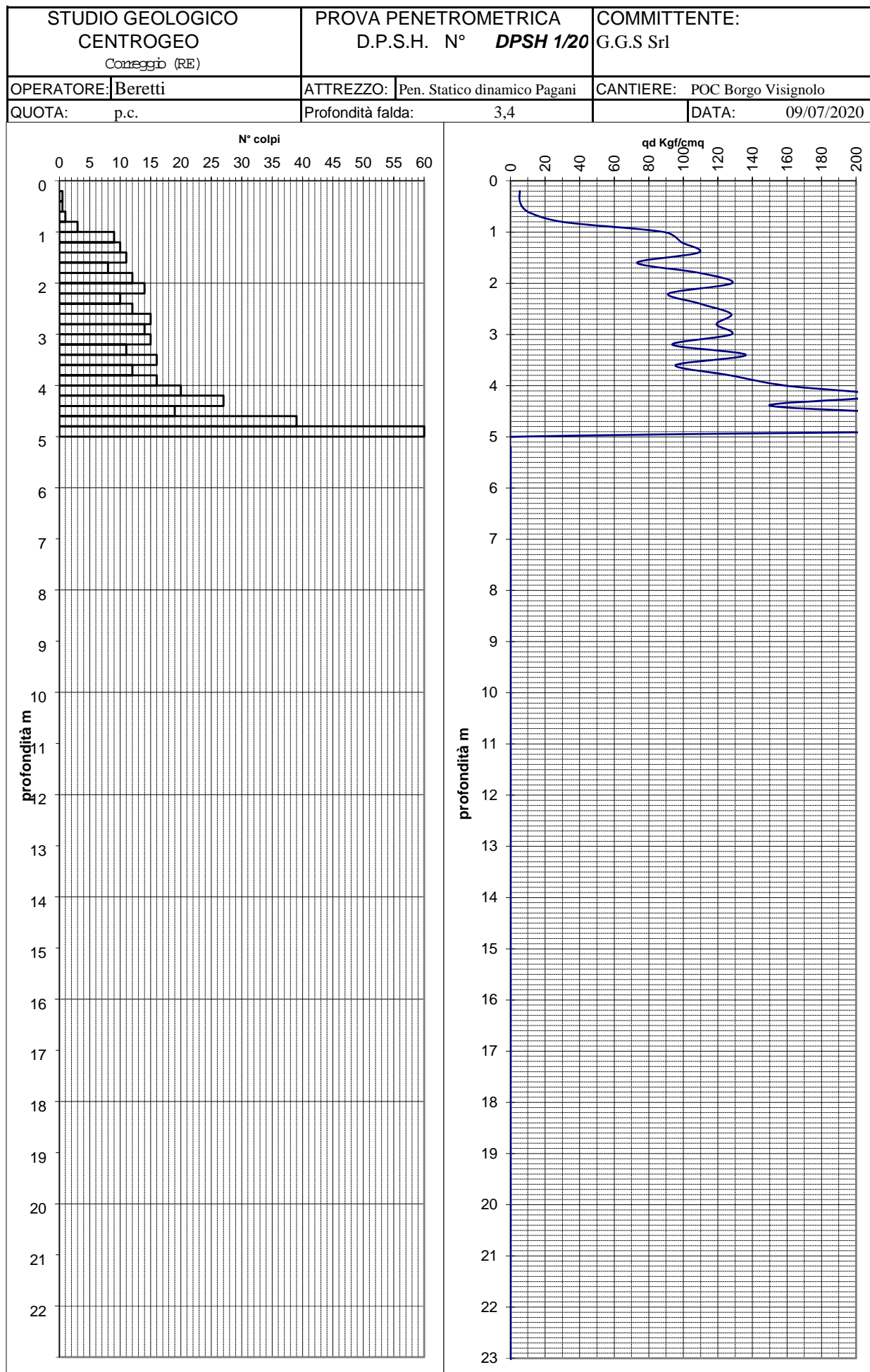
Base sismica

Tav. 8 - Microzonazione Sismica di III livello

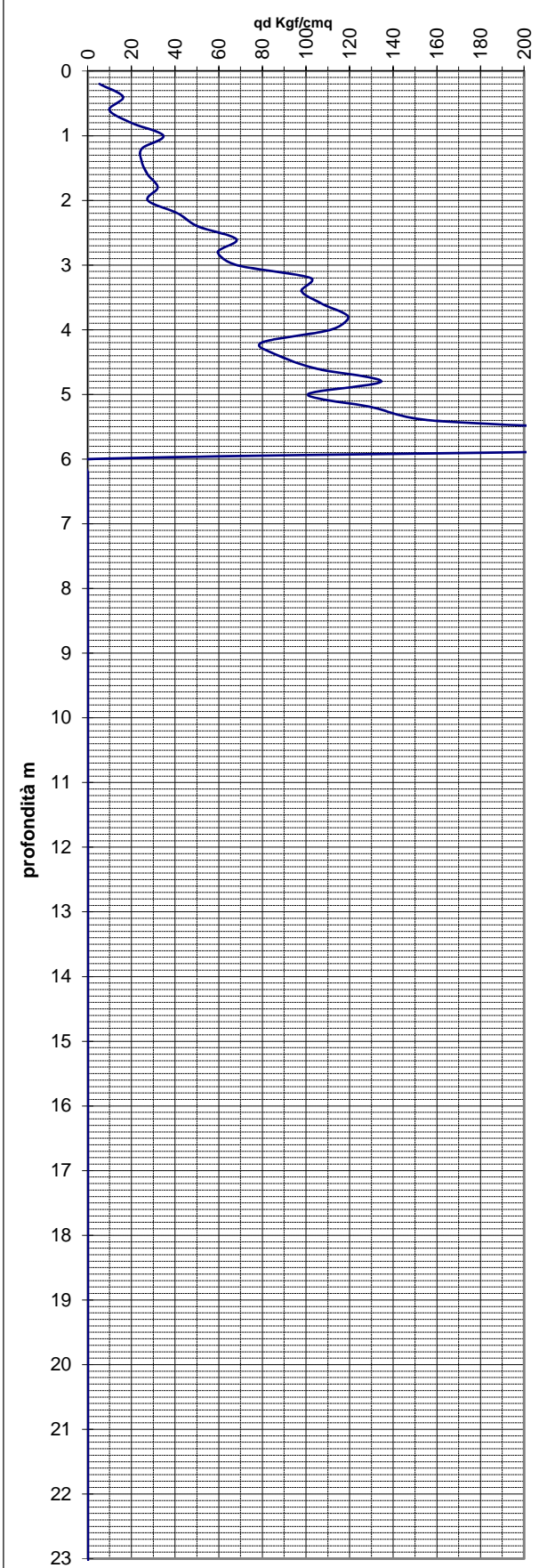
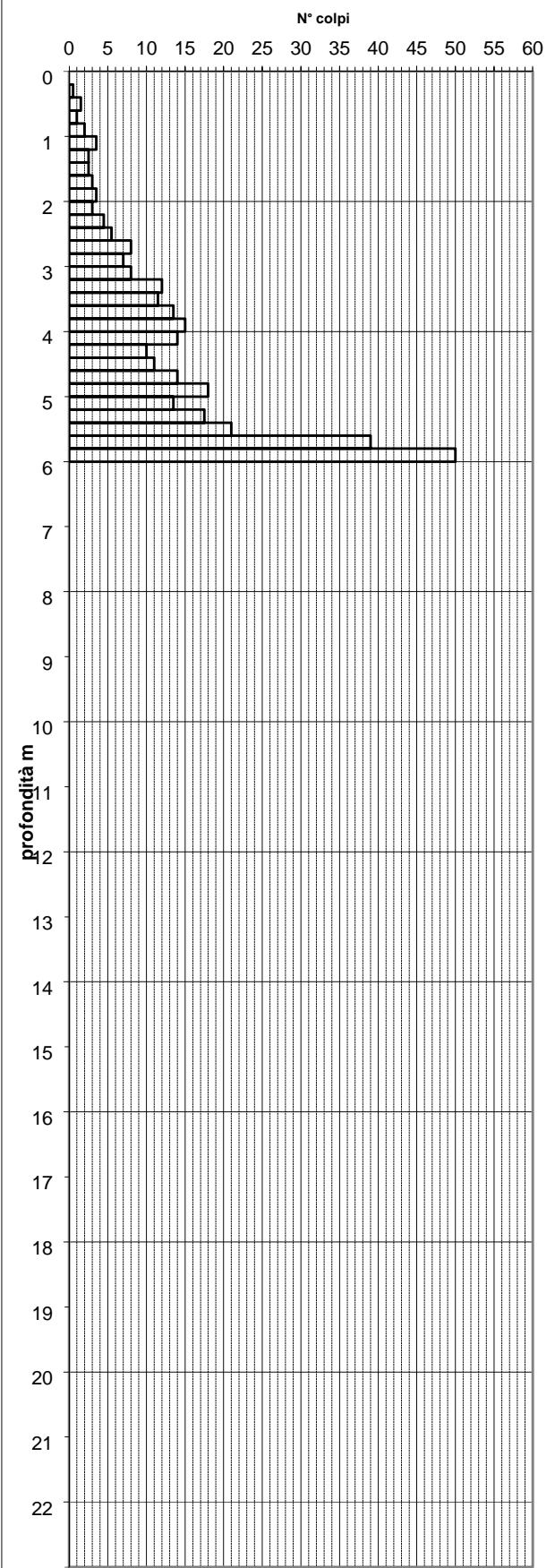
Scala 1:1,000

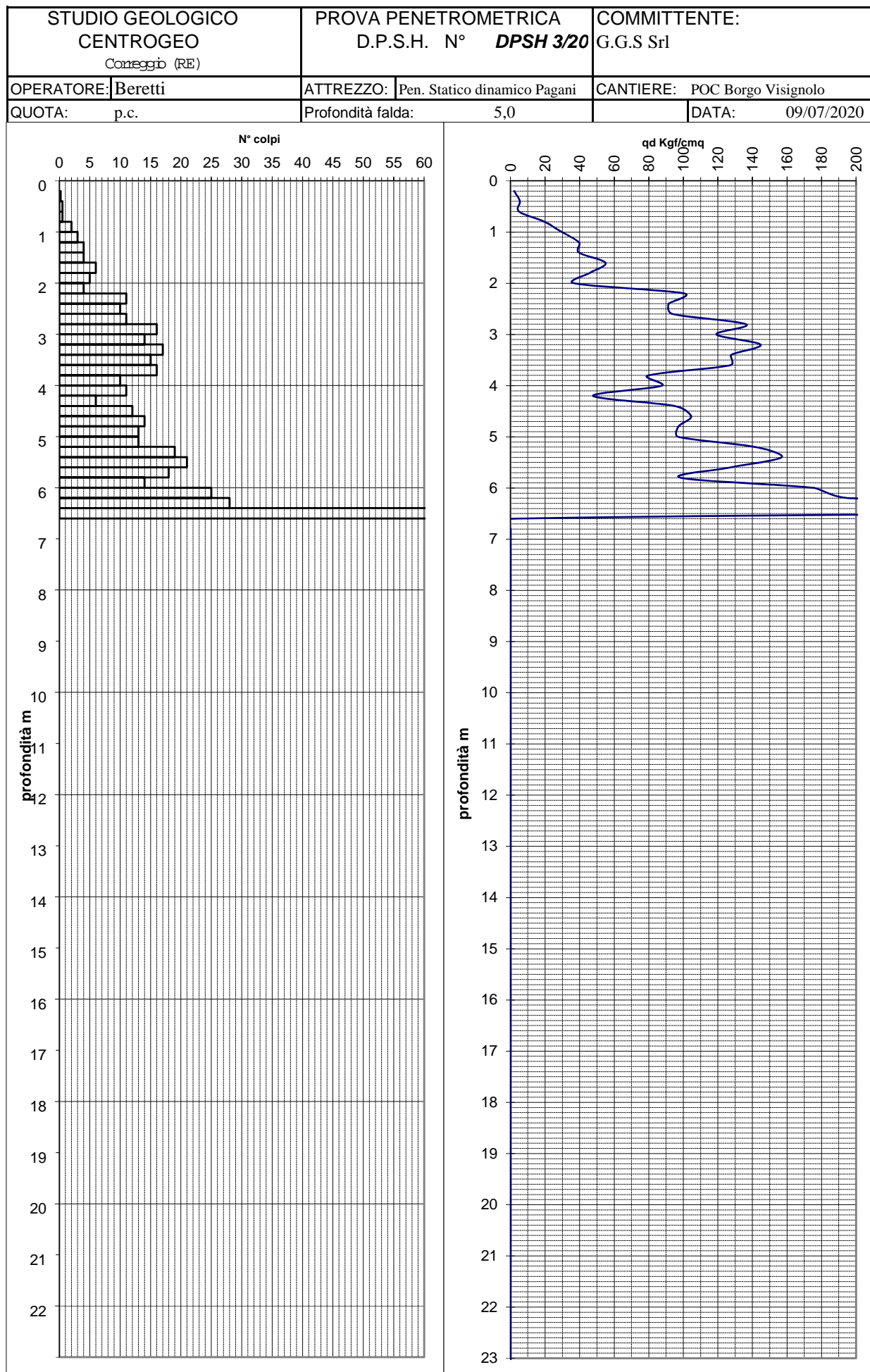
Baiso - Ambito ACA 1

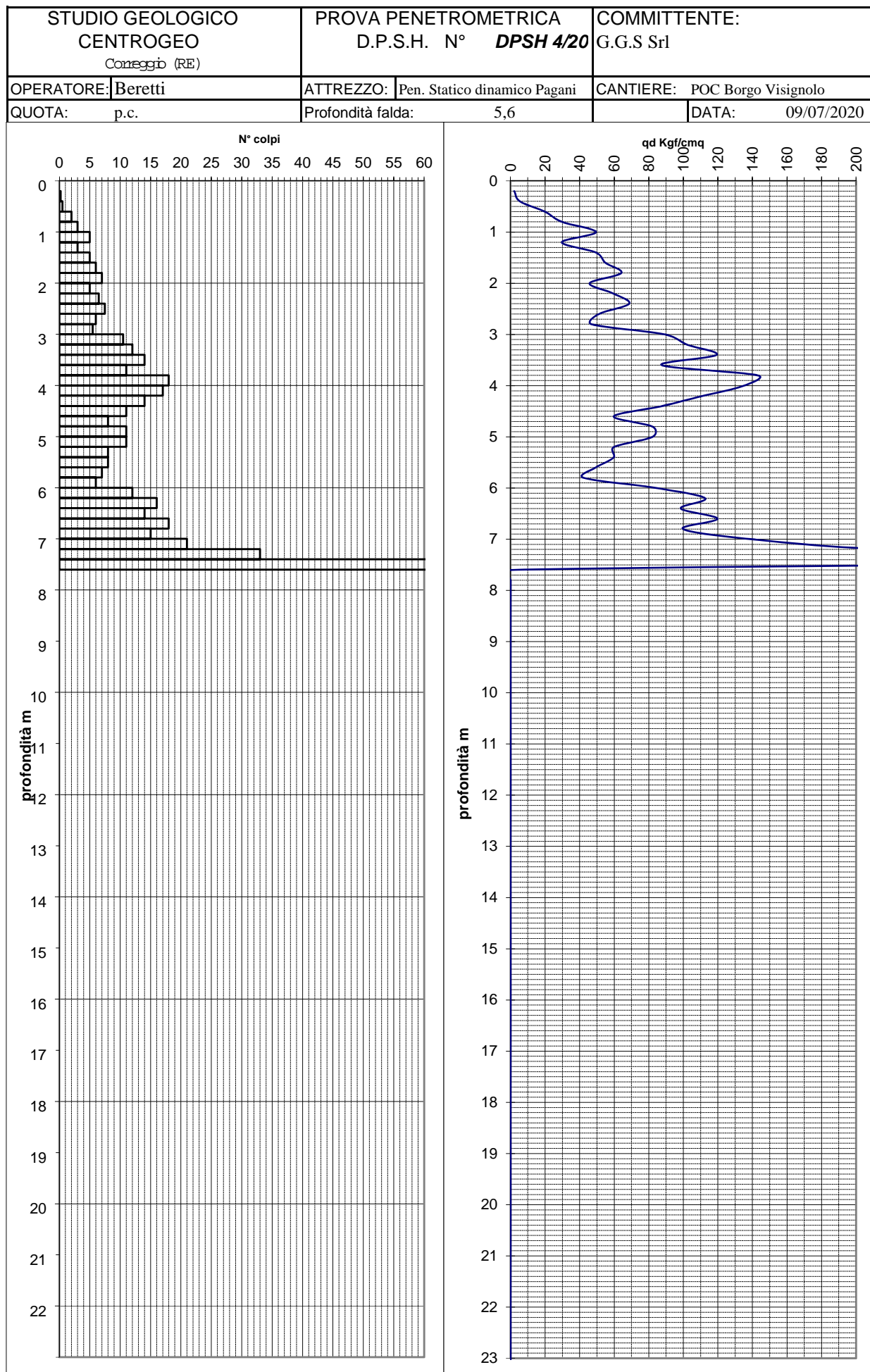




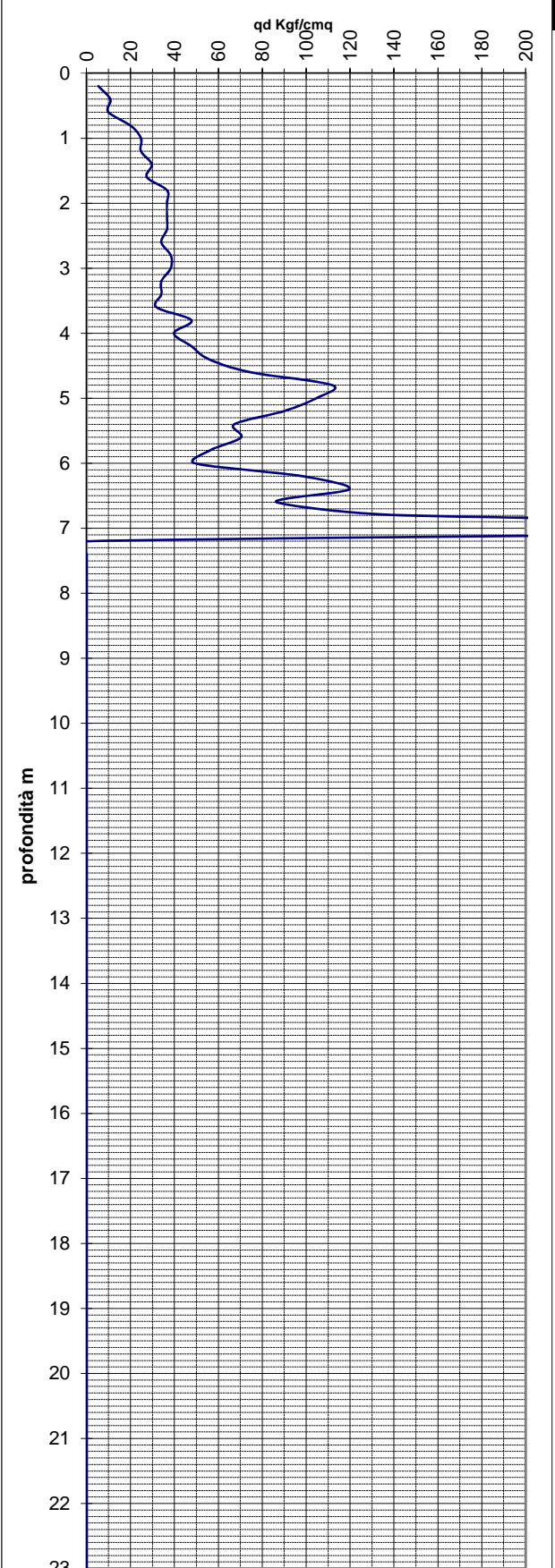
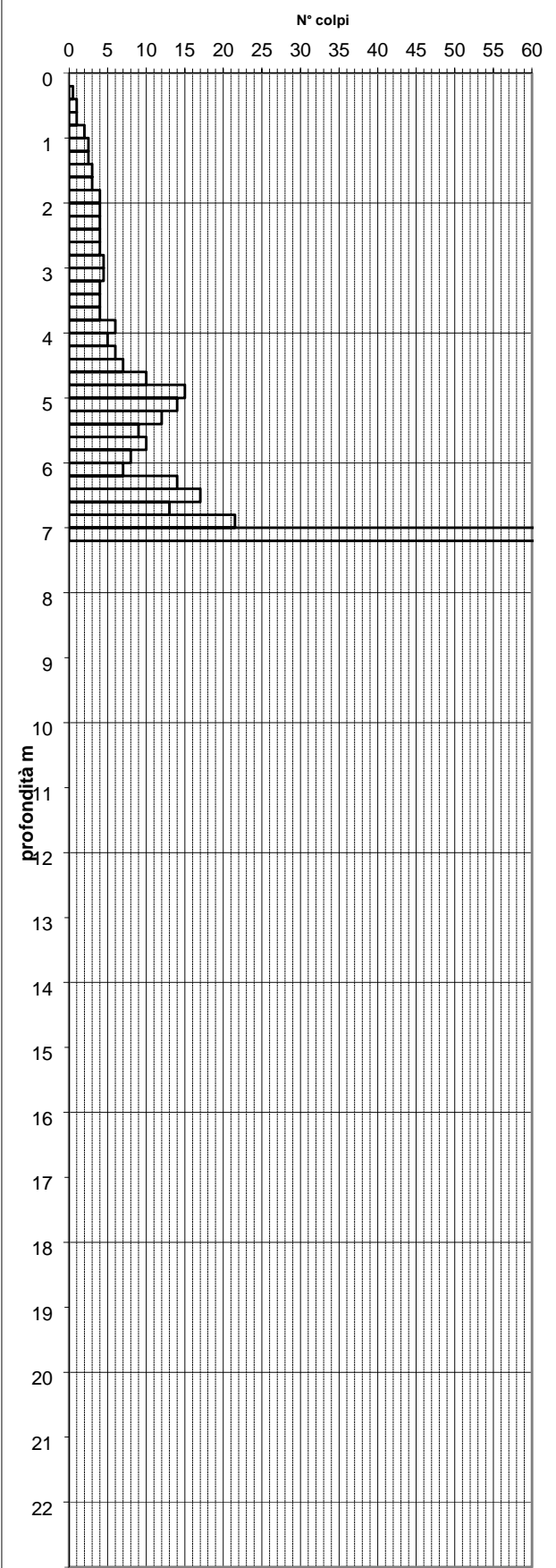
STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO <i>Coneggio (RE)</i>		PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H. N° DPSH 2/20		COMMITTENTE: G.G.S Srl	
OPERATORE: Beretti		ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani		CANTIERE: POC Borgo Visignolo	
QUOTA: p.c.		Profondità falda: 4,1		DATA: 09/07/2020	

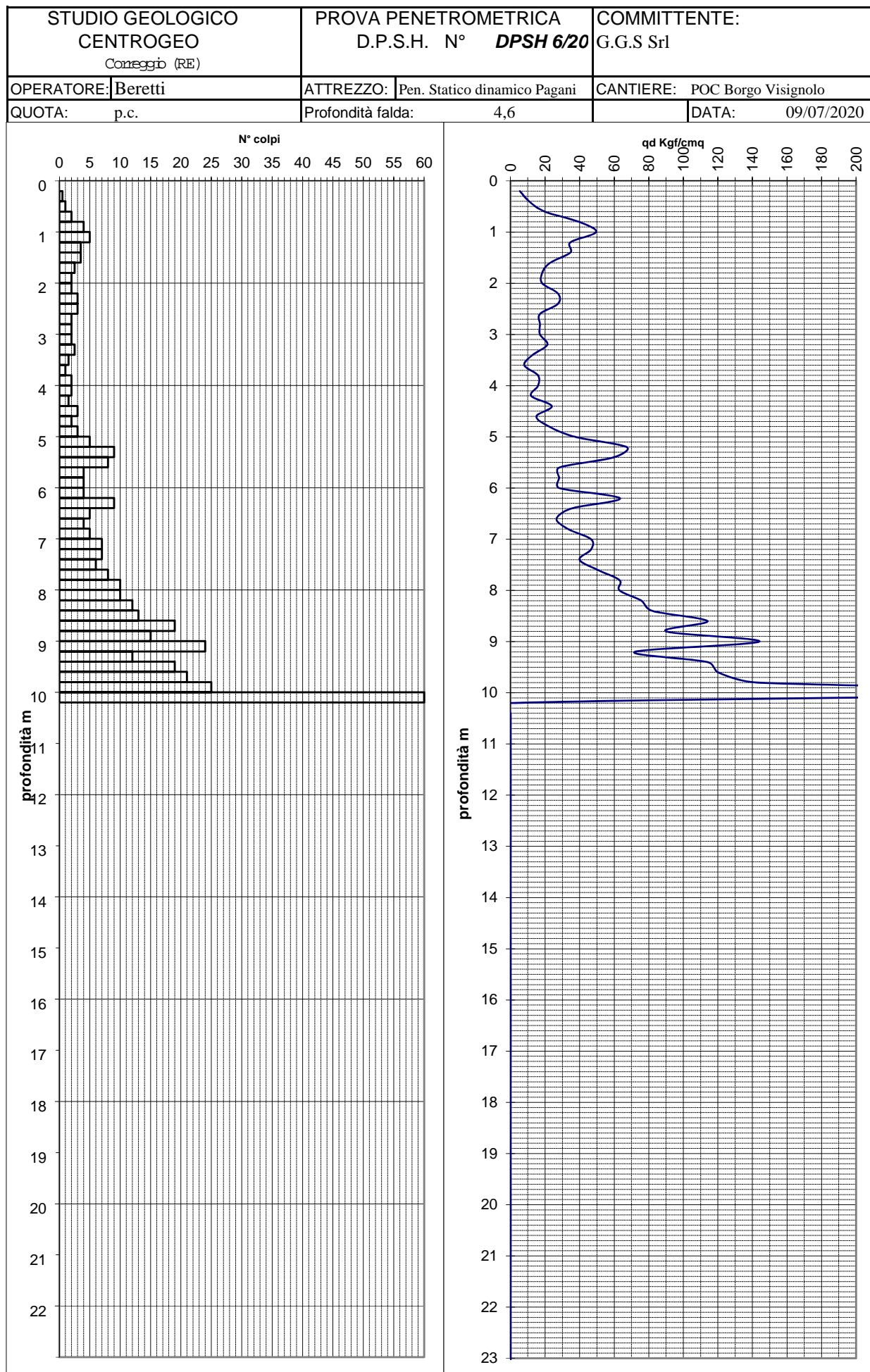


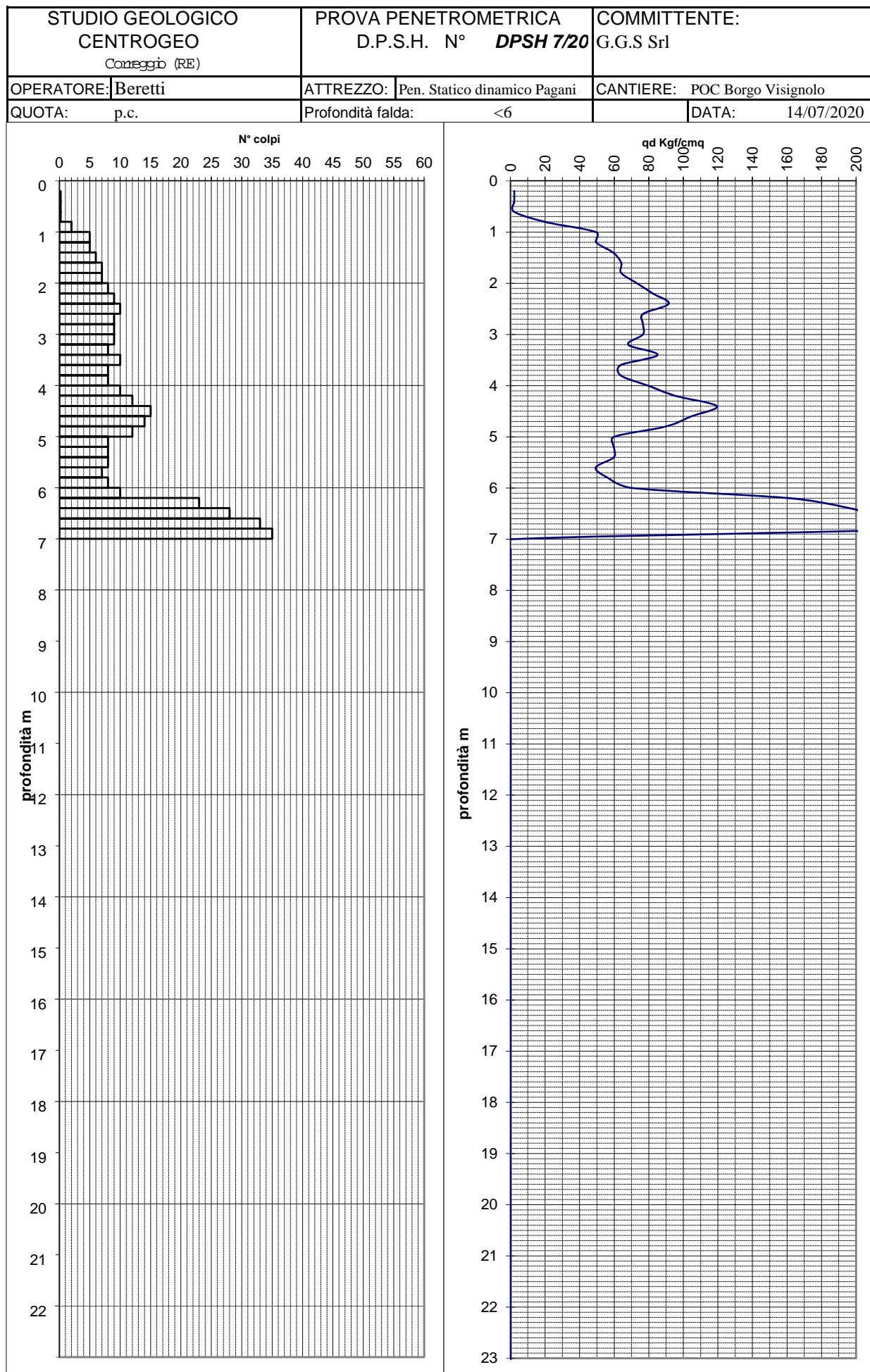




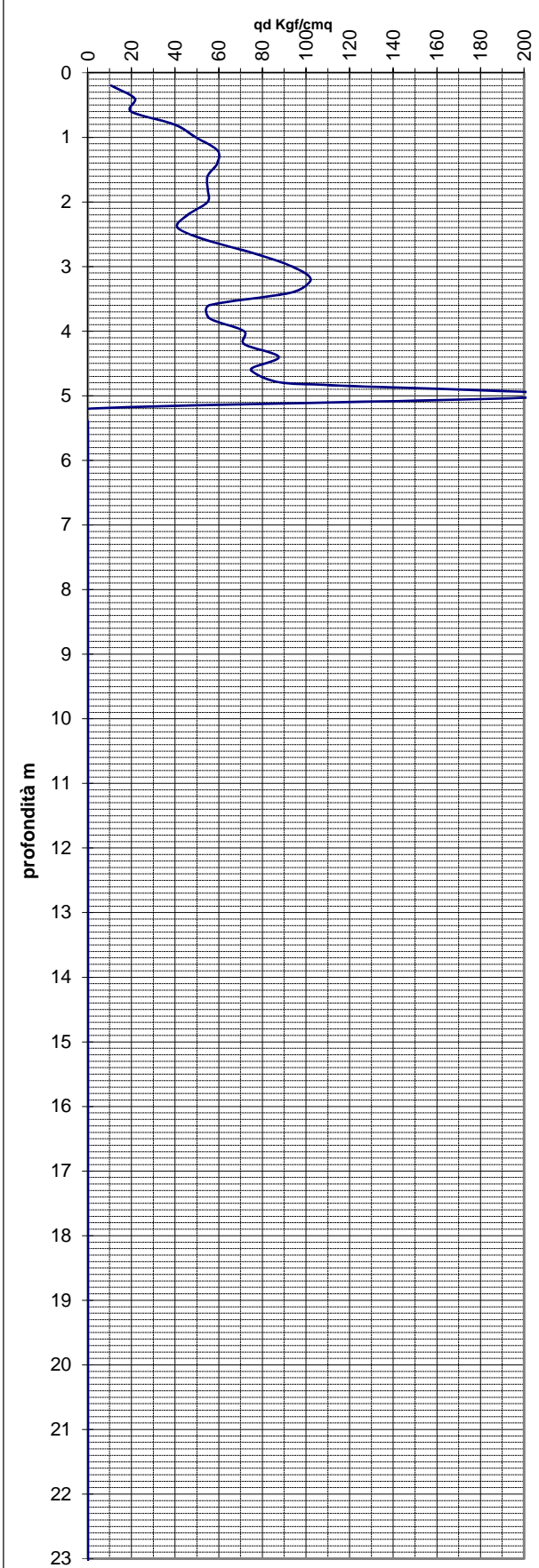
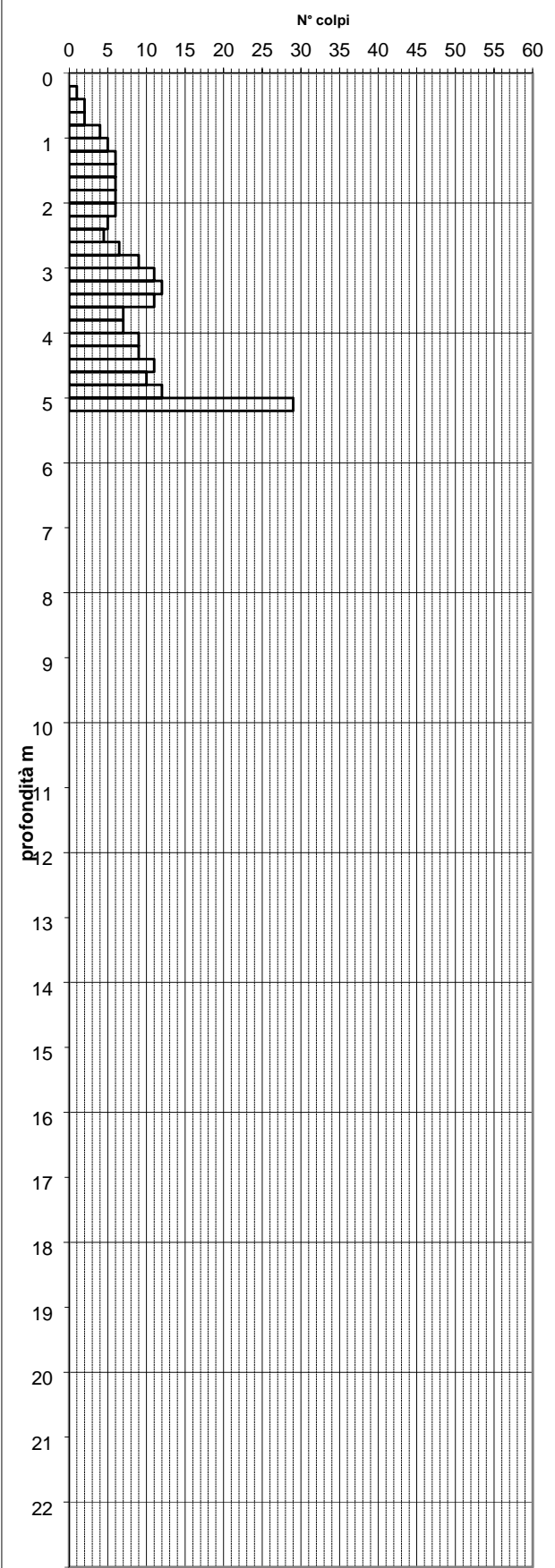
STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO Coneggio (RE)		PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H. N° DPSH 5/20		COMMITTENTE: G.G.S Srl	
OPERATORE: Beretti		ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani		CANTIERE: POC Borgo Visignolo	
QUOTA: p.c.		Profondità falda: 4,2		DATA: 09/07/2020	

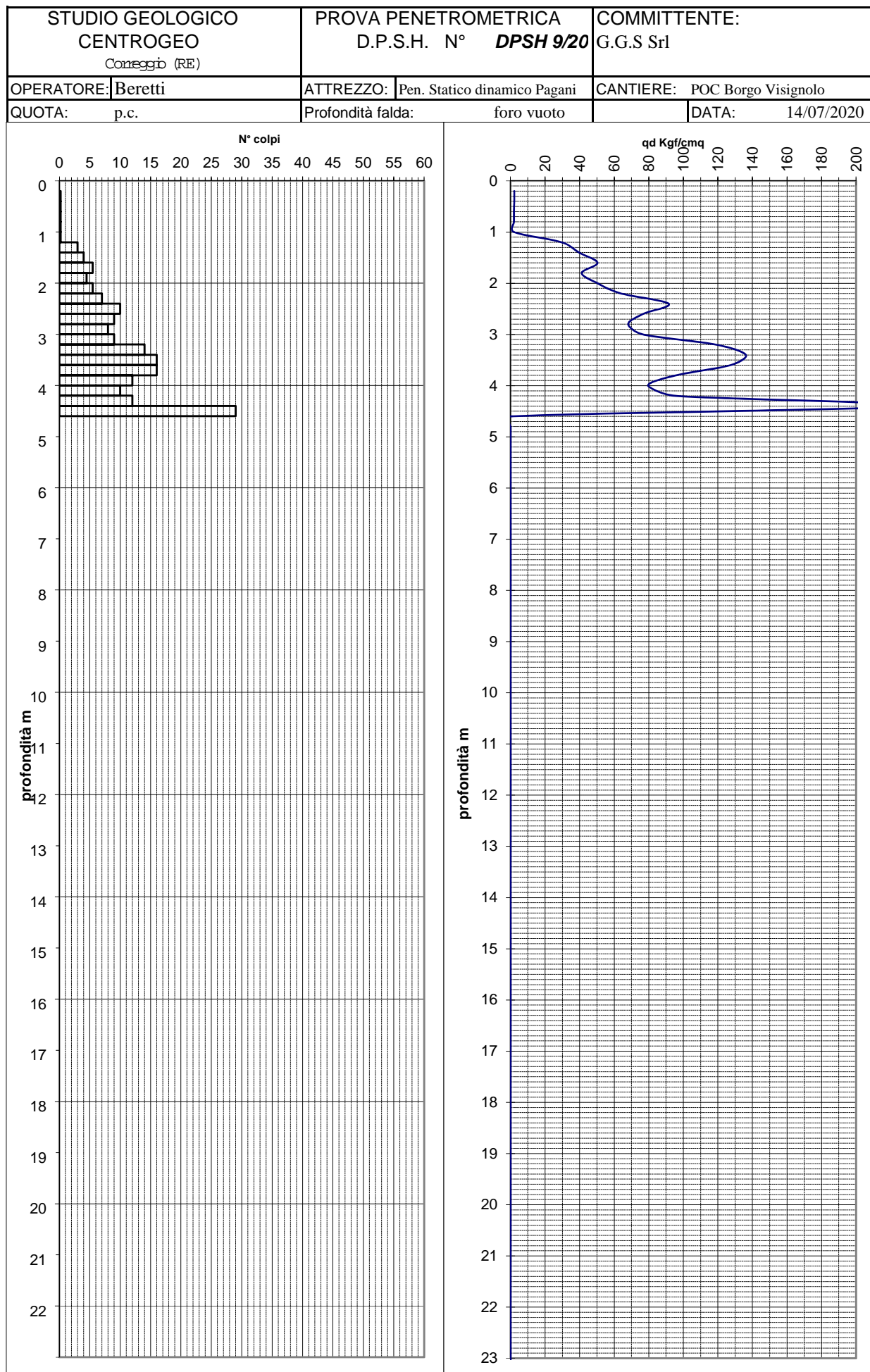






STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO <i>Correggio (RE)</i>		PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H. N° DPSH 8/20		COMMITTENTE: G.G.S Srl	
OPERATORE: Beretti		ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani		CANTIERE: POC Borgo Visignolo	
QUOTA: p.c.		Profondità falda: 3.90		DATA: 14/07/2020	



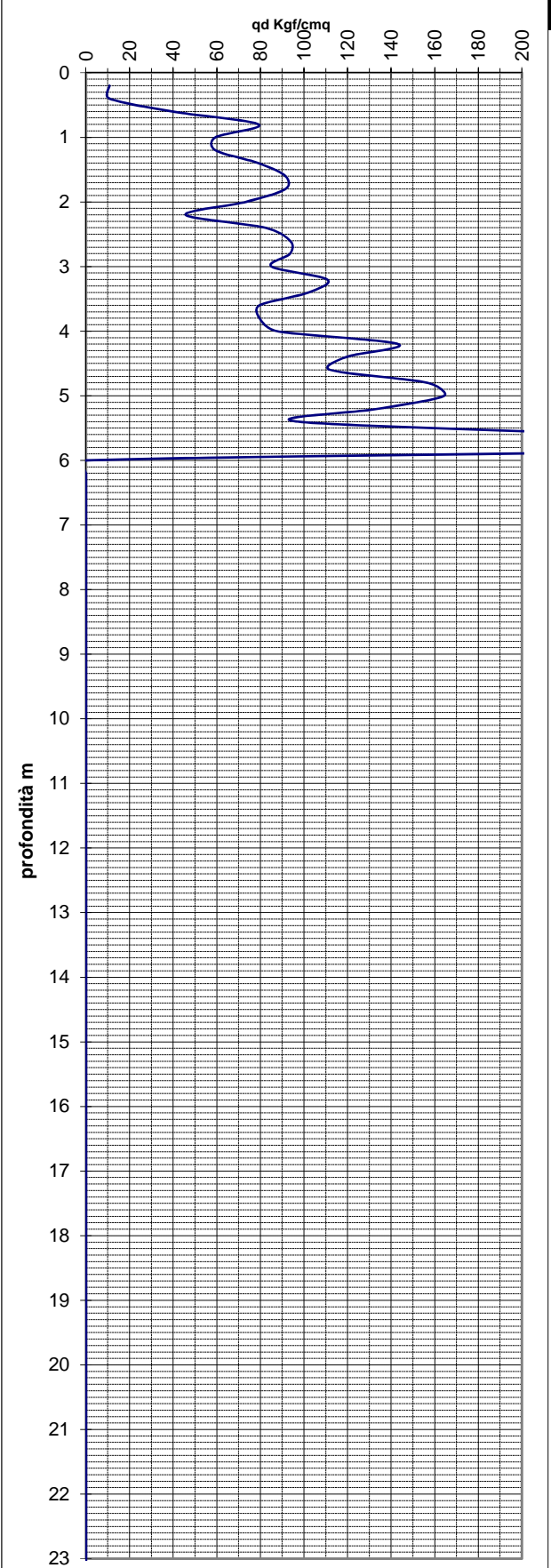
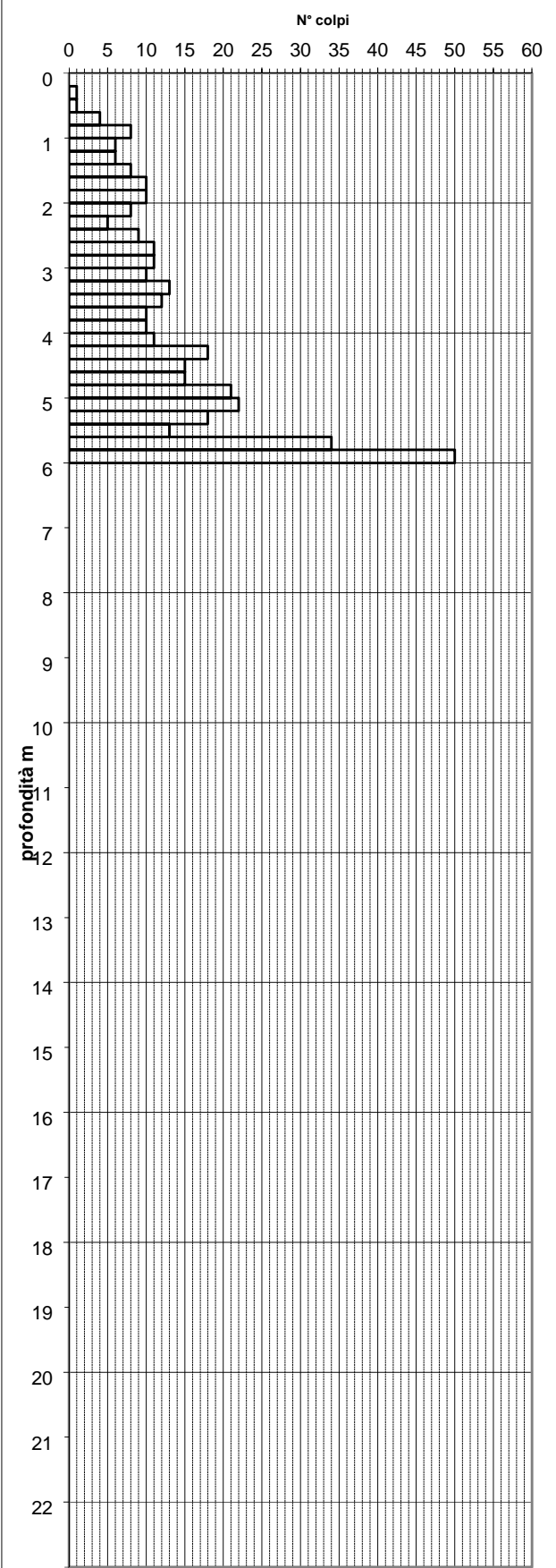


Indagini precedenti Gegnostica Italiana srl

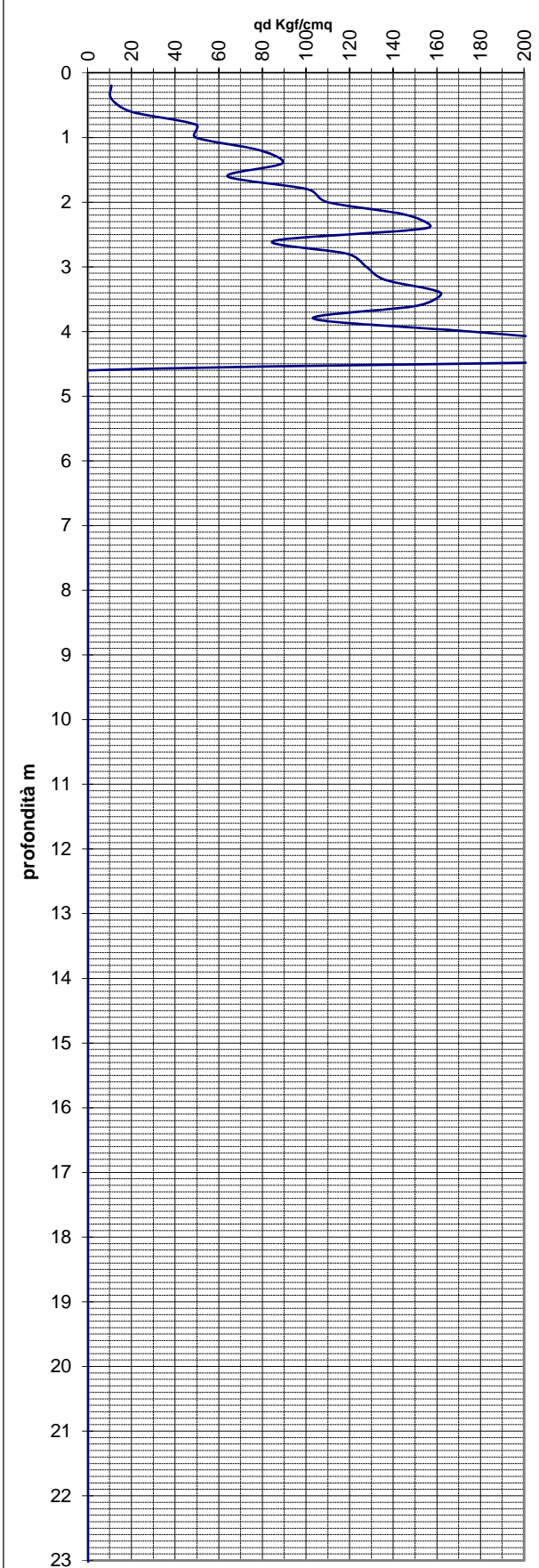
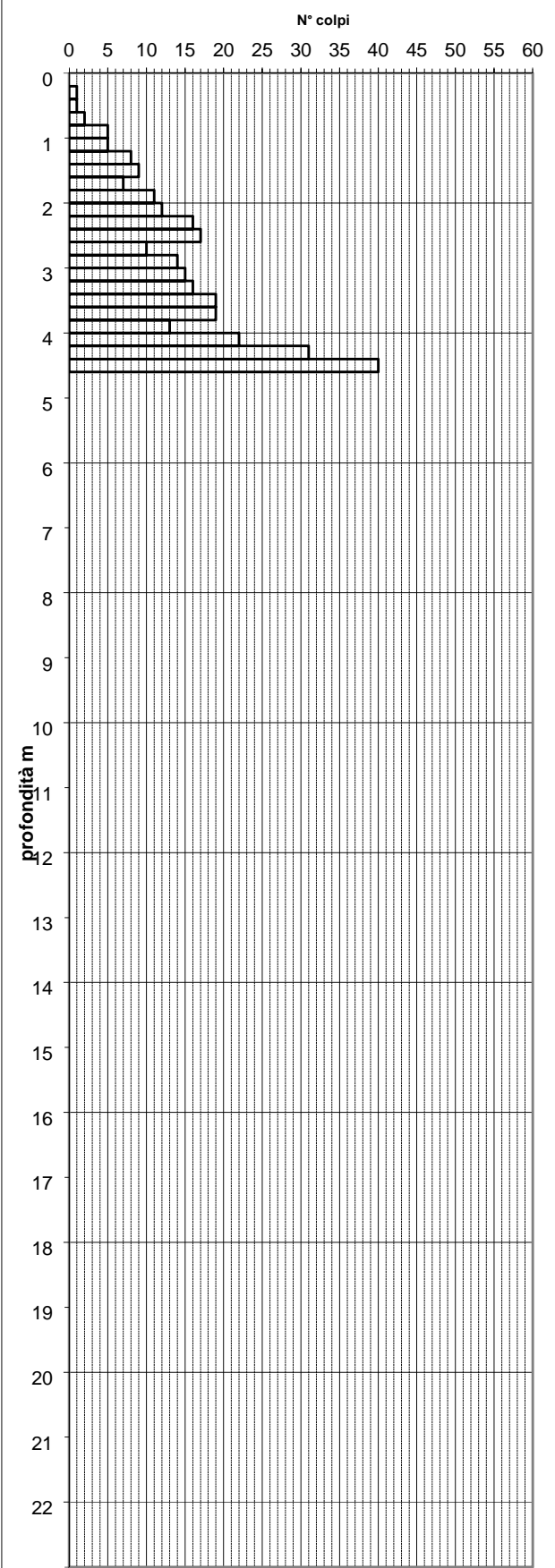
CENTROGEO SURVEY SNC

42015 Correggio (RE) - Piazza S. Quirino, 6 - tel 0522/641001 - Fax: 632162

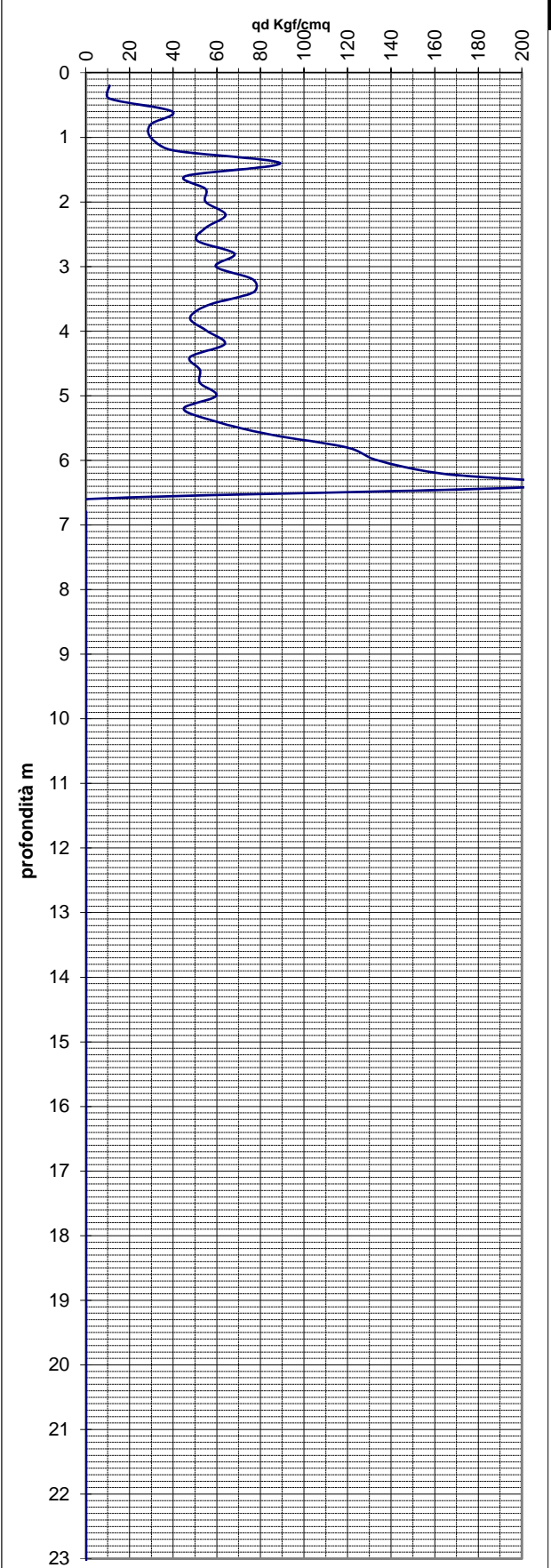
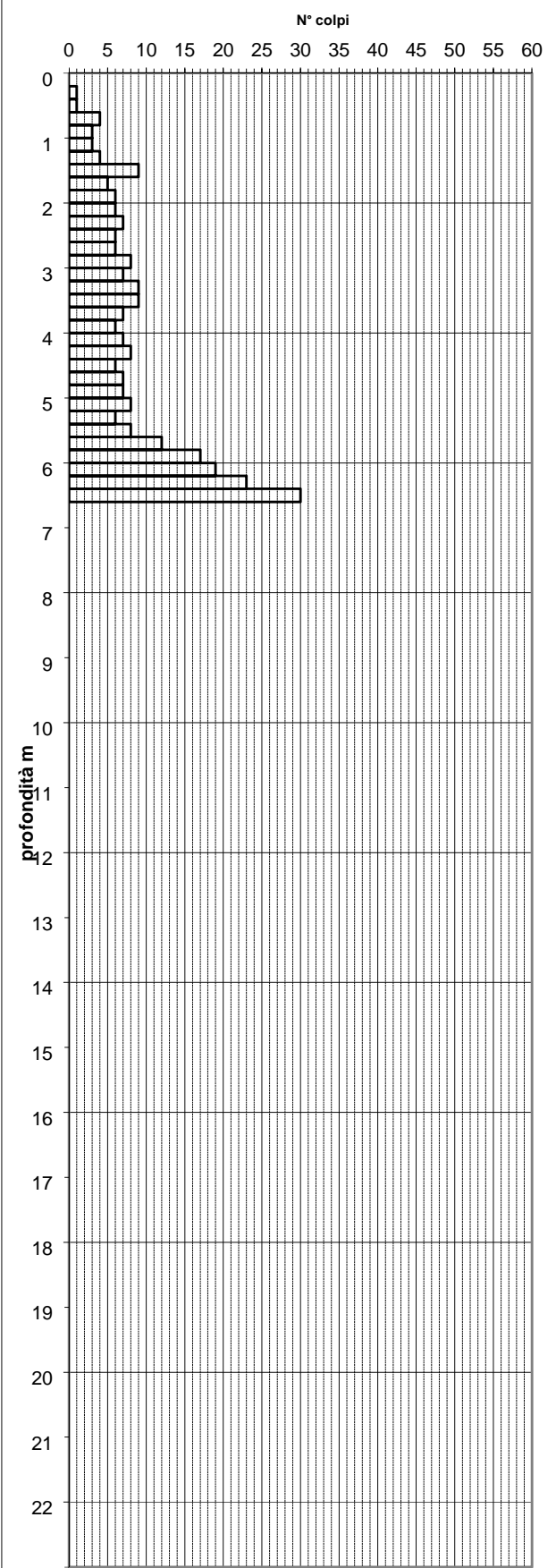
		PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H. N° DH1		COMMITTENTE: Sig. Grassi	
OPERATORE:	Gognostica Italiana srl	ATTREZZO:	Pen. Statico dinamico Pagani	CANTIERE:	Borgo
QUOTA:	p.c.	Profondità falda:	0	DATA:	13/03/2003



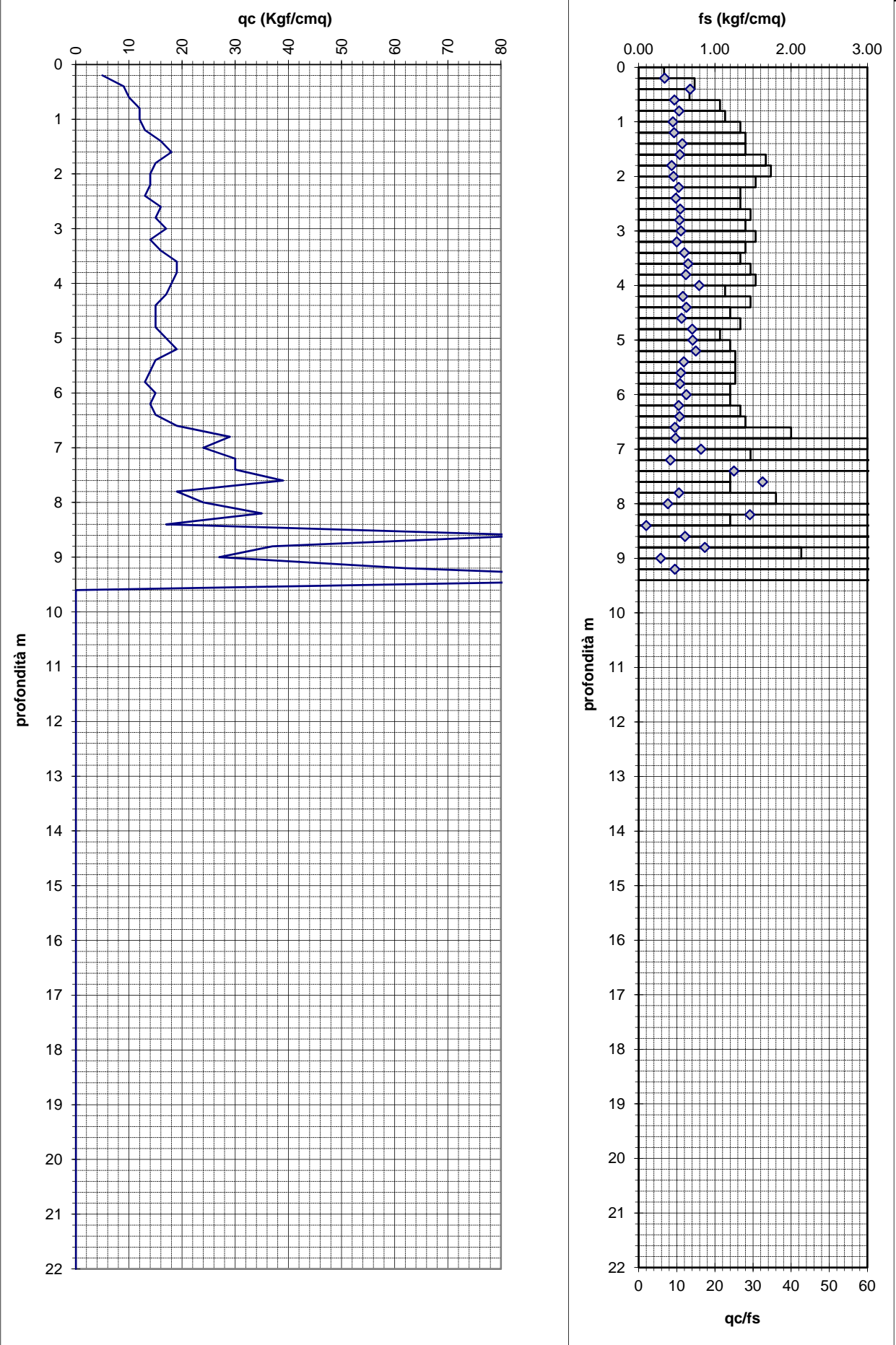
		PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H. N° DH5		COMMITTENTE: Sig. Grassi	
OPERATORE:	Gognostica Italiana srl	ATTREZZO:	Pen. Statico dinamico Pagani	CANTIERE:	Borgo
QUOTA:	p.c.	Profondità falda:	0	DATA:	13/03/2003



		PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H. N° DH6		COMMITTENTE: Sig. Grassi	
OPERATORE:	Gognostica Italiana srl	ATTREZZO:	Pen. Statico dinamico Pagani	CANTIERE:	Borgo
QUOTA:	p.c.	Profondità falda:	0	DATA:	13/03/2003

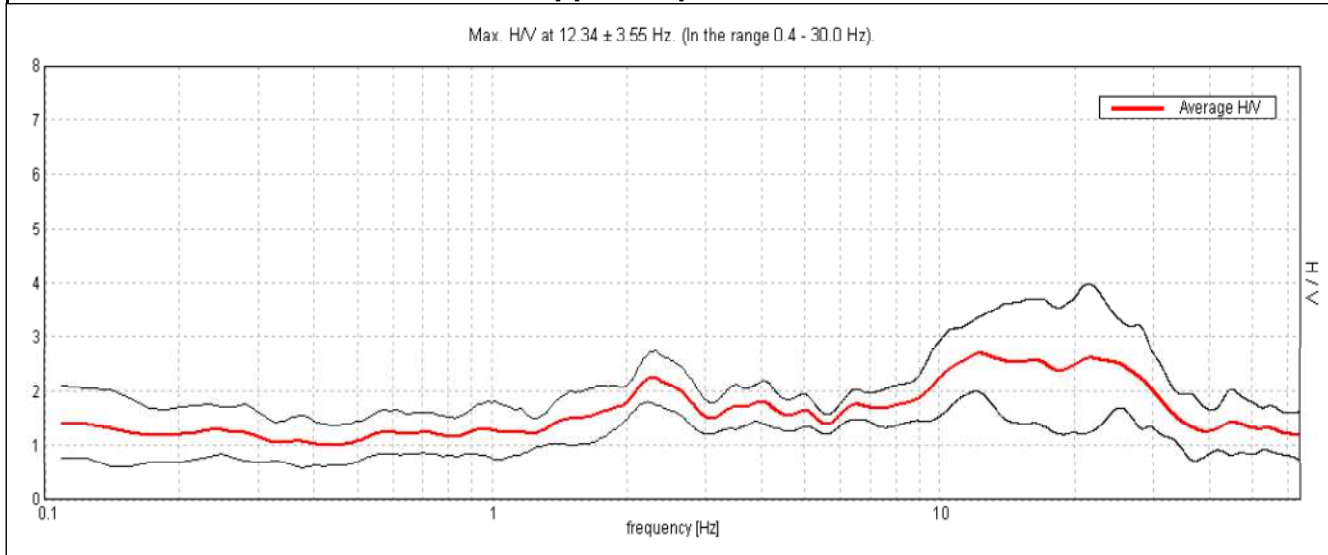


	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° 111	COMMITTENTE: Grassi
OPERATORE: -	ATTREZZO: Pen. statico TM16	CANTIERE: Baiso (RE) Borgo
QUOTA: Piano Campagna	Profondità falda:	DATA: 21/03/03

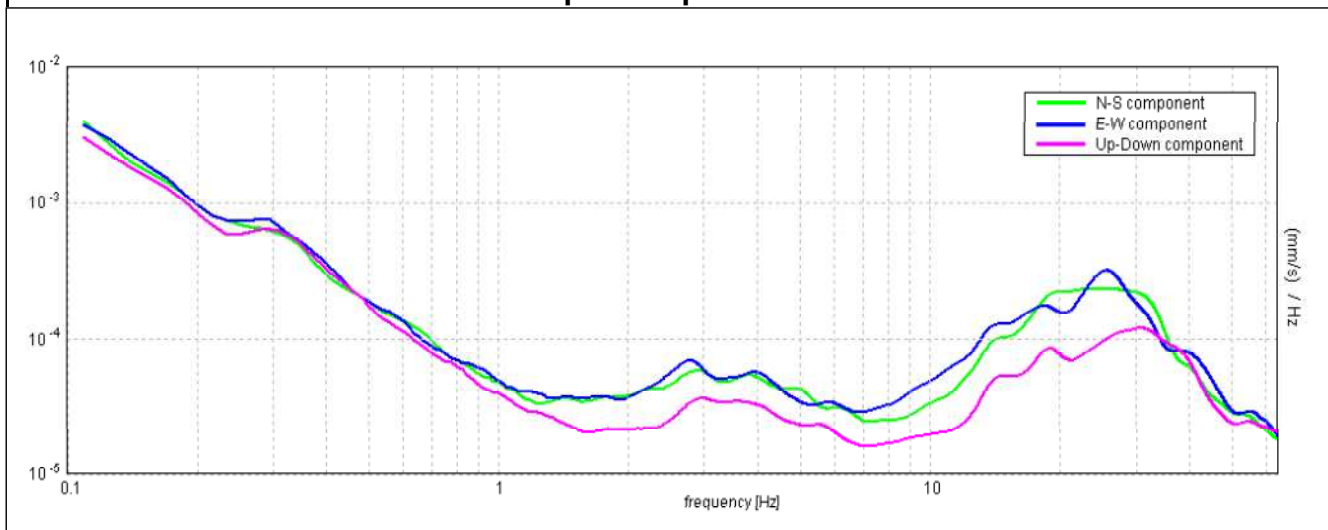


CENTROGEO P.zza S.Quirino, 6 - 42015 CORREGGIO	INDAGINE HV1
LOCALITA': Visignolo (RE)	COMMITTENTE: -
DATA: 18-06-2020	CANTIERE: Area ACA1
QUOTA: 270 m. s.l.m.	OPERATORI: Boccaletti M. - S.Gilli
Strumentazione: TROMINO TRZ 0134/01-11	

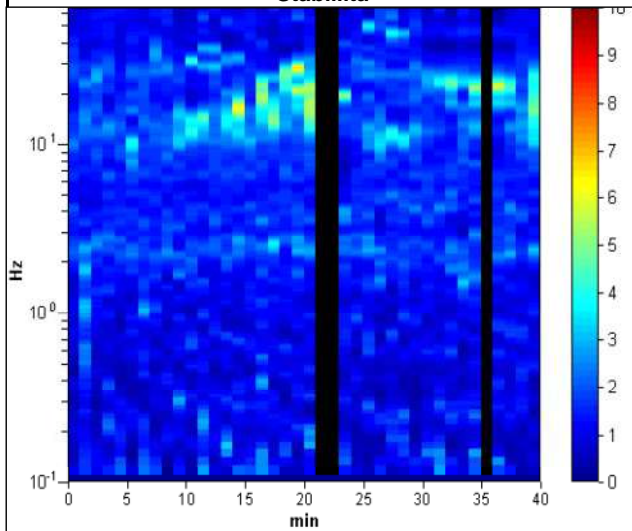
Rapporto spettrale



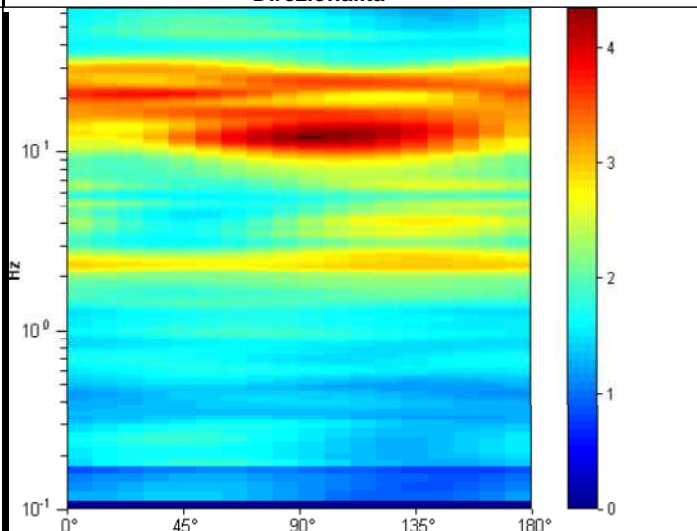
Ampiezza spettrale



Stabilità

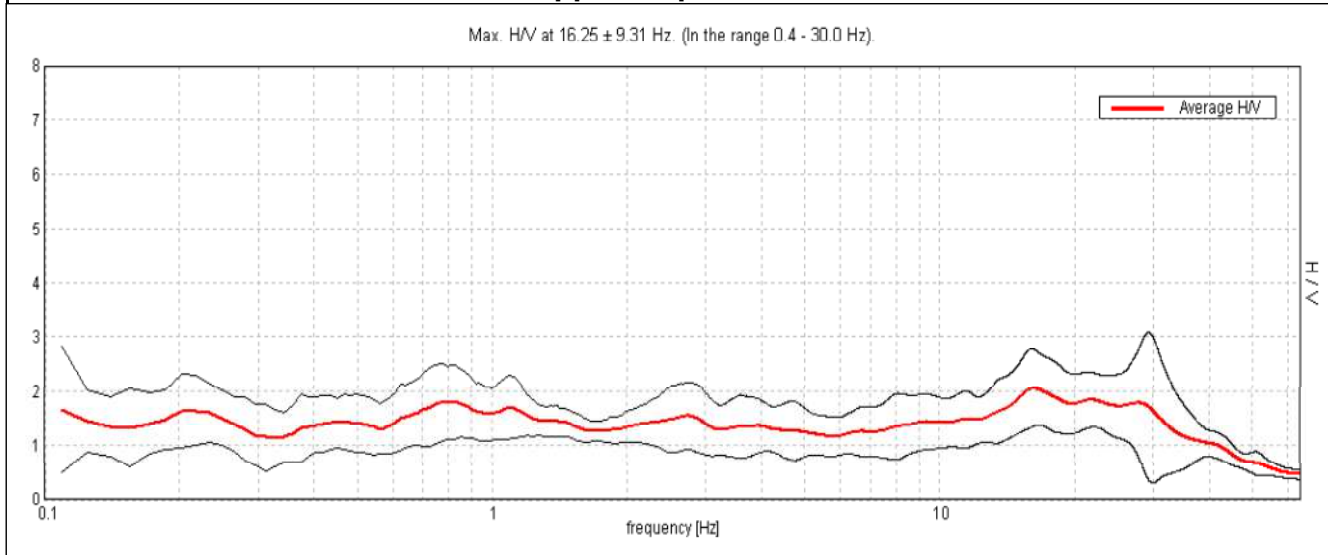


Direzionalità

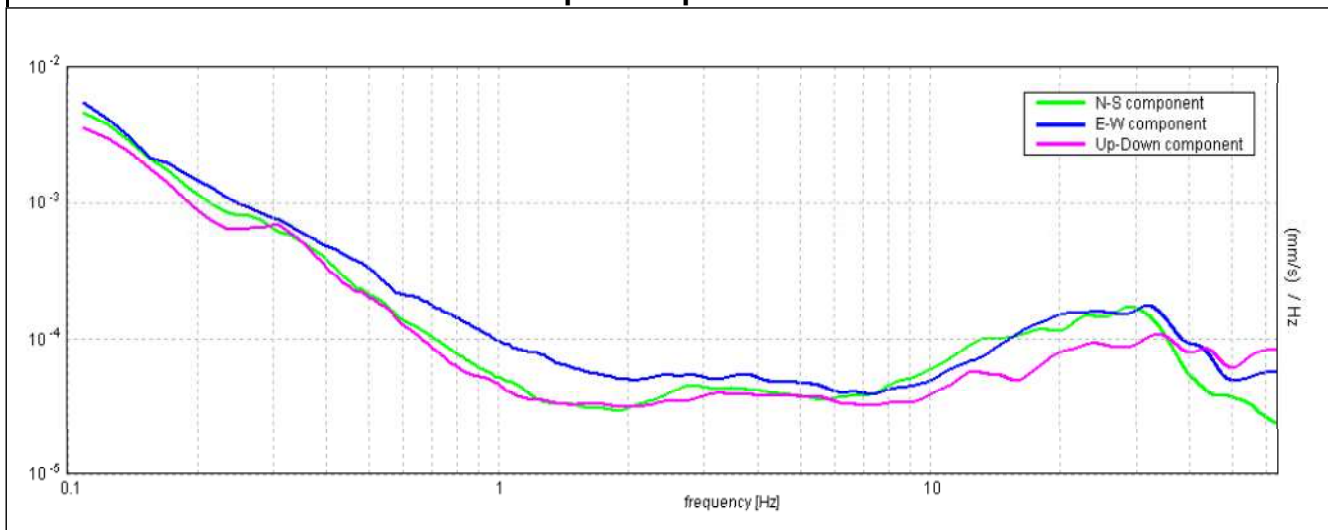


CENTROGEO P.zza S.Quirino, 6 - 42015 CORREGGIO	INDAGINE HV2
LOCALITA': Visignolo (RE)	COMMITTENTE: -
DATA: 18-06-2020	CANTIERE: Area ACA1
QUOTA: 270 m. s.l.m.	OPERATORI: Boccaletti M. - S.Gilli
Strumentazione: TROMINO TRZ 0134/01-11	

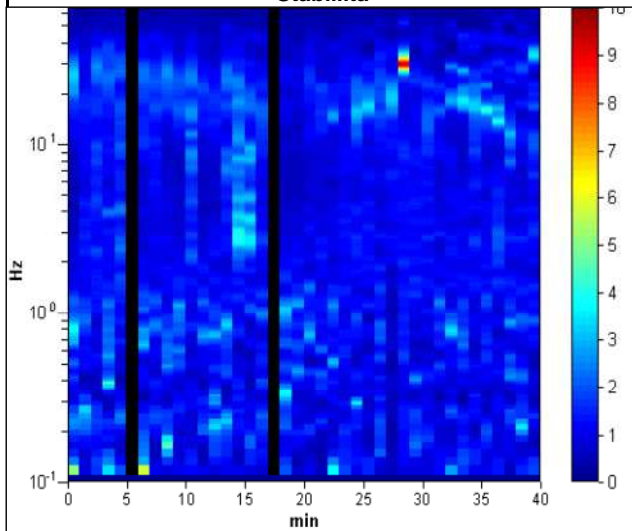
Rapporto spettrale



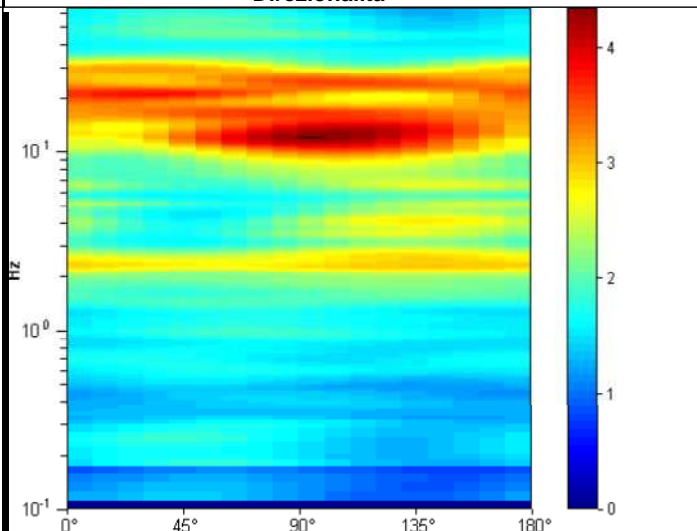
Ampiezza spettrale



Stabilità

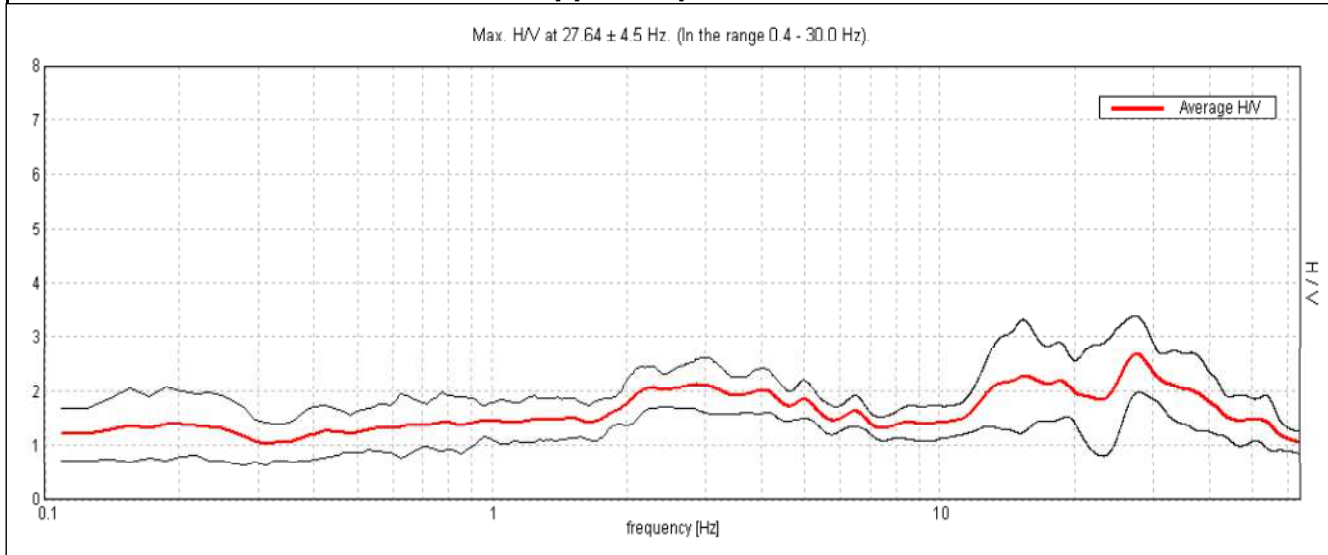


Direzionalità

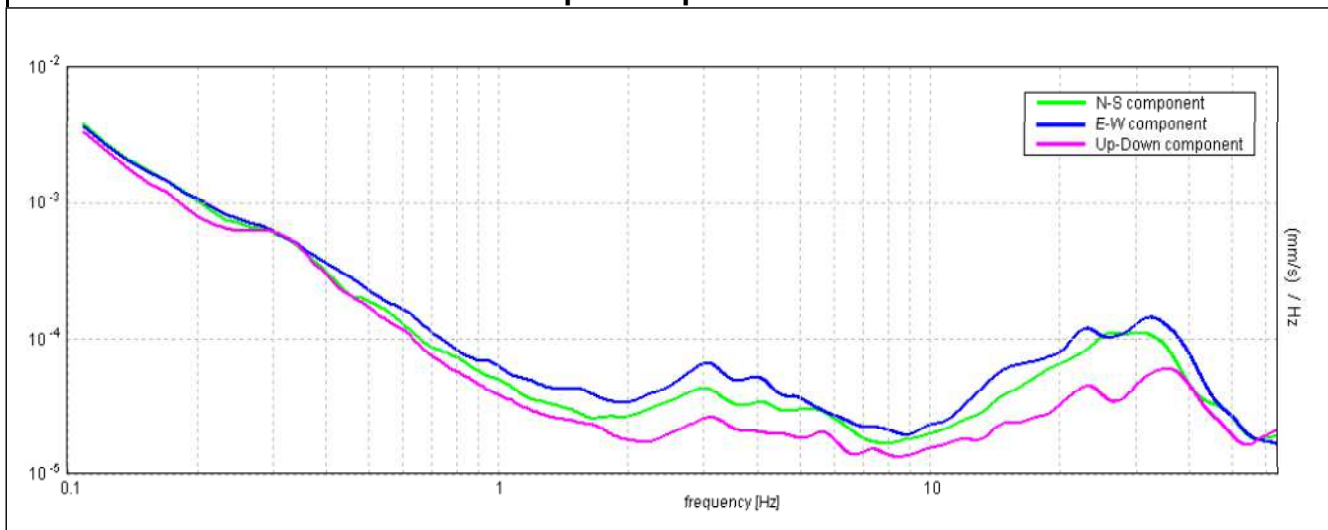


CENTROGEO P.zza S.Quirino, 6 - 42015 CORREGGIO	INDAGINE HV3
LOCALITA': Visignolo (RE)	COMMITTENTE: -
DATA: 18-06-2020	CANTIERE: Area ACA1
QUOTA: 270 m. s.l.m.	OPERATORI: Boccaletti M. - S.Gilli
Strumentazione: TROMINO TRZ 0134/01-11	

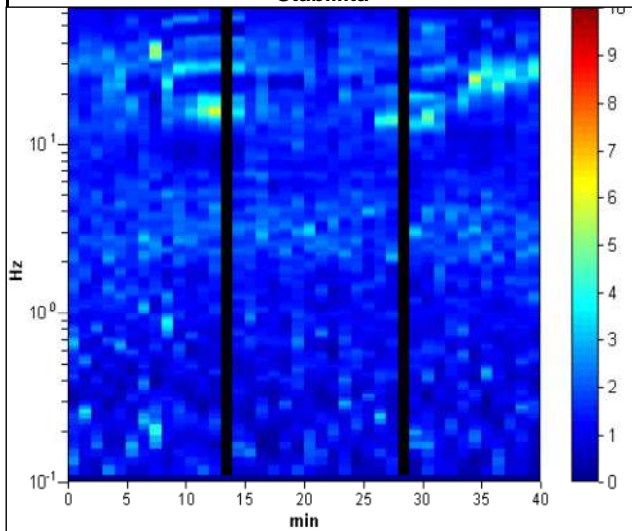
Rapporto spettrale



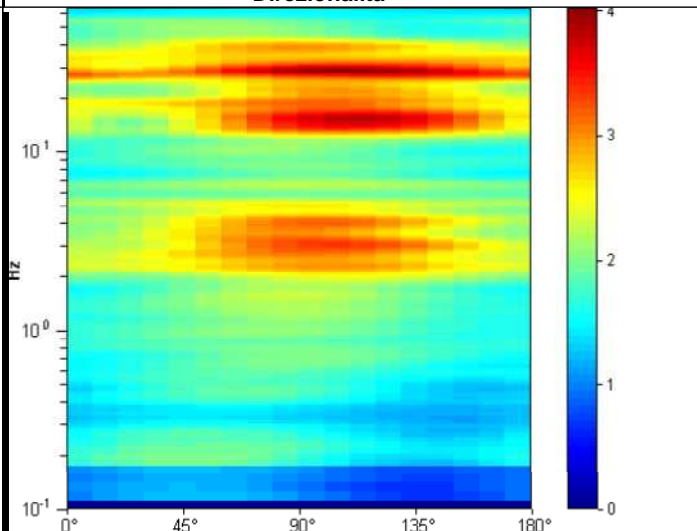
Ampiezza spettrale



Stabilità



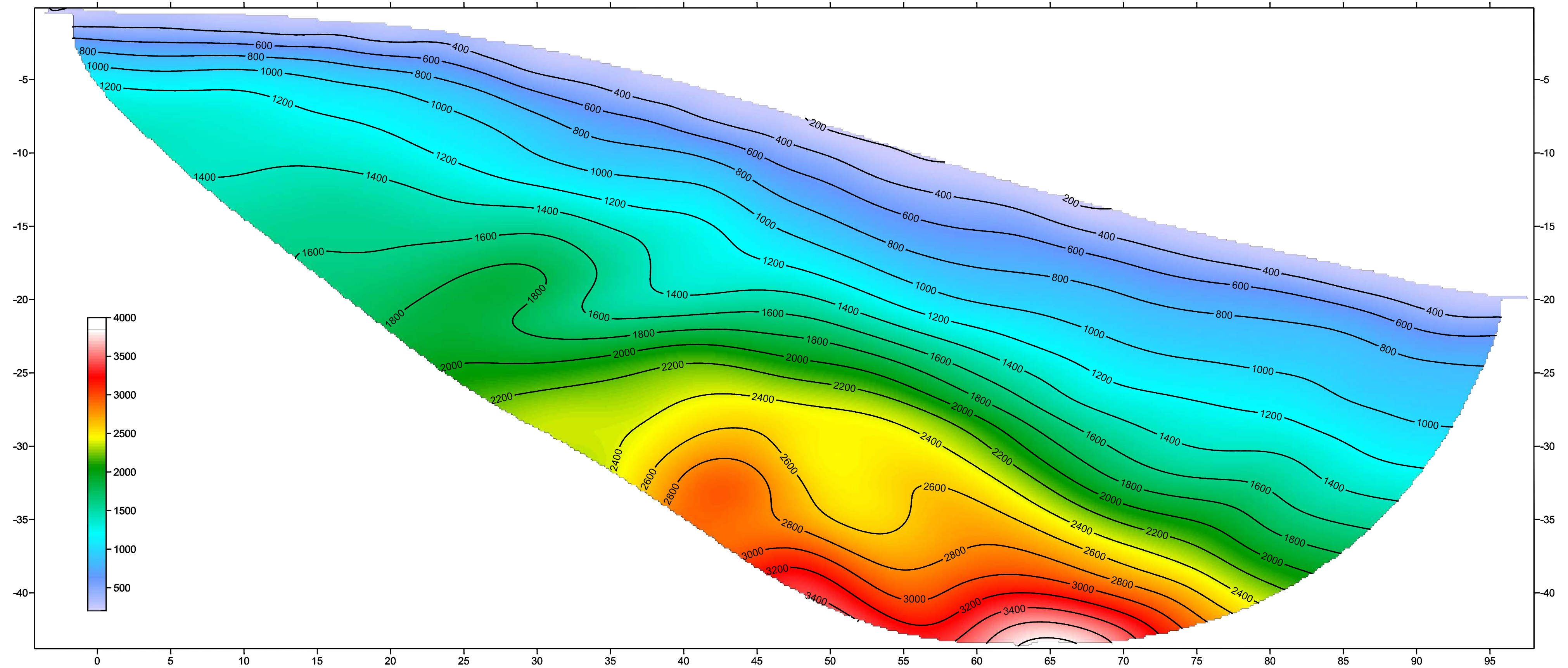
Direzionalità



BS12

Sud

Nord

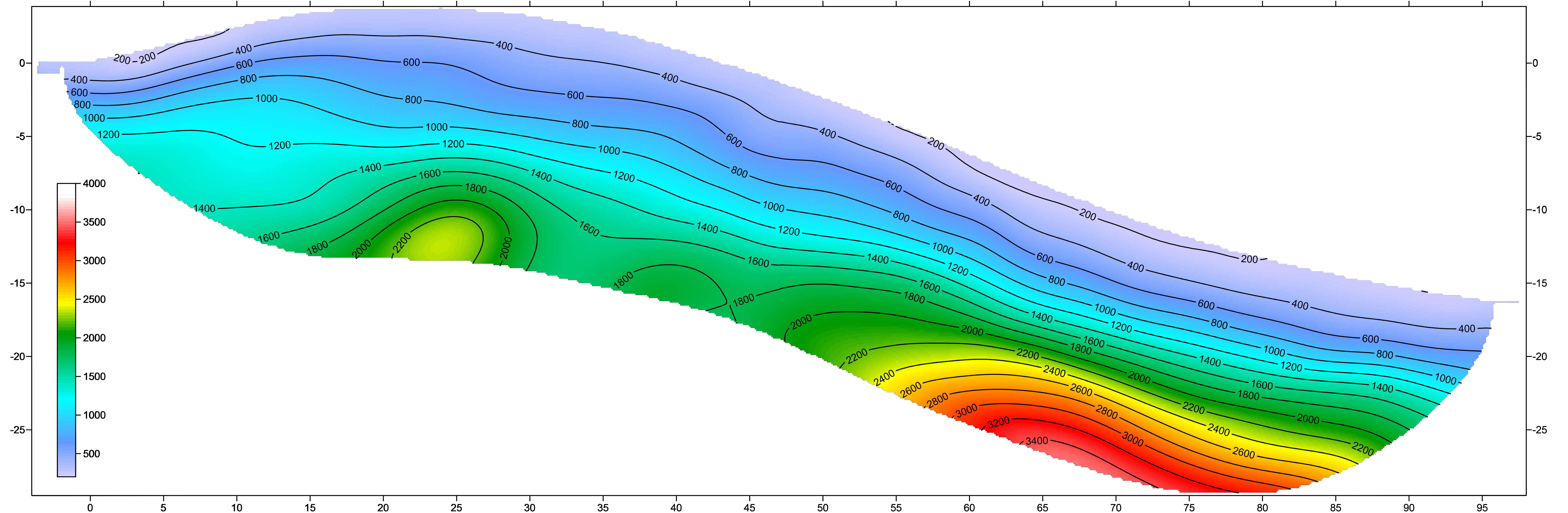


Scala 1.200

BS34

Ovest

Est



Scala 1.100

VERIFICHE DI STABILITA'

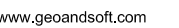
Profilo Sud Nord

CENTROGEO SURVEY SNC

42015 Correggio (RE) - Piazza S. Quirino, 6 - tel 0522/641001 - Fax: 632162

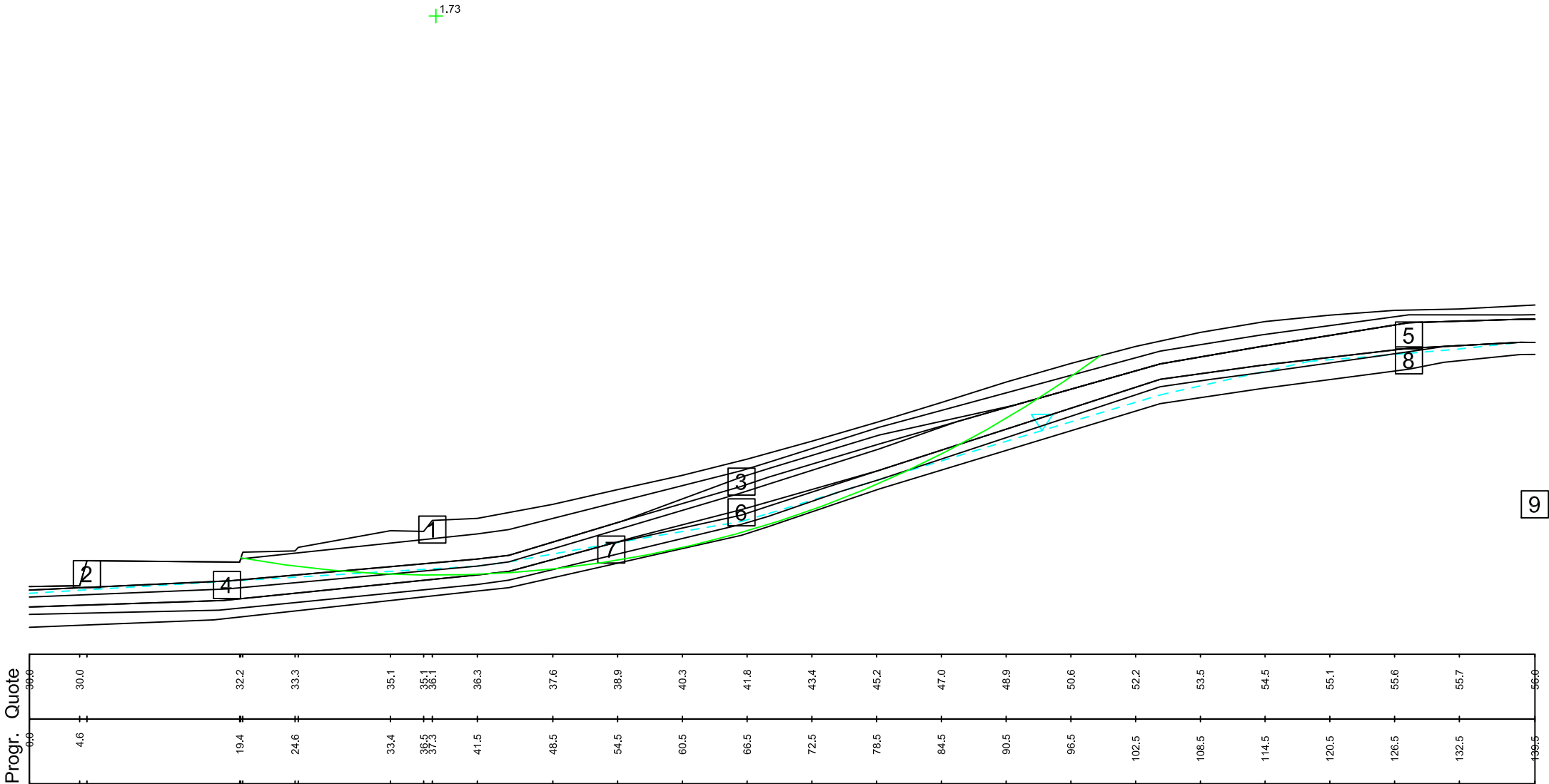
scala 1:500

Metodo: Sarma



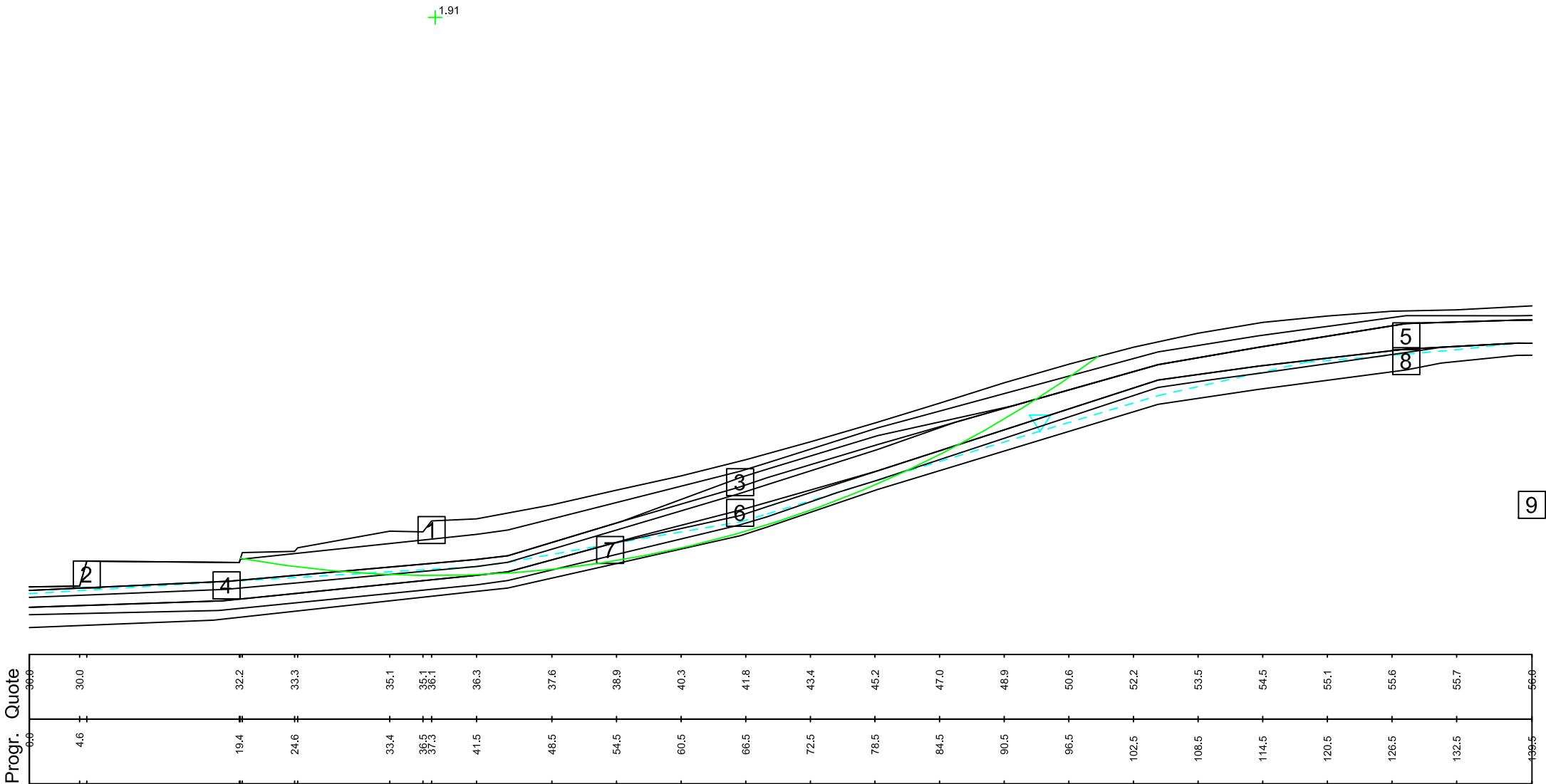
AMBITO ACA1
 1° VARIANTE POC 2017-2021
 Borgo Visignolo
 Baiso - GGS srl - Viano
 profilo s-n Tan 3
 Condizioni drenate - Presenza di sisma
 scala 1:500

Litotipo 1:	phi [°] = 20	c [kN/m²] = 4	gamma [kN/m³] = 18
Litotipo 2:	phi [°] = 21	c [kN/m²] = 8	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 3:	phi [°] = 23	c [kN/m²] = 9	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 4:	phi [°] = 22	c [kN/m²] = 9	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 5:	phi [°] = 24	c [kN/m²] = 8	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 6:	phi [°] = 23	c [kN/m²] = 8	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 7:	phi [°] = 22	c [kN/m²] = 8	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 8:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 14	gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 9:	phi [°] = 28	c [kN/m²] = 28	gamma [kN/m³] = 21
Gamma acqua [kN/m³] =10 Comp. sismica orizz.=.085 Comp. sismica vert.=.042			
Metodo: Sarma			



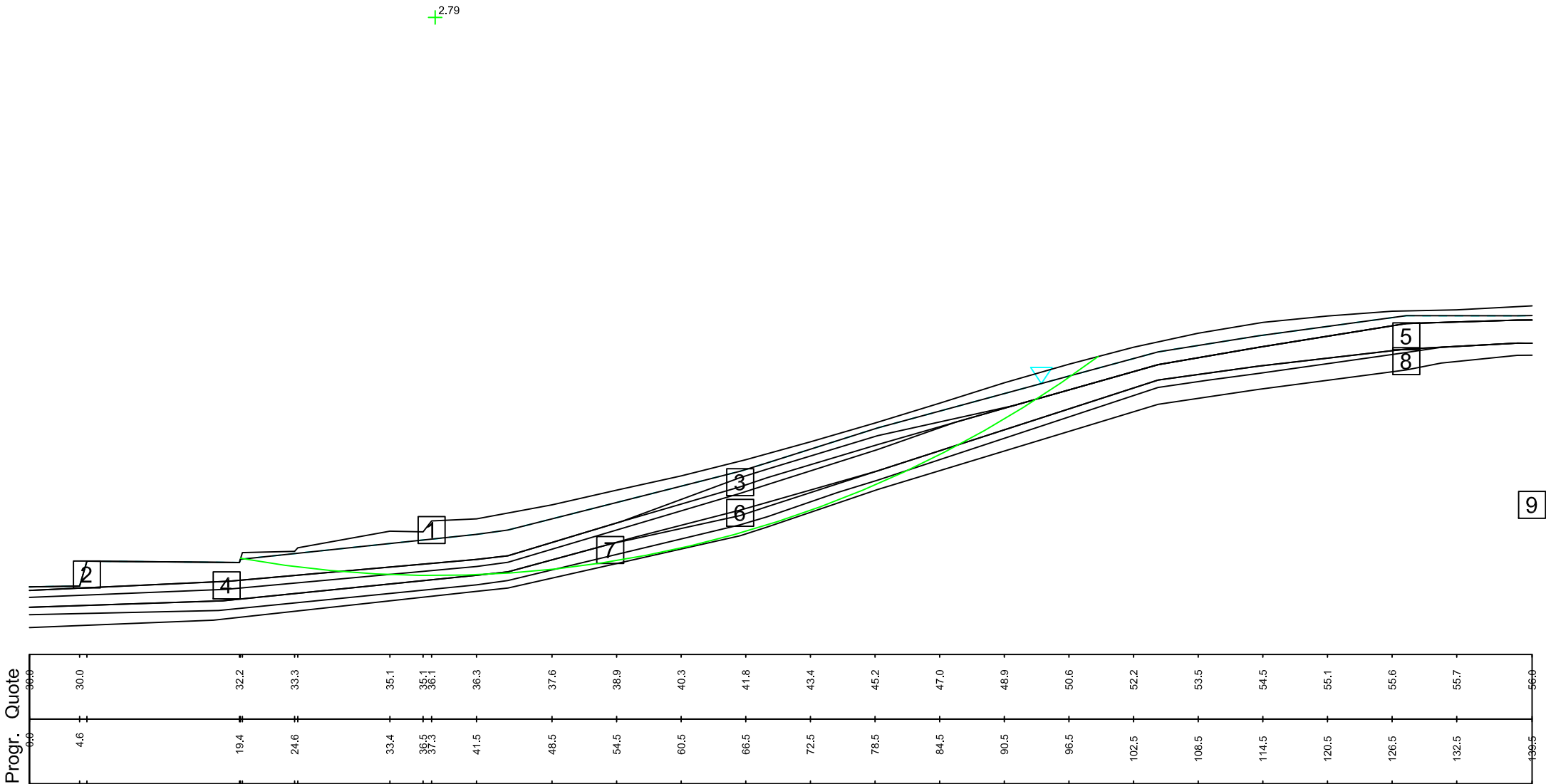
AMBITO ACA1
 1° VARIANTE POC 2017-2021
 Borgo Visignolo
 Baiso - GGS srl - Viano
 profilo s-n Tan 3
 Condizioni drenate - Assenza di sisma
 scala 1:500

Litotipo 1:	phi [°] = 16.2	c [kN/m²] = 3.2	gamma [kN/m³] = 18
Litotipo 2:	phi [°] = 17.1	c [kN/m²] = 6.4	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 3:	phi [°] = 18.8	c [kN/m²] = 7.2	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 4:	phi [°] = 17.9	c [kN/m²] = 7.2	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 5:	phi [°] = 19.6	c [kN/m²] = 6.4	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 6:	phi [°] = 18.8	c [kN/m²] = 6.4	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 7:	phi [°] = 17.9	c [kN/m²] = 6.4	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 8:	phi [°] = 20.5	c [kN/m²] = 11.2	gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 9:	phi [°] = 23	c [kN/m²] = 22.4	gamma [kN/m³] = 21
Gamma acqua [kN/m³] =10			
Metodo: Sarma			



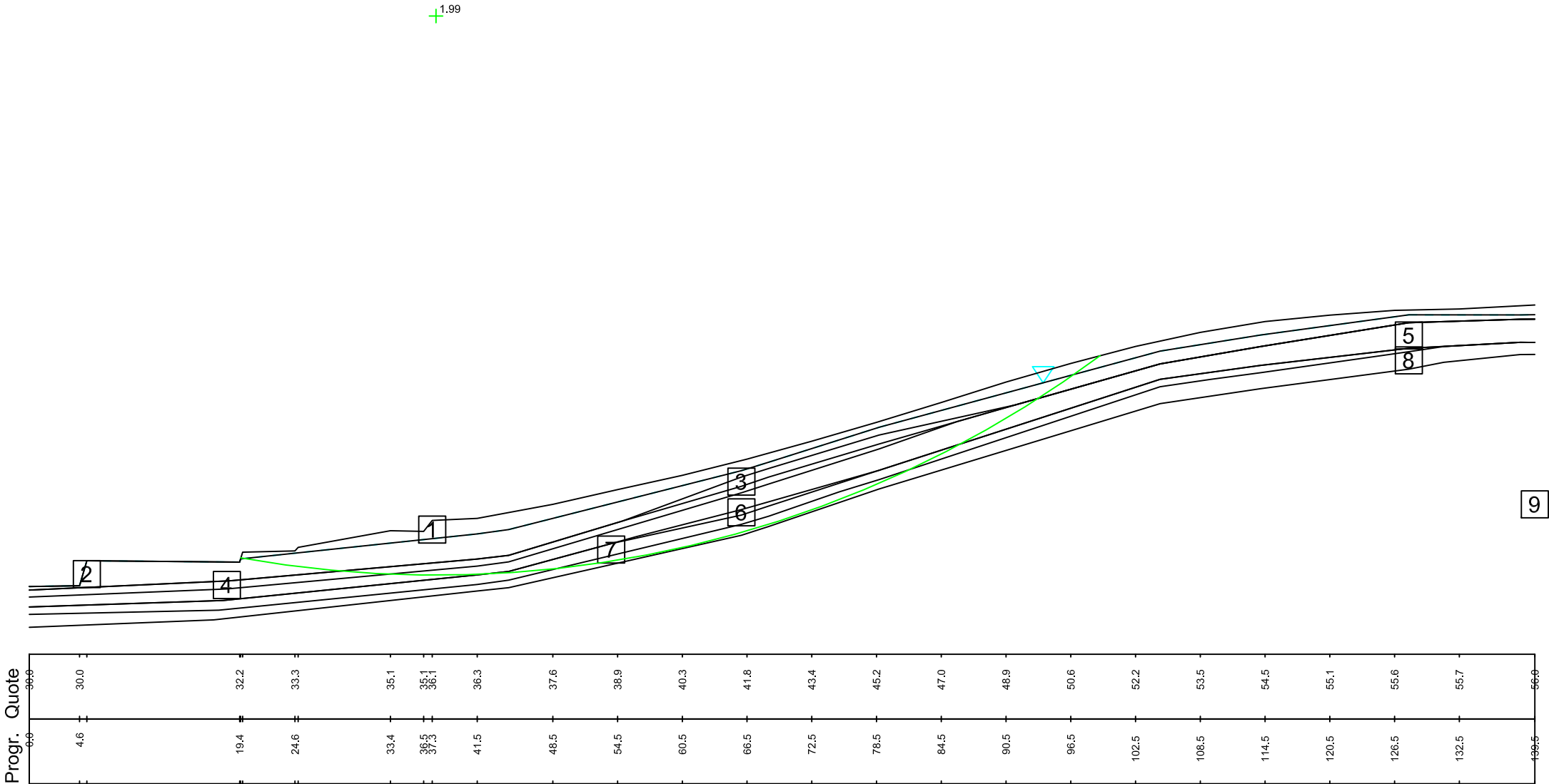
AMBITO ACA1
 1° VARIANTE POC 2017-2021
 Borgo Visignolo
 Baiso - GGS srl - Viano
 profilo s-n Tan 3
 Condizioni non drenate - Assenza di sisma
 scala 1:500

Litotipo 1:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 10	gamma [kN/m³] = 18
Litotipo 2:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 30	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 3:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 50	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 4:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 40	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 5:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 55	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 6:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 52	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 7:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 50	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 8:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 60	gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 9:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 110	gamma [kN/m³] = 21
Gamma acqua [kN/m³] =10			
Metodo: Sarma			



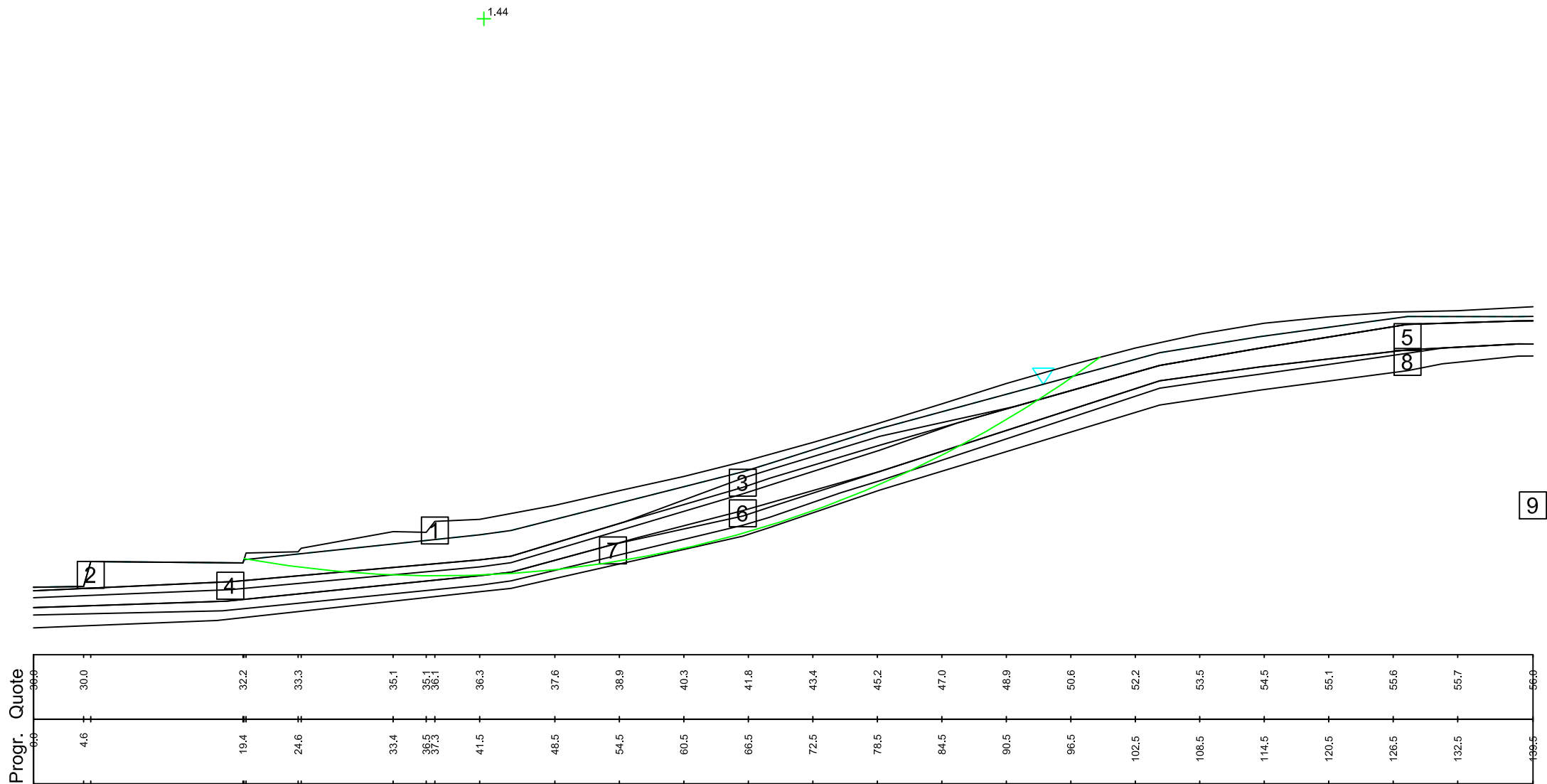
AMBITO ACA1
 1° VARIANTE POC 2017-2021
 Borgo Visignolo
 Baiso - GGS srl - Viano
 profilo s-n Tan 3
 Condizioni non drenate - Presenza di sisma
 scala 1:500

Litotipo 1:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 10	gamma [kN/m³] = 18
Litotipo 2:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 30	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 3:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 50	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 4:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 40	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 5:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 55	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 6:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 52	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 7:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 50	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 8:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 60	gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 9:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 110	gamma [kN/m³] = 21
Gamma acqua [kN/m³] =10 Comp. sismica orizz.=.085 Comp. sismica vert.=.042			
Metodo: Sarma			



AMBITO ACA1
 1° VARIANTE POC 2017-2021
 Borgo Visignolo
 Baiso - GGS srl - Viano
 profilo s-n Tan 3
 Condizioni non drenate - Presenza di sisma
 scala 1:500

Litotipo 1:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 7.1	gamma [kN/m³] = 18
Litotipo 2:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 21.4	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 3:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 35.7	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 4:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 28.5	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 5:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 39.3	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 6:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 37.1	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 7:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 39.3	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 8:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 42.8	gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 9:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 78.5	gamma [kN/m³] = 21
Gamma acqua [kN/m³] =10 Comp. sismica orizz.=.085 Comp. sismica vert.=.042			
Metodo: Sarma			



VERIFICHE DI STABILITA'

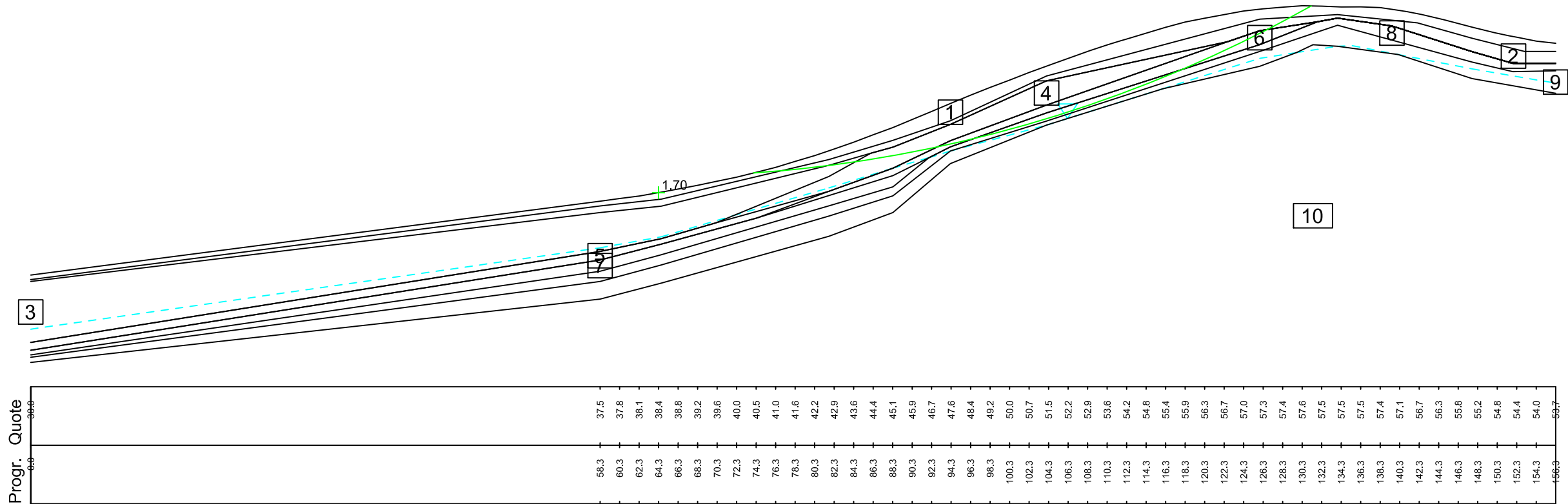
Profilo Ovest Est

CENTROGEO SURVEY SNC

42015 Correggio (RE) - Piazza S. Quirino, 6 - tel 0522/641001 - Fax: 632162

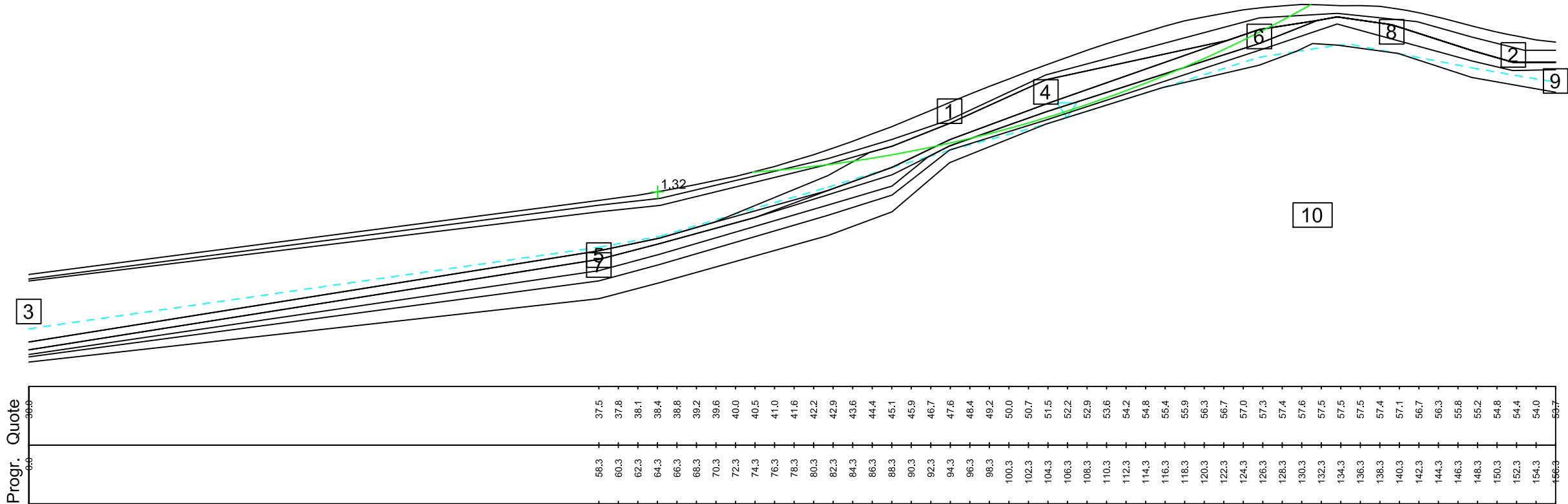
AMBITO ACA1
 1° VARIANTE POC 2017-2021
 Borgo Visignolo
 Baiso - GGS srl - Viano
 profilo W-E Tan 1
 Condizioni drenate - assenza si sisma
 scala 1:500

Litotipo 1:	phi [°] = 20	c [kN/m²] = 4	gamma [kN/m³] = 18
Litotipo 2:	phi [°] = 21	c [kN/m²] = 8	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 3:	phi [°] = 14	c [kN/m²] = 4	gamma [kN/m³] = 17.5
Litotipo 4:	phi [°] = 23	c [kN/m²] = 9	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 5:	phi [°] = 22	c [kN/m²] = 9	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 6:	phi [°] = 24	c [kN/m²] = 8	gamma [kN/m³] = 18.7
Litotipo 7:	phi [°] = 21	c [kN/m²] = 7	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 8:	phi [°] = 22	c [kN/m²] = 8	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 9:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 14	gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 10:	phi [°] = 28	c [kN/m²] = 28	gamma [kN/m³] = 21
Gamma acqua [kN/m³] =10			
Metodo: Sarma			



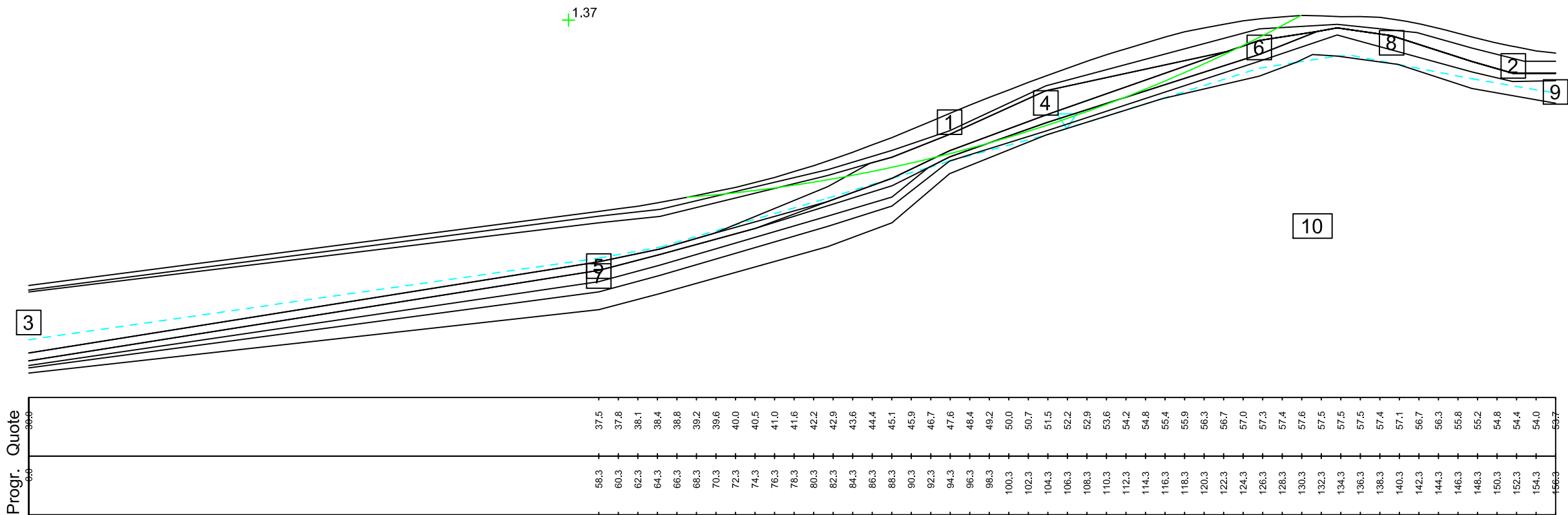
AMBITO ACA1
 1° VARIANTE POC 2017-2021
 Borgo Visignolo
 Baiso - GGS srl - Viano
 profilo W-E Tan 1
 Condizioni drenate - presenza si sisma
 scala 1:500

Litotipo 1:	phi [°] = 20	c [kN/m²] = 4	gamma [kN/m³] = 18
Litotipo 2:	phi [°] = 21	c [kN/m²] = 8	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 3:	phi [°] = 14	c [kN/m²] = 4	gamma [kN/m³] = 17.5
Litotipo 4:	phi [°] = 23	c [kN/m²] = 9	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 5:	phi [°] = 22	c [kN/m²] = 9	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 6:	phi [°] = 24	c [kN/m²] = 8	gamma [kN/m³] = 18.7
Litotipo 7:	phi [°] = 21	c [kN/m²] = 7	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 8:	phi [°] = 22	c [kN/m²] = 8	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 9:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 14	gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 10:	phi [°] = 28	c [kN/m²] = 28	gamma [kN/m³] = 21
Gamma acqua [kN/m³] =10 Comp. sismica orizz.=.085 Comp. sismica vert.=.042			
Metodo: Sarma			



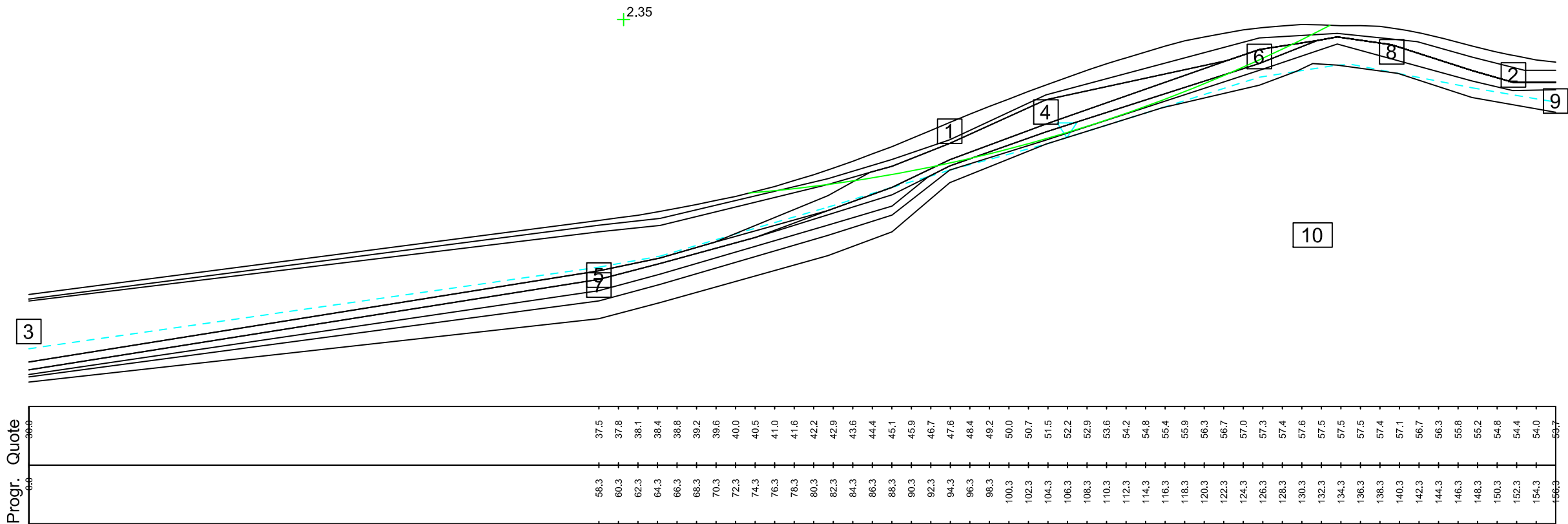
AMBITO ACA1
 1° VARIANTE POC 2017-2021
 Borgo Visignolo
 Baiso - GGS srl - Viano
 profilo W-E Tan 1
 Condizioni drenate - post sisma
 scala 1:500

Litotipo 1:	phi [°] = 16.2	c [kN/m²] = 3.2	gamma [kN/m³] = 18
Litotipo 2:	phi [°] = 17.1	c [kN/m²] = 6.4	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 3:	phi [°] = 11.3	c [kN/m²] = 3.2	gamma [kN/m³] = 17.5
Litotipo 4:	phi [°] = 18.8	c [kN/m²] = 7.2	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 5:	phi [°] = 17.9	c [kN/m²] = 7.2	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 6:	phi [°] = 19.6	c [kN/m²] = 6.4	gamma [kN/m³] = 18.7
Litotipo 7:	phi [°] = 17.1	c [kN/m²] = 5.6	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 8:	phi [°] = 17.9	c [kN/m²] = 6.4	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 9:	phi [°] = 20.5	c [kN/m²] = 11.2	gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 10:	phi [°] = 23	c [kN/m²] = 22.4	gamma [kN/m³] = 21
Gamma acqua [kN/m³] =10			
Metodo: Sarma			



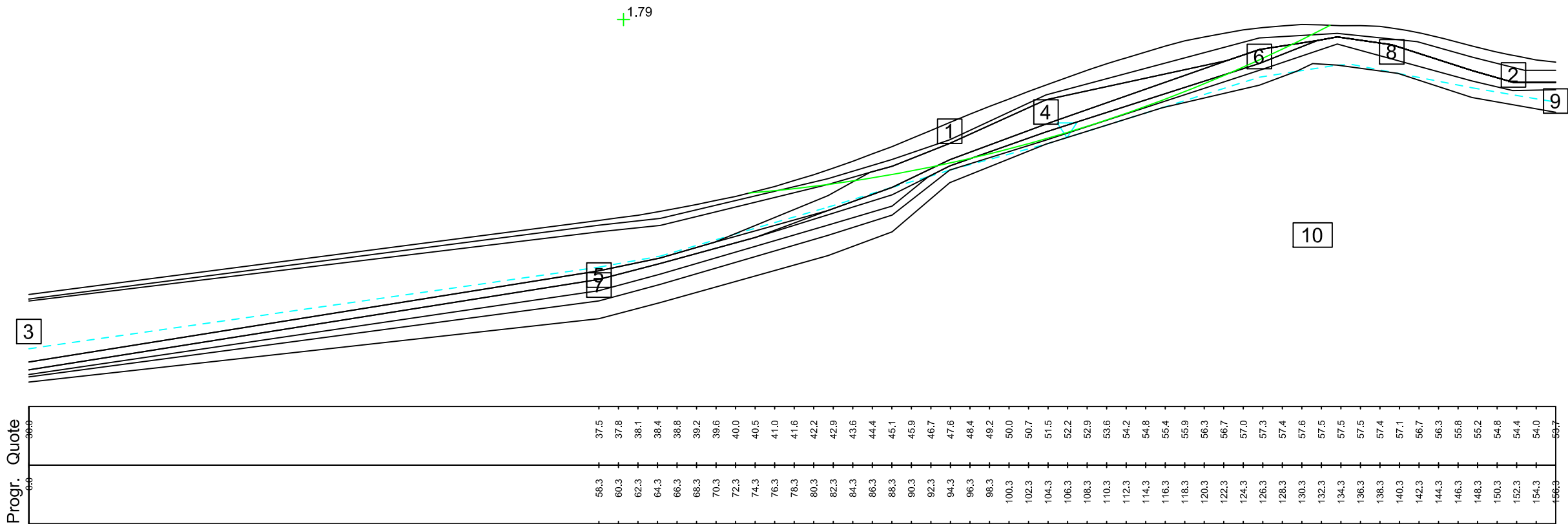
AMBITO ACA1
 1° VARIANTE POC 2017-2021
 Borgo Visignolo
 Baiso - GGS srl - Viano
 profilo W-E Tan 1
 Condizioni non drenate - assenza di sisma
 scala 1:500

Litotipo 1:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 10	gamma [kN/m³] = 18
Litotipo 2:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 30	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 3:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 17	gamma [kN/m³] = 17.5
Litotipo 4:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 50	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 5:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 40	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 6:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 55	gamma [kN/m³] = 18.7
Litotipo 7:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 40	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 8:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 50	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 9:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 60	gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 10:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 110	gamma [kN/m³] = 21
Gamma acqua [kN/m³] =10			
Metodo: Sarma			



AMBITO ACA1
 1° VARIANTE POC 2017-2021
 Borgo Visignolo
 Baiso - GGS srl - Viano
 profilo W-E Tan 1
 Condizioni non drenate - presenza di sisma
 scala 1:500

Litotipo 1:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 10	gamma [kN/m³] = 18
Litotipo 2:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 30	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 3:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 17	gamma [kN/m³] = 17.5
Litotipo 4:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 50	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 5:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 40	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 6:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 55	gamma [kN/m³] = 18.7
Litotipo 7:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 40	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 8:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 50	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 9:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 60	gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 10:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 110	gamma [kN/m³] = 21
Gamma acqua [kN/m³] =10 Comp. sismica orizz.=.085 Comp. sismica vert.=.042			
Metodo: Sarma			



AMBITO ACA1
 1° VARIANTE POC 2017-2021
 Borgo Visignolo
 Baiso - GGS srl - Viano
 profilo W-E Tan 1
 Condizioni non drenate - presenza di sisma
 scala 1:500

Litotipo 1:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 7.1	gamma [kN/m³] = 18
Litotipo 2:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 21.4	gamma [kN/m³] = 18.3
Litotipo 3:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 12	gamma [kN/m³] = 17.5
Litotipo 4:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 35.7	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 5:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 28.5	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 6:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 39.3	gamma [kN/m³] = 18.7
Litotipo 7:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 28.5	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 8:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 35.7	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 9:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 42.8	gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 10:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = 78	gamma [kN/m³] = 21
Gamma acqua [kN/m³] =10 Comp. sismica orizz.=.085 Comp. sismica vert.=.042			
Metodo: Sarma			

