

COMUNE DI FIORANO AL SERIO
(Provincia di Bergamo)



PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Redatto secondo i criteri attuativi della L.R. 12/05 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione all'art. 57 della L.R. 11/03/2005 n° 12" e successive modifiche ed integrazioni

STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO
RELAZIONE TECNICA

Bergamo, gennaio 2012

Dr. Geol. Michela PECCHIO



Michela Pecchio

The professional stamp is circular with the text "ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA" around the perimeter. In the center, it reads "Dr. Geologo MICHELA PECCHIO n. 1075".

Dr. Geol. Gianluigi NOZZA



Nozza Gianluigi

The professional stamp is circular with the text "ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA" around the perimeter. In the center, it reads "Dr. Geologo GIANLUIGI NOZZA n. 984".

Dr. Geol. Michela PECCHIO

Dr. Geol. Gianluigi Nozza

Via Crocefisso, 37F – 24123 Bergamo (BG)
tel. 035 - 683195 fax 178-6085605

INDICE

1. PREMESSA	5
2. FINALITÀ DELLO STUDIO	5
3. METODOLOGIA DI LAVORO	6
4. FASE DI ANALISI.....	6
4.1 Ricerca storica e sintesi bibliografica.....	6
4.2 Cartografia di inquadramento	6
4.2.1 Carta litologica	7
4.2.2 Carta geologica	8
4.2.2.1 Depositi superficiali.....	9
4.2.2.2 Substrato roccioso	11
4.2.3 Elementi geologico-tecnici	15
4.2.3.1 Stratigrafie di dettaglio.....	16
4.2.4 Inquadramento strutturale	16
4.2.5 Sezioni geologiche	17
4.3 Geomorfologia.....	18
4.3.1 Forme e processi legati alla gravità.....	20
4.3.2 Forme e processi legati all'azione delle acque superficiali.....	24
4.3.3 Forme e processi legati all'attività carsica	25
4.3.4 Forme e processi legati all'azione antropica.....	25
4.3.5 Inventario delle frane e dei dissesti della Regione Lombardia	26
4.4 Idrografia.....	26
4.4.1 Principali elementi di interesse idraulico del Fiume Serio.....	26
4.4.2 Torrente Vertova	30
4.4.3 Rio Misma.....	30
4.5 Idrogeologia.....	31
4.5.1 Permeabilità superficiale dei terreni	32
5. FASE DI SINTESI E VALUTAZIONE.....	33
5.1 Carta dei vincoli.....	33
5.1.1 Vincoli PAI	33
5.1.2 Vincoli di polizia idraulica.....	34

5.2 Carta di sintesi	35
5.2.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti	36
5.2.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.....	38
5.2.3 Aree che presentano potenziali caratteristiche geotecniche scadenti.....	38
6. EFFETTI SISMICI DI SITO	39
6.1 Riferimenti normativi.....	40
6.2 La procedura di 1° LIVELLO.....	40
6.3 La procedura di 2° LIVELLO: gli effetti di amplificazione di sito.....	42
6.3.1 Campo di applicazione procedura di 2° livello	42
6.3.2 Effetti di amplificazione morfologica (basi teoriche)	43
6.3.3 Effetti di amplificazione litologica (basi teoriche)	44
6.4 Approccio metodologico	47
6.4.1 Attendibilità dei dati di input	49
6.5 RISULTATI DELL'APPLICAZIONE DELLE PROCEDURE.....	49
6.5.1 Applicazione procedura di 1° LIVELLO: Carta della pericolosità sismica locale	49
6.5.1.1 Note illustrative alla carta della PSL.....	50
6.5.2 Applicazione procedura di 2° LIVELLO: effetti di amplificazione sismica di sito	52
6.5.2.1 Amplificazione morfologica.....	52
6.5.3 Amplificazione litologica.....	55
6.5.4 Procedura di 2° livello – utilizzo delle schede di valutazione litologica	59
6.5.5 Correlazione tra altezza degli edifici e le frequenze di risonanza più dannose alla sua stabilità.....	61
7. FASE DI PROPOSTA	63
7.1 Fattibilità geologica per le azioni di piano.....	63
7.2 Norme geologiche di Piano.....	65
7.2.1 Classe 1 (bianca) – Fattibilità senza particolari limitazioni:	65
7.2.2 Classe 2 (gialla) – Fattibilità con modeste limitazioni:.....	65
7.2.2.1 Classe 2/I.....	66
7.2.2.2 Classe 2/V.....	67
7.2.3 Classe 3 (arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni:	67
7.2.3.1 Classe 3a/I.....	67
7.2.3.2 Classe 3b/I.....	68
7.2.3.3 Classe 3c/V.....	69
7.2.3.4 Classe 3d/V.....	69
7.2.3.5 Classe 3e/V.....	70

7.2.4	Classe 4 (rossa) – Fattibilità con gravi limitazioni:	71
7.2.4.1	Classe 4a/I.....	71
7.2.4.2	Classe 4b/I.....	72
7.2.4.3	Classe 4c/V.....	72
7.2.5	Zone Z1 e Z2 della Carta della PSL.....	72
7.2.6	Zone Z3 della PSL	73
7.2.7	Zone Z4 della Carta della PSL.....	73
7.3	Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI	74

APPENDICE 1: Indagini geognostiche effettuate nel comune di Fiorano al Serio

APPENDICE 2: Schede di valutazione morfologica: Sezioni topografiche

ELENCO TAVOLE

Tav.1 - Carta litologica (scala 1:5.000)

Tav.2 - Carta geologica (scala 1:5.000)

Tav.3 - Carta geomorfologica (scala 1:5.000)

Tav.4 - Carta idrografica con elementi di idrogeologia (scala 1:5.000)

Tav.5 - Carta dei vincoli (scala 1:5.000)

Tav.6 - Carta di sintesi (scala 1:5.000)

Tav.7 - Carta delle curvature dei versanti (scala 1:10.000)

Tav.8 - Carta della Pericolosità Sismica Locale (scala 1:5.000)

Tav.9 - Carta del livello di protezione nei confronti dei fenomeni di amplificazione sismica garantita dalla normativa vigente (scala 1:5.000)

Tavv.10 - Carta della Fattibilità Geologica (scala 1:2.000)

Tav.11 - Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI (scala 1:5.000)

ALLEGATO A: Registrazioni HVSR a stazione singola effettuate sul territorio comunale

1. PREMESSA

Il presente lavoro si configura come documento di sintesi delle indagini di carattere geologico effettuate a supporto del redigendo Piano di Governo del Territorio, su incarico dell'Amministrazione comunale di Fiorano al Serio.

Lo studio è stato redatto seguendo il disposto della D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008 “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica, del Piano di Governo del Territorio”.

Lo studio è stato dichiarato conforme ai criteri di attuazione della L.R. 12/05 dagli uffici regionali competenti, (lettera Prot. Z1.2011.0030271 del 23-11-2011) e recepisce le richieste di integrazione ivi espresse.

2. FINALITÀ DELLO STUDIO

Il presente studio, si propone come strumento a supporto alla pianificazione urbanistica; esso intende fornire in primo luogo, un esauriente quadro conoscitivo dell'intero territorio comunale, finalizzato alla valutazione di tutte le possibili interferenze tra le dinamiche naturali che lo caratterizzano e tessuto urbanizzato o di interesse edificatorio.

L'evoluzione naturale di un territorio, in relazione alle dinamiche naturali che lo caratterizzano, può avere notevoli ripercussioni sia sociali che economiche, sulle attività antropiche e quindi l'utilizzo dell'ambiente che ci circonda, deve avvenire nella piena consapevolezza di tali dinamiche.

La seguente citazione esprime questo concetto in maniera particolarmente efficace.

"Natura enim, non nisi parendo vincitur"

(Francis Bacon, Novum Organum. af. 3)

"La natura infatti, non si può vincere, se non obbedendole"

La finalità principale del presente studio è quella di approfondire la conoscenza del territorio di Fiorano al Serio, per permettere ai pianificatori territoriali, l'adozione di scelte che tengano conto delle dinamiche del territorio, con l'intento di minimizzare gli effetti indotti da queste ultime.

3. METODOLOGIA DI LAVORO

La metodologia per la redazione della componente geologica dei P.G.T. si fonda sulle seguenti fasi di lavoro:

- fase di analisi (a sua volta suddivisa in fase di ricerca storica e bibliografica, compilazione della cartografia di inquadramento e fase di approfondimento/integrazione);
- fase di sintesi/valutazione;
- fase di proposta.

4. FASE DI ANALISI

4.1 Ricerca storica e sintesi bibliografica

Il presente lavoro è stato realizzato previa consultazione di tutta la documentazione disponibile presso gli enti competenti (Regione Lombardia, Provincia di Bergamo, Comunità Montana Valle Seriana Inferiore, Comune di Fiorano al Serio).

In particolare per gli aspetti geologici si è fatto riferimento alla “Carta geologica della Provincia di Bergamo”.

Per gli aspetti idraulici sono stati consultati lo studio allegato al Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) dell’Autorità di Bacino del Fiume Po e lo “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei fiumi Adda, Serio, Brembo” redatto dall’Autorità di Bacino del F.Po” del 2005.

Il quadro geomorfologico, relativo in particolare alla situazione dei dissesti presenti sul territorio comunale, ha tenuto conto sia dell’inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia, (luglio 2002), sia degli studi di settore del Piano di Coordinamento Provinciale approvato con D.C.P. n. 40 del 22/04/2004.

Sono stati inoltre presi in esame i contenuti informativi del SIT regionale reperibile sul sito del Geoportale della Lombardia.

4.2 Cartografia di inquadramento

Gli elaborati cartografici di inquadramento finalizzati alla caratterizzazione del territorio comunale dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico, strutturale e sismico, sono stati estesi a tutto il territorio comunale e ad un suo significativo intorno tale da

comprendere anche aree in cui si possono verificare fenomeni che interferiscono con il comune oggetto del presente studio.







Dal punto di vista metodologico si è operato attraverso la verifica sistematica delle informazioni bibliografiche raccolte, per mezzo di rilievi di terreno. A seguito di questa attività molte delle informazioni raccolte in fase preliminare sono state oggetto di pesante revisione.

La base cartografica utilizzata è la Carta Tecnica Regionale. Data la ridotta superficie del comune di Fiorano, questa cartografia è stata impiegata alla scala 1:5000 piuttosto che alla sua scala nominale (1:10.000). Infine per quanto concerne la sola carta della fattibilità geologica, è stato impiegato il rilievo aerofotogrammetrico comunale, alla scala 1:2000.





4.2.1 Carta litologica

La carta litologica (Tav. 1) riporta la distribuzione areale dei litotipi riferibili ai depositi superficiali o al substrato roccioso, secondo la legenda sotto riportata:

Depositi superficiali

-  Depositi eluviali
-  Depositi misti detritico colluviali
-  Alluvioni recenti o attuali
-  Alluvioni antiche, ghiaie e sabbie
-  Alluvioni antiche, conglomerati
-  Accumulo di paleofrana

Substrato roccioso

-  Argilliti subaffioranti
-  Argilliti
-  Calcari stratificati subaffioranti
-  Calcari stratificati

La suddivisione dei depositi superficiali fa riferimento principalmente alla loro genesi. Con il termine di depositi eluviali si intendono quei depositi superficiali formati per processi di alterazione chimico fisica delle rocce o dei terreni presenti, senza che intervengano significativi fenomeni di trasporto ad opera di qualsivoglia agente.

I depositi misti detritico-colluviali indicano depositi superficiali che hanno subito un trasporto apprezzabile ad opera della gravità, e la cui natura principale è sia eluviale che detritica, cioè legata a fenomeni di accumulo di materiali per processi di degradazione fisica (principalmente crioclastica) di pareti rocciose.

Con il termine di alluvioni si sono indicati tutti quei depositi di origine fluviale, suddivisi in funzione della loro età relativa che in funzione delle loro principali caratteristiche granulometriche.

L'accumulo di paleofrana riportato in cartografia, situato nella parte settentrionale del comune di Fiorano (Val Vertova), è l'unico deposito di frana antica, ormai relitto, che presenta significative evidenze morfologiche di terreno.

La legenda relativa al substrato roccioso fa riferimento sia alla natura litologica dei litotipi prevalenti, che alla loro visibilità superficiale. Per quanto concerne questo ultimo aspetto, si evidenzia come gli affioramenti rocciosi, soprattutto quelli di una certa estensione, siano assai scarsi, in quanto nascosti al di sotto di una coltre di depositi superficiali di spessore variabile. Anche nelle zone relativamente acclivi, gli affioramenti rocciosi sono mediamente piuttosto scarsi; questo è particolarmente vero in Val Vertova, dove la presenza di un substrato di natura argillitica, favorisce la formazione di eluvi che, pur di limitato spessore, presentano notevole continuità laterale e favoriscono l'attecchimento di una importante vegetazione arborea.












4.2.2 Carta geologica

E' stata derivata essenzialmente dalla "Carta Geologica della Provincia di Bergamo". Nel corso del rilievo, sono emersi piccoli scostamenti dei limiti tra le diverse unità, la più significativa delle quali in corrispondenza del sentiero che percorre il versante destro della Val Vertova a nord-est della località Dossello. Lungo tale sentiero infatti sono stati osservati litotipi calcareo-dolomitici di colore molto chiaro, sicuramente in posto, che ricordano da vicino i piccoli banchi carbonatici, che caratterizzano la Formazione di Zu. E' possibile quindi che il limite tra Argilliti di Riva di Solto e Calcarea di Zu, sia altimetricamente inferiore a quanto riportato sulla carta della Provincia di Bergamo.

La carta geologica (Tav. 2) riporta la distribuzione areale delle Unità Litostratigrafiche riferibili al substrato roccioso e delle Unità Allostratigrafiche (che costituiscono la base del rilievo dei depositi quaternari), per quanto concerne i depositi superficiali.

La legenda adottata è riportata nella figura seguente:

Unità geologiche

	Unità Postglaciale (dep. alluvionali)
	Unità Postglaciale (dep. di conoide)
	Unità di Gazzaniga
	Unità di Albino
	Unità di Casnigo
	Unità di Semonte
	Calccare di Zu
	Argilliti di Riva di Solto
	Calccare di Zorzino
	Dolomie zonate
	Dolomia Principale

4.2.2.1 Depositi superficiali

I depositi superficiali caratterizzano la porzione meridionale del territorio comunale di Fiorano, quella altimetricamente meno elevata, dove si è concentrato in prevalenza lo sviluppo dell'area urbanizzata.

Unità Postglaciale (Pleistocene sup. – Olocene)

Questi depositi presentano caratteristiche differenti a seconda del settore, montano o di pianura, in cui si trovano. L'unità Postglaciale nell'area di interesse è rappresentata da:

Depositi alluvionali

Sono localizzati lungo le aste dei corsi d'acqua, e sono costituiti da ghiaie a ciottoli e blocchi con matrice sabbiosa, sabbie anche con ciottoli, ghiaie ben selezionate. Le ghiaie sono in prevalenza a supporto clastico con ciottoli ben arrotondati; ovviamente nei corsi d'acqua minori e nelle aree di alimentazione, la maturità tessiturale del sedimento è minore. Tali depositi sono organizzati in corpi sia lenticolari che stratoidi, all'interno dei quali si osservano strutture sedimentarie dovute all'azione di corrente, quali ciottoli embricati, laminazioni oblique a basso angolo, laminazione incrociata. I clasti rispecchiano i litotipi affioranti nel bacino a monte. Essi costituiscono l'alveo attivo del Fiume Serio.

Depositi di conoide

Sono depositi localizzati allo sbocco di corsi d'acqua, anche di carattere temporaneo, anche nei solchi vallivi. Per le loro caratteristiche peculiari questi depositi sono di entità alquanto ridotta nel bacino. Sono costituiti da ghiaie ben selezionate con matrice sabbiosa abbondante, a supporto sia clastico che di matrice, grossolanamente stratificate; più raramente si osservano

sabbie e ghiaie ben lavate. L'arrotondamento dei ciottoli può essere da scarso a nullo, in funzione del trasporto subito; i litotipi costituenti i clasti sono per lo più di origine locale.

Questi sedimenti sono solitamente organizzati in corpi lenticolari clinostratificati, spesso massivi, o con ciottoli isorientati o a gradazione inversa (fenomeni di deposizione in massa), a con strutture minori quali laminazioni oblique a basso angolo e letti a ciottoli embricati; si osservano quindi caratteristiche tipiche dei reticolati idrografici di tipo braided.

Tali depositi sono presenti allo sbocco del Torrente Romna in sinistra idrografica del Serio, in corrispondenza dell'ampia ansa che il fiume compie all'altezza dell'abitato di Fiorano al Serio.

Unità di Gazzaniga - Complesso del Serio (Pleistocene superiore)

Si tratta di depositi alluvionali costituiti da ghiaie a supporto clastico con abbondante matrice sabbiosa, con ciottoli arrotondati di dimensioni centimetriche; sono presenti intercalazioni di sabbie grossolane organizzate in corpi lenticolari al cui interno si riconosce una laminazione a festoni. I clasti sono costituiti sia da litotipi calcarei sia silicei, provenienti dall'alta Valle Seriana. Il limite superiore dell'unità è rappresentato dalla superficie topografica, mentre quello inferiore non è mai esposto. Tale unità caratterizza il ripiano morfologico su cui sorge parte dell'abitato di Fiorano, compreso tra via Ripe e via Tosi Albini.

Unità di Albino - Complesso di Ponte della Selva (Pleistocene medio)

Si tratta di ghiaie di origine alluvionale a supporto clastico con abbondante matrice sabbiosa, con ciottoli ben arrotondati, appiattiti o discoidali; i clasti sono prevalentemente carbonatici, con subordinati dei litotipi silicatici provenienti dall'alta valle Seriana. Talora sono presenti corpi lenticolari costituiti da sabbie grossolane, con laminazioni oblique. Il limite superiore dell'unità coincide con la superficie topografica, mentre il limite inferiore non è mai esposto. Tali depositi affiorano in una stretta fascia disposta parallelamente all'unità di Gazzaniga, compresa tra le pendici dei primi rilievi collinari e via Ripe.

Unità di Casnigo - Complesso di Casnigo (Pleistocene inferiore)

Si tratta di depositi alluvionali costituiti da conglomerati a supporto clastico con matrice arenacea fine, ben stratificati, discretamente cementati, da arenarie medie e grossolane stratificate e da limi e limi argillosi laminati a scarsa o nulla cementazione. I clasti presentano un buon grado di arrotondamento e dimensioni centimetriche-decimetriche, appiattiti e discoidali, costituiti da litotipi provenienti dall'alta valle, sia calcarei che silicatici in proporzioni variabili.

Il limite superiore è caratterizzato da una superficie erosionale coincidente con la superficie topografica, mentre inferiormente poggia direttamente sul substrato roccioso o sui conglomerati dell'unità di Semonte. L'unità di Casnigo affiora in corrispondenza della località S. Fermo, a nord dell'abitato di Fiorano.

Unità di Semonte - Complesso di Parre (Pleistocene inferiore -Pliocene superiore?)

Si tratta di un deposito di origine alluvionale costituito da conglomerati a supporto di matrice limosa ocracea, con ciottoli arrotondati di dimensioni centimetriche, organizzati in corpi stratoidi o lenticolari, con cementazione da buona a ottima. L'unità di Semonte è caratterizzata da un grado di alterazione molto elevato: i ciottoli rappresentati da elementi del Verrucano Lombardo sono completamente arenitizzati, mentre quelli carbonatici sono irriconoscibili a causa dell'intensa alterazione. Il limite superiore dell'unità coincide con una superficie erosionale, al di sopra della quale si trova il Complesso di Casnigo; localmente tale limite coincide con la superficie topografica. Inferiormente l'unità poggia direttamente sul substrato o sulla sottostante Formazione di Lefte. L'unità di Semonte affiora presso S. Fermo tra la quota di circa 470÷500 m s.l.m..

4.2.2.2 Substrato roccioso

Il substrato roccioso è costituito da formazioni, prevalentemente calcaree o calcareo-marnose, del Triassico e del Giurassico.

Calcare di Zu (Norico superiore - Retico)

Il Calcare di Zu affiora estesamente nella porzione centrale delle Prealpi Bergamasche, dall'alta Val Taleggio sino al Lago d'Iseo.

Esso è costituito da calcari micritici e bioclastici, calcari marnosi da grigi a nerastri, in strati decimetrici piano paralleli o in banchi plurimetrici costituiti da strati amalgamati. Sono presenti intercalazioni di marne e, più raramente, argilliti marnose nerastre di spessore metrico, soprattutto alla base e alla sommità dell'unità stessa. Queste intercalazioni caratterizzano le associazioni di litofacies dei membri inferiore e superiore. Caratteristica dell'unità è inoltre la presenza di un membro intermedio, essenzialmente calcareo, ricco di fossili, con coralli, brachiopodi, crinoidi, foraminiferi, ooliti.

L'unità fa transizione inferiormente all'Argillite di Riva di Solto, con un passaggio graduale, segnato dall'incremento delle intercalazioni calcaree fossilifere. Il limite è posto convenzionalmente nel punto in cui tali intercalazioni divengono nettamente prevalenti e i

carbonati presentano una percentuale maggiore di bioclasti. Superiormente l'unità passa, con limite in genere netto, alla Dolomia a Conchodon.

Lo spessore del Calcarea di Zu nel settore prealpino occidentale, si mantiene costante, e mediamente compreso tra i 400 m nella zona dell'Albenza e i 550 m a Miragolo San Marco. Nel settore orientale, al Monte Poieto è attorno ai 200-250 m, forse di poco superiore intorno al Monte Cavlera e al Monte Rena (circa 400 m); da questa zona lo spessore aumenta progressivamente verso est, sino a raggiungere circa 800-900 m sul lago d'Iseo, ove è sita la località tipo.

Il Calcarea di Zu, in continuità stratigrafica con le sottostanti Argilliti di Riva di Solto, affiora al di fuori del territorio comunale di Fiorano, in particolare a N dell'abitato di Vertova e NW di Gazzaniga.

Argillite di Riva di Solto (Norico superiore)

E' un'unità informale caratterizzata dall'abbondanza di litotipi a composizione argillitica. L'unità è infatti formata da argilliti marnose nere fogliettate, che spesso presentano laminazioni parallele, molto ricche di materia organica soprattutto alla base, e organizzate in pacchi sino a plurimetrici con base planare. Subordinati sono i livelli di marne e calcari marnosi neri, laminati e con patina d'alterazione di colore oca in grossi noduli o in singoli strati decimetrici a superficie ondulata. Localmente sono presenti, con frequenza maggiore verso la parte alta della successione, intercalazioni di spessore da metrico sino a raramente pluridecametrico (10-30 m in Valle Imagna) di calcari micritici neri sovente con laminazioni parallele e una discontinuità al tetto caratterizzata dalla presenza di paraconglomerati. Nella porzione basale della successione (a 30-60 m dalla base) possono essere presenti livelli paraconglomeratici di spessore fino a metrico. Sono frequenti fenomeni di slumping e di deformazioni sinsedimentarie.

Nel settore orientale della provincia, le "Argilliti di Riva di Solto" affiorano alla base del M.te Cavlera, nella Valle Seriana inferiore e in Val Cavallina sino al lago d'Iseo, ove è sita la località tipo. In Val Brembilla e in tutto il settore ad oriente del Fiume Serio l'unità poggia sui calcari neri ben stratificati del Calcarea di Zorzino; nei dintorni di S. Pellegrino, in Valle Imagna inferiore e in Valle Seriana fino a Selvino, il limite inferiore è in corrispondenza di dolareniti/ruditi stratificate riferibili alle Dolomie Zonate. Ai Piani d'Artavaggio, in Valle Imagna - Albenza, Catremerio, S. Pellegrino Terme e al M.te Cavlera infine, si ha passaggio diretto alle dolomie chiare in grossi banchi appartenenti alla Dolomia Principale, oppure è presente una intercalazione di pochi metri di Dolomie Zonate. In tutti questi casi il limite è netto,

segnato dalla improvvisa comparsa di argilliti e argilliti marnose nere. A Catremerio, Terme di S. Pellegrino e in alcuni settori del Pizzo Formico-Pizzo di Casnigo, al contatto stratigrafico sono presenti croste e/o filoncelli-cavità con fosfato di calcio. A tetto della formazione è presente il Calcarea di Zu; il contatto è di tipo transizionale.

Lo spessore dell'Argillite di Riva di Solto è difficilmente valutabile a causa dell'estrema plasticità dei litotipi che la costituiscono, ed è quindi necessario prendere in considerazione le frequenti deformazioni, elisioni o raddoppi di natura tettonica a cui questa unità può andare incontro. Esso in ogni modo varia, crescendo da ovest verso est, da valori attorno ai 40-80 m lungo il versante occidentale della Valle Imagna, oltre 400 m nelle valli Taleggio e Brembilla, cresce ancora verso est a 600-700 m in Valle Cavallina, e a circa 1000 m nella località tipo.

Le Argilliti di Riva di Solto affiorano nella parte settentrionale del comune di Fiorano.

Calcarea di Zorzino (Norico medio)

Il Calcarea di Zorzino affiora estesamente e con continuità nella parte media ed inferiore della Valle Seriana e verso oriente costituisce gran parte dell'area compresa tra il Fiume Serio e il Lago d'Endine; si estende, poi, lungo una stretta fascia fino al Lago d'Iseo, dove si trova la località tipo.

Tale unità è costituita da una successione piuttosto monotona di calcari micritici neri, spesso laminati, fetidi, con rare intercalazioni calcarenitiche-ruditiche a volte con base erosiva e a gradazione diretta. La stratificazione è bene evidente in strati piano-paralleli di spessore da centimetrico a pluridecimetrico, con rare sottili intercalazioni centimetriche di marne nere.

In quasi tutti gli affioramenti della Provincia di Bergamo, il Calcarea di Zorzino poggia sulle Dolomie Zonate con le quali, ai Piani d'Artavaggio e al Pizzo Formico presenta un contatto di tipo eteropico. Questo limite è transizionale, e caratterizzato da una progressiva diminuzione della granulometria dei carbonati, e dalla scomparsa o consistente diminuzione dei processi di dolomitizzazione. Superiormente il Calcarea di Zorzino passa rapidamente ad argilliti nerastre attribuite all'Argillite di Riva di Solto; ai Piani d'Artavaggio esistono anche evidenze di una parziale eteropia fra l'unità in esame e la base dell'Argillite di Riva di Solto.

Lo spessore del Calcarea di Zorzino presenta, da occidente ad oriente della provincia, variazioni rilevanti. Esso raggiunge 300 m ai Piani d'Artavaggio ed in Val Taleggio, mentre si chiude verso sud in Valle Imagna e nella zona di S. Pellegrino. Ad est, il Calcarea di Zorzino non affiora in alta Valle Serina, ma poi ricompare in corrispondenza della Valle Seriana. Il massimo spessore raggiunto è di oltre 1100 m, lungo la sponda del Lago d'Iseo.

Il Calcare di Zorzino affiora lungo la scarpata che raccorda il terrazzo fluvioglaciale su cui sorge l'abitato di Fiorano e il pendio a debole acclività, in corrispondenza della località S. Fermo, prospiciente i rilievi veri e propri.

Dolomie zonate (Norico medio)

Le Dolomie Zonate sono costituite da alternanze di dolareniti– dolosiltiti in strati decimetrici piano-paralleli, con clasti millimetrici chiari e scuri, spesso con clasti pelitici appiattiti, isorientati e massa di fondo grigio scura; i livelli più grossolani possono presentare struttura gradata e base degli strati erosiva. Sono presenti inoltre ritmiti grigio nerastre di spessore centimetrico con laminazioni parallele nonché intervalli con laminazioni oblique e ripple di corrente. I livelli più fini sono caratterizzati da ritmiti millimetriche, con alternanza regolare di laminazioni parallele chiare e scure, in cui possono essere presenti intercalazioni sino a 10 cm di spessore di marne dolomitizzate nerastre finemente laminate.

Inferiormente questa formazione è in contatto transizionale con la Dolomia Principale; questo limite inferiore è spesso transizionale, e caratterizzato dalla comparsa di dolomie grigie o grigio scure ben stratificate, intercalate ai banchi di dolomie chiare ricristallizzate appartenenti all'unità sottostante.

Superiormente l'unità fa transizione ai calcari neri ben stratificati del Calcare di Zorzino, con cui presenta anche rapporti di eteropia e, più raramente, è in contatto netto con l'Argillite di Riva di Solto.

Lo spessore delle Dolomie Zonate è molto variabile: nullo alla Cima Campelli, aumenta rapidamente verso est raggiungendo i 220 m nel bacino della Val Taleggio e della Val Brembilla, per poi ridursi nuovamente verso sud in corrispondenza del settore SW del bacino (Valle Imagna).

Le Dolomie Zonate affiorano al di fuori del comune di Fiorano, in particolare si collocano nella parte centro-settentrionale del comune di Vertova.

Dolomia Principale (Carnico superiore – Norico inferiore)

La Dolomia Principale è caratterizzata nella parte basale da un membro costituito da dolomie ben stratificate di colore scuro (Membro Basale della Dolomia Principale), costituite da dolareniti fini, grainstones oolitici e dolosiltiti sottilmente laminate, ricche in clasti pelitici flottati e con sottili intercalazioni marnoso-dolomitiche. Localmente sono presenti laminazioni

stromatolitiche planari e a duomo di origine batterica, brecciole litoclastiche e piccoli slumpings. Lo spessore di questo membro è variabile e compreso tra 100 e 200 m.

La Dolomia Superiore è solo localmente presente nelle aree marginali della piattaforma formatasi nel Triassico, dove si realizza l'eteropia con la successione del Gruppo dell'Aralalta. In questi settori le facies della Dolomia Principale diventano più massive e presentano colorazioni da grigio chiare a scure. Esse sono caratterizzate da breccie dolomitiche poligeniche. Al tetto di questa successione si osservano localmente dolomie laminitiche scure, filoncelli sedimentari, tasche con pisoliti e breccie loferitiche connesse a esposizioni subaeree. Lo spessore massimo della Dolomia Superiore è di circa 300÷350 m.

In gran parte della Provincia di Bergamo il limite inferiore non è mai osservabile: infatti l'unità poggia, con contatto tettonico, direttamente sui litotipi plastici della F. di San Giovanni Bianco. Solo nel settore più orientale della bergamasca, la base dell'unità è conservata, come lungo il versante destro della Val Supine. Il limite inferiore è qui con la Formazione di Castro ed è di tipo transizionale, caratterizzato dall'intercalazione di dolomie scure stratificate entro i banchi metrici di breccie calcaree poligeniche dell'unità sottostante.

Il limite superiore è con l'Argillite di Riva di Solto in Valle Imagna e al Monte Cavlera; mentre lo è con il calcare di Zorzino in alta Valle Asinina (Val Taleggio) e in Val Cavallina. Nel resto del territorio della Provincia di Bergamo invece, a tetto della Dolomia Principale affiorano le Dolomie Zonate. L'unità è eteropica, nella sua parte medio-superiore, con il Gruppo dell'Aralalta. L'unità è subaffiorante nell'alveo del rio Misma, all'altezza della località S. Fermo.

4.2.3 Elementi geologico-tecnici

L'analisi della bibliografia disponibile, ed in particolare degli studi geologici a disposizione del comune di Fiorano, non ha consentito di ricavare elementi sufficienti a redigere una carta geologico-tecnica. Le indagini reperite infatti sono in numero estremamente ridotto e quindi assai localizzate. Qualunque tentativo di estrapolazione al resto del territorio delle poche informazioni a disposizione, sarebbe pertanto assolutamente aleatorio e fuorviante, anche tenendo in considerazione l'elevata variabilità litologica (sia orizzontale che verticale) delle unità che caratterizzano il territorio comunale.

D'altra parte si è ritenuto che fornire un elenco di parametri geologico-tecnici su base essenzialmente bibliografica, esponga in fase di progettazione, al pericolo di un utilizzo acritico di questi dati, con il rischio di incorrere in grossolani errori di valutazione.

Nel paragrafo seguente si fa riferimento ad una sintesi delle indagini raccolte, rimandando l'acquisizione dei parametri geologico-tecnici (geotecnici e geostrutturali) alla fase progettuale, come previsto dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni.

4.2.3.1 Stratigrafie di dettaglio

Dai lavori geotecnici forniti dall'amministrazione comunale, effettuati sul territorio di Fiorano, sono state ricavate le stratigrafie di 4 sondaggi geognostici, di 3 sondaggi elettrici verticali (SEV), e di 6 prove penetrometriche. Un altro studio risalente al 1984, riporta i risultati di altre tre prove penetrometriche dinamiche, andate a rifiuto a profondità variabili tra i 2,5 e i 5 metri.

I principali elementi che scaturiscono da queste indagini sono riportate in Appendice 1.

4.2.4 Inquadramento strutturale

Le strutture presenti sul versante destro della media Val Seriana sono prevalentemente disgiuntive (cfr Figura 1), spesso dominate da faglie normali con l'individuazione di graben orientati circa N-S (linee 14) (Dolomia Principale e successioni ridotte di alto tardo triassiche-liassiche della media Val Seriana, Zanchi et alii, 1990 b) e della depressione strutturale sinforme di Clusone-Castione.

Alcune di queste faglie potrebbero costituire la riattivazione di paleostrutture e/o margini piattaforma-bacino tardo triassici-liassici; verso settentrione il fascio di faglie 14 termina in Val del Riso ove confluiscono altri due lineamenti regionali: la faglia di Clusone (linea 11) e il sistema di trascorrenza destra del Grem (linea 12).

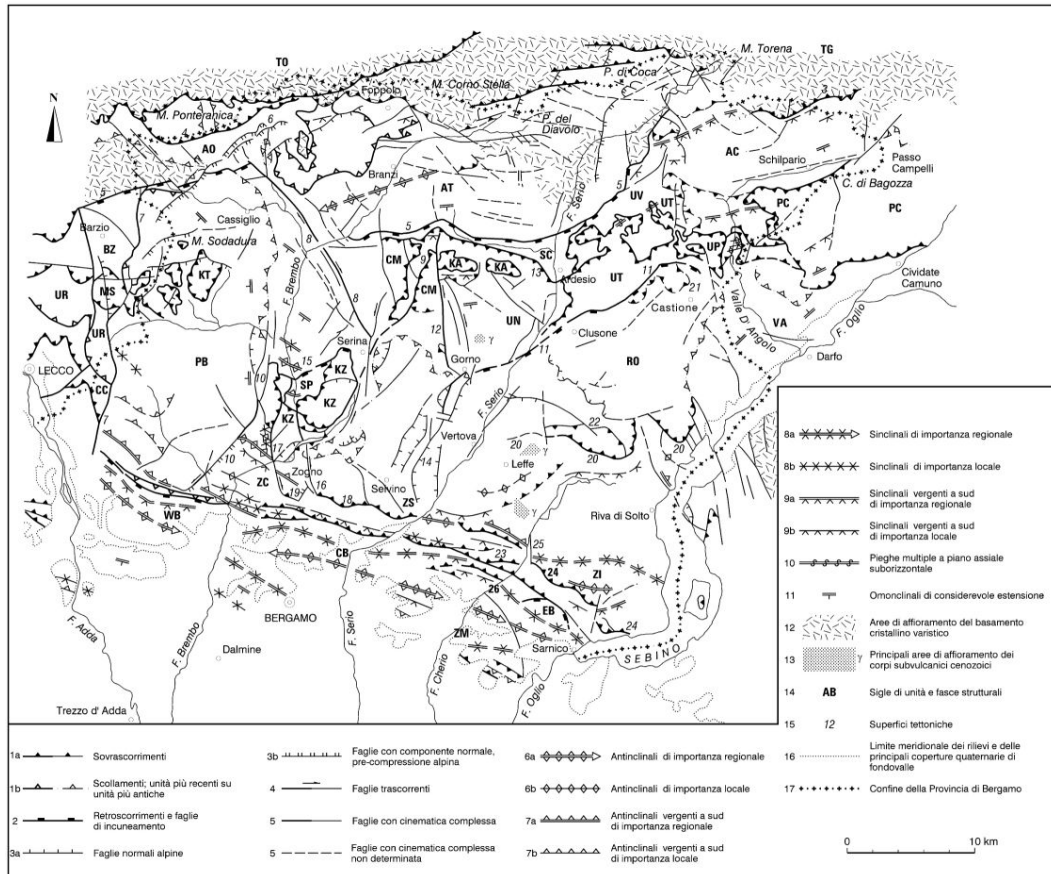


Figura 1: schema strutturale del settore montuoso e collinare della Provincia di Bergamo

4.2.5 Sezioni geologiche

E' stata elaborata la sezione geologica orientata NO-SE (vedi Tav.2) , che ha permesso di ricostruire l'andamento dei rapporti stratigrafici fra le differenti unità del substrato roccioso e dei depositi superficiali.

La sezione evidenzia la presenza di una struttura disgiuntiva, in corrispondenza della quale è probabile una deformazione della successione stratigrafica, che mette a contatto il Calcare di Zorzino con le soprastanti Argilliti di Riva di Solto. Tale contatto tettonico è suturato in superficie da un significativo spessore di depositi conglomeratico affioranti nella località S. Fermo.

I depositi superficiali affioranti lungo la piana del Serio testimoniano le varie fasi deposizionali del fiume.

4.3 Geomorfologia

L'indagine geomorfologica è stata effettuata sulla base dei punti seguenti:

- analisi delle informazioni bibliografiche disponibili ed in particolar modo della “Carta delle frane e dei dissesti idrogeologici” (aderente al progetto nazionale GeoIFFI) della Regione Lombardia e scaricabile dal relativo geoportale;
- studio fotointerpretativo delle foto aeree disponibili presso i servizi territoriali della Regione Lombardia;
- rilievi di terreno.

I risultati delle attività di cui sopra hanno consentito la redazione di una Carta Geomorfologica (cfr. Tav.3) che evidenzia le principali forme e i relativi processi che hanno modellato il territorio, suddivisi in relazione al sistema morfogenetico di appartenenza.

L'impronta morfologica principale che caratterizza il territorio comunale è da riferire all'interazione tra l'assetto strutturale del substrato roccioso, e la morfogenesi fluviale legata all'attività del fiume Serio e del Torrente Vertova, oltre che dei corsi d'acqua minori presenti sul territorio.

Il territorio comunale di Fiorano al Serio si caratterizza per la presenza di tre ambiti morfologici principali: una zona subpianeggiante verso SE, una zona a debole pendenza e una zona di versante a NW.

Ambito di fondovalle: piana del Serio

Contraddistingue approssimativamente le aree del territorio comunale ubicate a quota inferiore ai 400-410 m s.l.m. circa, e caratterizzate da una pendenza media inferiore ai 5° con un gradiente di circa il 3.3 % che assume una direzione Nord-Ovest Sud-Est.

Questa porzione di territorio è caratterizzata da diversi ordini di terrazzamenti che si sviluppano parallelamente alla direzione del fiume Serio, che testimoniano l'alternanza, in un contesto di generale sollevamento del territorio, di fasi deposizionali ed erosive. Per la ragione appena esposta i terrazzi più antichi occupano la porzione altimetricamente più elevata mentre quelli più recenti si collocano a quote inferiori.

Spesso gli orli di questi terrazzi sono mascherati dalle strutture antropiche che in questa zona assumono una densità particolare.

Orli di scarpata sono visibili nella zona di Via Ripe e in Via IV Novembre, con dislivello di pochi metri. L'area è completamente urbanizzata, ma gli orli sono ancora bene riconoscibili.

Ambito del pianalto di San Fermo

Contraddistingue approssimativamente le aree del territorio comunale ubicate a quota compresa tra i 440-450 e i 470-480 m s.l.m.. La morfologia della zona è subpianeggiante e si accentua nel settore settentrionale dell'ambito, in corrispondenza delle zone di affioramento dell'Unità di Semonte che, per la sua natura conglomeratica e per la forte cementazione, appare meno erodibile dei terreni circostanti. In questo settore particolare, le pendenze, che in media sono di circa 7°, possono raggiungere anche i 20°. Il gradiente medio in direzione Nord-Est Sud-Ovest è di circa 4,5%

Il pianalto di San Fermo si è formato in epoca Pleistocenica, a seguito dell'alternanza tra diverse fasi deposizionali ed erosive del F. Serio.

Anche questo ambito è andato incontro negli ultimi decenni ad una intensa urbanizzazione che di fatto ha portato alla quasi completa occupazione del territorio.

Scarpata di raccordo tra fondovalle e pianalto di San Fermo

Il raccordo tra ambito di fondovalle e zona del pianalto avviene attraverso una scarpata allungata in direzione Nord-Est Sud-Ovest, di ampiezza compresa tra un minimo di circa 50-60 metri ed un massimo di 120 m e con un dislivello medio di circa 45-50 metri. Nel settore più occidentale del territorio comunale tale scarpata si raccorda con l'inciso fluviale della Valle Misma, orientata in direzione approssimativamente Nord-Sud e caratterizzata da un dislivello medio di circa 20 m. Poiché non esiste soluzione di continuità tra le due scarpate queste vengono considerate insieme anche se la loro genesi è da riferire all'azione fluviale di due distinti corsi d'acqua: il Serio e il T.Misma.

La pendenza media in questo settore è pari a 23° circa con punte massime pari a 37° in prossimità del tratto iniziale della strada che dal centro abitato porta a San Fermo.

Poiché in corrispondenza della scarpata in questione si possono osservare diversi affioramenti rocciosi riferibili al substrato roccioso (Calcere di Zorzino) è probabile che la genesi della scarpata stessa sia da riferire principalmente all'azione erosiva operata dal F. Serio in epoca post Pleistocenica.

Zona di versante

La porzione montana di Fiorano al Serio è rappresentata dal territorio a Nord della località San Fermo, e in buona parte ricadente nella porzione inferiore del versante destro della Val Vertova. Questo settore si sviluppa tra le quote di 428 e 571 m s.l.m., con una media di circa 500 m slm.

Tale zona è costituita da pendii con una pendenza media sui 22° ed una pendenza massima di circa 46°.













Il substrato roccioso è prevalentemente subaffiorante; gli affioramenti, piuttosto scarsi e di limitata estensione areale, sono limitati ad alcune porzioni dell'alveo del T. Vertova, (e zone limitrofe), agli intagli stradali e in corrispondenza dei tratti a maggiore acclività.

Il deposito superficiale, che sutura la roccia costituente l'ossatura dei versanti, è in media di limitato spessore; solo localmente, in corrispondenza delle zone morfologicamente più depresse, può raggiungere spessori di qualche metro. Per quanto concerne la sua natura, esso è rappresentato principalmente dalla coltre eluvio-colluviali, a cui spesso si associano depositi di natura detritica.

4.3.1 Forme e processi legati alla gravità

La fig. seguente elenca l'insieme delle forme (di erosione o di accumulo) riconosciute nel territorio comunale, che possono essere riferite al sistema morfogenetico gravitativo, cioè a quel sistema in cui l'azione della gravità è prevalente sulle altre concause. Per la loro individuazione si faccia riferimento alla Tav. 3.

Forme e processi di natura gravitativa

-  Frana non fedelmente cartografabile attiva
-  Frana non fedelmente cartografabile quiescente
-  Frana non fedelmente cartografabile stabilizzata artif.
-  Orlo di scarpata di degradazione o frana attivo
-  Orlo di scarpata di degradazione o frana inattivo o quiescente
-  Crolli di roccia
-  Coni misti detritico colluviali
-  Accumulo di frana attiva
-  Paleofrana
-  Accumulo di debris flow
-  Coperture con pendenza maggiore di 20°
-  Substrato roccioso affiorante o subaffiorante con pendenza maggiore di 35°

Per ciascuno degli elementi riportati si esprimono le seguenti considerazioni:

- *Frane non fedelmente cartografabili*: comprendono tutte le manifestazioni franose per lo più molto superficiali e di limitata estensione areale al punto da costituire un ostacolo alla rappresentazione cartografica in scala. Nella maggior parte dei casi si tratta di frane di scivolamento di tipo rotazionale, quiescenti o inattive. Le superfici di scivolamento sono impostate preferenzialmente al contatto con il substrato roccioso.

Sono localizzate in due distinti ambiti geomorfologici. Il primo di questi corrisponde alla scarpata di raccordo tra fondovalle e pianalto di San Fermo, il secondo corrisponde alla zona del basso versante della Valle Vertova. Sono state riportate tutte le frane di cui si aveva notizia, sia su base bibliografica, che sulla base dei rilievi diretti effettuati. Si tratta di 22 situazioni classificabili come prevalentemente quiescenti, in cui è possibile riconoscere alcuni elementi morfologici caratteristici, come ad es. la zona di nicchia o la zona di accumulo dei materiali mobilizzati, ma che al momento appaiono ricoperti da una vegetazione, sia erbacea che arbustiva, che testimonia la momentanea assenza di ulteriori fenomeni evolutivi. Quattro situazioni sono state classificate attive, cioè con indizi di movimenti recenti. Una di queste, in prossimità del settore sommitale della scarpata di San Fermo, poco al di sotto del gruppo di cascate ubicate alla fine di Via Moroni, si è verificato i primi di dicembre del 2010. L'evento, non nuovo in quella zona si è verificato a seguito di un periodo di intense e prolungate precipitazioni. Il movimento rilevato è di circa una ventina di metri di ampiezza e di parecchi metri di spessore; ha interessato principalmente i depositi superficiali, eluvio-colluviali, e forse anche la porzione sommitale dell'Unità di Casnigo. Sono state indicate in carta anche alcune situazioni di piccole frane stabilizzate artificialmente.

- *Orli di scarpata di degradazione e/o di frana*: sono stati individuati alla sommità della scarpata di raccordo tra fondovalle e pianalto, e alla sommità dei tratti maggiormente acclivi che caratterizzano il versante destro della Val Vertova. In quest'ultima area sono riconoscibili essenzialmente forme di erosione, mentre non sono riconoscibili forme di accumulo. L'unica eccezione è rappresentata dal tratto di versante a Nord della frazione Dossello di Gazzaniga, in cui la fotointerpretazione e i rilievi di terreno, concorrono ad indicare la presenza di una paleofrana.

Sono stati riconosciuti sul terreno i seguenti elementi:

- la probabile nicchia di distacco, di forma semicircolare, e di circa 160 metri di ampiezza, ubicata ad una quota di circa 580 m s.l.m., interessante un pendio con una pendenza media sui 35°;
- la zona di accumulo del materiale mobilizzato (argilliti), di forma approssimativamente triangolare e con una pendenza media sui 15°;
- la presenza di una piccola ansa fluviale in corrispondenza della zona di accumulo, come risposta da parte del T. Vertova alla spinta del movimento franoso in direzione Nord; si segnala che tale ansa, di circa 150 metri di ampiezza, è in pratica l'unica riconoscibile in questo tratto del T. Vertova, per il resto caratterizzato da un andamento abbastanza rettilineo;
- la presenza, alla base della zona di accumulo, di numerosi massi a spigoli vivi, e quindi non riconducibili all'azione di trasporto fluviale, in buona parte impiegati in passato anche per la realizzazione di muri di contenimento a secco.

Per quanto concerne lo stato di attività gli elementi riconosciuti sono per lo più quiescenti; gli unici classificabili come attivi sono localizzati:

- ad Est della paleofrana di cui sopra, dove è stato rilevato il crollo, recente, di una porzione di una parete rocciosa, con formazione di un piccolo accumulo di detriti alla sua base;
 - in corrispondenza del confine comunale, qualche centinaio di metri a monte della località Scesa (comune di Vertova); qui siamo in presenza di una scarpata piuttosto acclive, con un substrato affiorante riferibile alla formazione delle Argilliti di Riva di Solto, caratterizzato da un degradazione continua ad opera della gravità e degli agenti meteorici, che portano alla formazione di piccoli accumuli alla base della scarpata stessa;
 - Nel settore orientale della scarpata di raccordo tra fondovalle del Serio e pianalto di San Fermo e in corrispondenza della scarpata orientale del T. Misma.
- *Crolli in roccia*: sono state riportate in carta le situazioni di crolli in roccia/caduta massi che più da vicino interessano le abitazioni: una di queste è stata rilevata poco a monte delle abitazioni della Val Vertova, ad Est della quota 451.5 indicata sulla carta tecnica regionale. In questo caso i titolari delle abitazioni, hanno provveduto in proprio al posizionamento di una sorta di rete di protezione in aderenza, costituita da una rete metallica plastificata, che pur nella modestia dei materiali impiegati, esercita comunque un certo ruolo di protezione. Le

situazioni più problematiche caratterizzano i versanti sovrastanti le vie Giardini e Cedrali, dove la presenza di affioramenti di calcari stratificati e più o meno fratturati, in giacitura sfavorevole (da franappoggio a debole traverpoggio), pongono le premesse per frequenti distacchi di blocchi rocciosi, (specialmente in occasione di periodi di pioggia prolungati) che rotolando a valle potrebbero anche raggiungere le abitazioni sottostanti. Lo STER ha provveduto in passato a mettere a dimora una serie di protezioni, rappresentate da alcune reti in aderenza e da una barriera paramassi di circa 1,5 metri di altezza e 100 metri di lunghezza, a monte delle abitazioni di via Giardini. In relazione alle problematiche riscontrate si ritiene che la situazione di Via Giardini, sia sostanzialmente risolta, anche in considerazione della dimensione tutto sommato modesta dei detriti che si distaccano dalle pareti sovrastanti e che si accumulano a tergo della protezione. Diverso appare il discorso per quanto riguarda le abitazioni di Via Cedrali, che sono prive di alcuna protezione. Il 10 giugno del corrente anno, gli scriventi sono stati contattati dall'amministrazione comunale, per effettuare un sopralluogo a monte dell'abitazione sita in Via Cedrali al n. 1, da dove nei giorni precedenti si era verificato il distacco di un masso di circa 200 chili, che si era fortunatamente arrestato contro un pollaio in legno, evitando le strutture sottostanti. Alla luce delle considerazioni di cui sopra gli scriventi hanno auspicato la realizzazione di uno studio di dettaglio del versante, al fine di procedere all'acquisizione di tutte le informazioni necessarie per la sua messa in sicurezza.





- *Coni misti detritico-colluviali*: sono stati riconosciuti esclusivamente in Val Vertova, essenzialmente su base morfologica, a causa della intensa copertura vegetale, e si collocano alla base di due incisi particolarmente pronunciati che interessano il versante.
- *Accumulo di debris-flow*: nella zona a cavallo dei coni detritico colluviali sopra descritti, è stato osservato, in corrispondenza dello sbocco di un inciso minore, un rilevato con una ampiezza di circa 15 metri, e una lunghezza di oltre 60, allungato in direzione Nord-Est Sud-Ovest nettamente rilevato rispetto alla morfologia circostante. La situazione dei luoghi lascia pensare alla messa a dimora di questo corpo sottoforma di colata di detrito.

Completano il quadro delle dinamica gravitativa, le zone caratterizzate da coperture con pendenza maggiore di 20° e quelle caratterizzate dal substrato (in questo caso principalmente subaffiorante) con pendenza maggiore di 35°. Queste zone sono state ricavate mediante intersezione tra il DTM messo a disposizione sul geoportale della lombardia, e la carta litologica del presente studio.

4.3.2 Forme e processi legati all'azione delle acque superficiali

I principali elementi geomorfologici legati all'azione delle acque superficiali sono riferibili all'attività del Fiume Serio, del Torrente Vertova, e in minor misura del Rio Misma. Con riferimento alla figura seguente che illustra la legenda impiegata per il sistema morfogenetico fluviale, si illustrano i principali elementi riconosciuti.

Forme e processi di natura fluviale e torrentizia

	Orlo di scarpata di erosione fluviale attivo
	Orlo di scarpata di erosione fluviale inattivo
	Vallecola a V con fenomeni di erosione incanalata
	Conoide di deiezione inattivo

- *Orlo di scarpata di erosione fluviale*: sono legati essenzialmente all'attività del torrente Vertova e del F. Serio. Gli orli attivi sono quelli più recenti e si collocano immediatamente a ridosso degli alvei attuali. Gli orli inattivi sono riconoscibili solo per il F. serio, dove delimitano almeno due ordini di terrazzi fluviali collocati ad una quota media rispettivamente di 380 e 395 m s.l.m., riconoscibili nonostante l'intensa antropizzazione, a causa della variazione di quota locale.
- *Vallecola a V con fenomeni di erosione incanalata*: a parte il torrente Vertova e il F. Serio, il territorio di Fiorano non annovera altri corsi d'acqua di particolare importanza. L'unico degno di nota è il rio Misma, che delimita il territorio comunale verso occidente, incidendo i depositi superficiali affioranti sul pianalto di San Fermo. La morfologia risultante, di genesi recente, è tipicamente quella di una valle con forma a V legata all'azione erosiva di fondo delle acque incanalate.
- *Conoide di deiezione*: nel territorio comunale di Fiorano al Serio, non sono riconoscibili significative forme di accumulo riconducibili a conoidi di deiezione che invece sono evidenti nelle zone limitrofe e in particolare allo sbocco del torrente Romna sulla sponda sinistra del t. Vertova. Potrebbero essere riferiti a questa categoria, i depositi allo sbocco del Rio Misma, per i quali è ormai difficile, visto il livello di antropizzazione raggiunto, riconoscere gli elementi morfologici caratteristici della conoide che è stata comunque riportata in carta. Si tratta di una forma legata a processi certamente inattivi, e quindi non riattivabile (relitta).

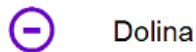
4.3.3 *Forme e processi legati all'attività carsica*

E' stato riconosciuto un unico elemento riconducibile al sistema morfogenetico carsico. Si tratta di una piccola depressione di forma approssimativamente circolare, di circa 40 metri di ampiezza, e 3-4 metri di profondità, localizzata sul pianalto di San Fermo in prossimità dell'incrocio tra le Vie Papa Giovanni XXIII e Via G.B. Moroni. E' probabile che tale forma sia il risultato dell'azione erosiva sotterranea, ad opera delle acque di infiltrazione del pianalto, sui depositi dell'Unità di Casnigo.

Tale depressione costituisce l'unico elemento naturale di spicco all'interno di un'area quasi totalmente antropizzata, priva di manifestazioni sorgentizie e esterna alle aree di ricarica idrogeologica.

La figura seguente illustra la legenda impiegata per i processi legati all'attività carsica.

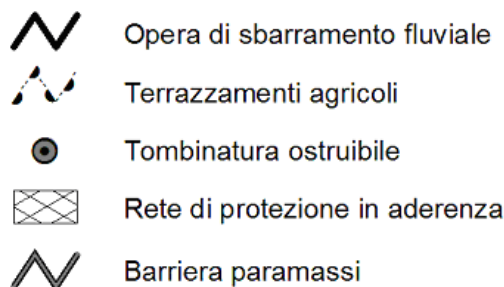
Forme e processi di natura carsica



4.3.4 *Forme e processi legati all'azione antropica*

Il territorio comunale si presenta fortemente antropizzato, almeno per quanto riguarda i settori di fondovalle e del pianalto di San Fermo. Tra gli elementi antropici di maggior interesse sono stati riportati in carta le opere idrauliche, gli eventuali punti di ostruzione al deflusso delle acque superficiali, i terrazzamenti agricoli e le opere di difesa dalla caduta massi.

Forme e processi di natura antropica



Sono presenti due derivazioni idrauliche, sul F. Serio, all'estremità sud del comune, e all'altezza della località Rasga in comune di Casnigo.

Tombinature ostruibili sono state indicate lungo il Rio Misma, all'altezza della chiesetta di San Fermo e alla fine di via Fugazzera, dove il Rio Misma viene definitivamente intubato, quantunque non si siano potute raccogliere testimonianze recenti in tal senso.

4.3.5 Inventario delle frane e dei dissesti della Regione Lombardia

La carta geomorfologica di Tav. 3 è stata redatta previa consultazione dell'inventario delle frane e dei dissesti messo a disposizione sul geoportale della Regione Lombardia. Il quadro del dissesto indicato in questo documento, particolarmente critico, in quanto evidenziava la presenza di numerose frane interessanti la Val Vertova, è stato verificato sia sulla base delle fotointerpretazione dei voli aerei disponibili che mediante rilievi in sito.

Gli scriventi, alla luce del materiale acquisito e analizzati, ritengono che gran parte dei movimenti franosi indicati nell'inventario, non trovino riscontro nella realtà. E' ben vero che si possono osservare diverse concavità, in corrispondenza di versanti particolarmente acclivi, che potrebbero fare pensare alla presenza di nicchie di distacco, ma queste non si accompagnano quasi mai, a corrispondenti forme di accumulo. Pare quanto meno strano infatti che a fronte di nicchie di distacco di centinaia di metri di ampiezza non corrispondano almeno residui di accumuli nelle porzioni intermedie del versante o nel fondovalle.

4.4 Idrografia

La rete di deflusso delle acque superficiali nel territorio comunale di Fiorano al Serio è costituita dal fiume Serio, con i relativi affluenti: il torrente Vertova, che scorre lungo il margine nord orientale del territorio comunale e il rio Misma, al confine con Gazzaniga.

Nella cartografia prodotta (Tav. 4) è stata indicata la rete idrografica ed è stato riportato l'andamento dell'unico bacino idrografico di stretto interesse comunale, evidenziandone anche il tratto intubato.

4.4.1 Principali elementi di interesse idraulico del Fiume Serio

Per quanto riguarda le considerazioni di tipo idraulico sul F. Serio in corrispondenza del territorio comunale di Fiorano, si è fatto riferimento al recente studio dell'Autorità di Bacino del F. Po:

“Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po; del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda; del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda. - 2005”

Questo documento è indicato anche dalla D.G.R. 8/7374 (vedi tab.1 – allegato 1) come studio di riferimento per quanto concerne il suo contributo in termini di “conoscenza idraulica”.

Rispetto ai precedenti studi di carattere idraulico, e in particolare all’*Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici del bacino del Po* del PAI (vedi fig. 2), in cui le aree a pericolosità idraulica venivano classificate su base essenzialmente morfologica, il recente lavoro fornisce:

- un aggiornamento delle portate di piena di riferimento;
- il calcolo dei livelli di piena con diversi tempi di ritorno;
- la perimetrazione aggiornata delle aree allagabili con i tempi di ritorno considerati;
- la “proposta” di una possibile revisione delle Fasce Fluviali.

Per quanto riguarda le portate al colmo (vedi rapporto “*Definizione delle portate di piena di riferimento – Relazione di sintesi*”), si riporta la seguente tabella che fornisce la stima delle portate in corrispondenza delle sezioni più significative.

Corso d’acqua	Sezione	Q [m ³ /s]	Q [m ³ /s]	Q [m ³ /s]	Q [m ³ /s]
SERIO	Parre	290	420	485	580
	Ponte Cene	430	620	720	870
	Nembro	460	660	760	910
	Seriate	460	670	770	930
	Romano di Lombardia	400	580	670	810
	Crema	340	490	560	680
	Confl. Adda	330	470	550	660

Indicazioni ancor più dettagliate sono poi desumibili da altri elaborati dello “Studio Autorità di Bacino” e in particolare dalla “3.2.2.2/1/IR: *Relazione descrittiva del modello e di analisi dell’attività*” nella quale sono forniti i risultati della modellazione matematica per la determinazione dei livelli di piena di dettaglio del F. Serio.

Nella tabella seguente si riporta uno stralcio delle portate e dei relativi livelli idraulici, per diversi tempi di ritorno, relativamente alle sezioni idrauliche che ricadono nel comune di Fiorano al Serio.

da STUDIO AUTORITA' DI BACINO: LIVELLI DI PIENA DEL F.SERIO

Sezione	Prog. [m]	Z _{fondo} [m slm]	Stato attuale T=20-500 anni						assetto progetto	
			Z20 [m slm]	Q20 [m3/s]	Z200 [m slm]	Q200 [m3/s]	Z500 [m slm]	Q500 [m3/s]	Z200 [m slm]	Z500 [m slm]
165	39442	386.11	388.04	396.1	388.95	661.9	389.34	794.6	388.95	389.34
164	39663	381.57	385.42	398.4	386.22	665.6	386.64	799.1	386.22	386.64
163	39822	380.98	385.05	399.9	386.03	668.2	386.46	802.2	386.03	386.46
162	40112	381.70	383.47	401.9	384.58	671.5	384.89	806.2	384.58	384.89
161	40327	375.96	381.56	404.5	383.74	675.7	384.74	811.2	383.74	384.74
160	40475	-	379.67	405.6	381.09	677.6	381.73	813.5	381.09	381.73
159	40541	374.57	378.23	406.4	377.82	679.0	377.98	815.1	377.82	377.98
158	40822	371.78	376.98	409.7	378.02	684.4	378.47	821.6	378.02	378.47
157	41141	371.94	376.01	411.7	376.68	687.8	376.95	825.7	376.68	376.95
156	41295	374.00	375.29	413.5	375.89	690.7	376.16	829.1	375.89	376.16
155	41550	365.34	370.52	416.9	371.44	696.4	371.85	835.9	371.44	371.85

La fig. 3 riporta uno stralcio della “Carta delle aree allagabili” relative all’attività 3.3.2.2 “Analisi idraulica” dello studio citato. La carta riporta:

- l’ubicazione delle sezioni utilizzate per i calcoli idraulici;
- la perimetrazione delle aree allagabili per i diversi tempi di ritorno (T = 20, 200, 500 anni);
- le possibili interferenze con i ponti, in merito alle condizioni teoriche di deflusso, libero, in pressione, di sormonto e critico.

Si evidenzia che secondo questo studio, i ponti relativi alle sezioni 161 e 161_1, risultano a superficie libere per T = 20 anni, mentre sono sormontati per T = 200 e 500 anni.

Per quanto concerne le aree allagabili, si evidenzia che i limiti delle aree esondabili con T=20, 200 e 500 anni, non differiscono tra loro in maniera significativa, per il fatto che lo scorrimento delle acque avviene in un tratto relativamente incassato, senza possibilità di interferenze con il tessuto urbanizzato.

La fig. 4 riporta uno stralcio della “Carta delle fasce Fluviali” sempre relative all’attività 3.3.2.2 “Analisi idraulica” dello studio citato.

La carta riporta una proposta di delimitazione delle fasce fluviali (A, B e C), formalmente non ancora in vigore in quanto l’iter per la loro adozione non è ancora stato completato.

Per maggior chiarezza, nel seguito si riportano i criteri di definizione delle fasce fluviali desunti dall’art. 28 delle Norme di Attuazione PAI.

- *Fascia di deflusso della piena (Fascia A)*: è costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento (a livello normativo l’80% della piena con T=200 anni), ovvero quella porzione di territorio costituita dall’insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena.
- *Fascia di esondazione (Fascia B)*: è costituita dalla porzione esterna alla precedente, interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento (T=200 anni). Il limite di tale fascia si estende fino alla quota raggiunta dalla piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento).
- *Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)*: è costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento e il cui limite esterno corrisponde ad un tempo di ritorno T = 500 anni.

Appare evidente che, tra le delimitazioni riportate nella carta delle aree allagabili e quelle delle fasce fluviali sussistono importanti differenze, la cui spiegazione non è obiettivo del presente studio. Tuttavia in considerazione del fatto che la carta delle fasce fluviali attualmente costituisce una “proposta di aggiornamento”, formalmente non entrata in vigore, si è ritenuto di utilizzare ai fini della redazione delle carte del presente studio, le indicazioni contenute nella carta delle aree allagabili.

4.4.2 *Torrente Vertova*

Il torrente Vertova nasce dal Monte Alben e, per un tratto di circa 1 km, segue il confine comunale nord con il territorio di Vertova.

I dati morfologici principali relativi alla confluenza nel F. Serio sono:

Superficie: 24.09 Km²

Elevazione massima: 1910 m s.l.m.

Elevazione minima: 390 m s.l.m.

Elevazione media: 955 m s.l.m.

Lunghezza massima: 10.71 Km

T_{corrivazione} (Giandotti): 1.8 ore

Nel territorio di pertinenza comunale il Torrente Vertova scorre per un breve tratto, relativamente incassato e pochissimo urbanizzato. In corrispondenza dei terrazzi che costeggiano il torrente in sponda destra, sono presenti solo poche abitazioni isolate.

Da testimonianze raccolte in sito, che trovano conferma anche nella banca dati GEOIFFI, il più recente evento alluvionale di un certo rilievo, accompagnato anche da fenomeni di esondazione che hanno interessato le zone altimetricamente meno elevate dei terrazzi, si è verificato nel 1972.

Per quanto concerne le stime di portata del torrente, non si hanno a disposizione dati pubblicati; tuttavia, sulla base delle informazioni di carattere idraulico raccolte dagli scriventi nell'area in esame, per il T. Vertova alla confluenza nel F. Serio si può stimare una portata centenaria pari a 160 m³/s.

4.4.3 *Rio Misma*

Si tratta di un piccolo corso d'acqua, caratterizzato dai seguenti dati morfometrici:

Superficie: 0.43 Km²

Elevazione massima: 579 m s.l.m.

Elevazione minima: 394 m s.l.m.

Elevazione media: 495 m s.l.m.

Lunghezza massima: 1.57 Km

T_{corrivazione} (Giandotti): 0.57 ore

Alla quota di circa 394 m s.l.m., il Rio Misma viene intubato e scorre al di sotto di Via Fugazzera. L'imbocco circolare ha un diametro di circa 80 cm, e la pendenza è stimabile in circa




il 9%, fino all'incrocio con via Dante. Da questo punto non è dato sapere quale tracciato segua esattamente il tubo per raggiungere il F. Serio, anche se è probabile che il tracciato, presumibilmente rettilineo, ricada interamente nel comune di Gazzaniga. Il raccordo tra corso d'acqua naturale e tratto intubato, avviene mediante un canale in calcestruzzo con piccole soglie e griglie di trattenuta dei detriti trasportati dal corso d'acqua.

In considerazione della sezione e della pendenza del tubo, che consentono di stimare una portata massima allontanabile di circa 4.5 m^3 al secondo, è presumibile che, in concomitanza di eventi meteorologici intensi si possa verificare la tracimazione del manufatto. Lo studio del RIM effettuato da GEA nel sett. 2004, stima la portata del Rio Misma intorno ai $6 \text{ m}^3/\text{s}$, è quindi evidente che in casi estremi, soprattutto se la sezione di deflusso dovesse venire ridotta ad opera dei detriti trasportati dal corso d'acqua, la sezione risulti insufficiente. La conseguenza prevedibile sarebbe l'allagamento di tutta la Via Fugazzera fino all'incrocio con Via Dante e oltre lungo via Don Seghezzi. Date le portate in gioco è presumibile che i tiranti d'acqua siano comunque contenuti nell'ordine di 1 o 2 decimetri, tali da provocare certamente qualche disagio, ma non di porre problemi di sicurezza per l'incolumità delle persone. Data la criticità del manufatto in occasione di eventi meteorologici eccezionali, si consiglia la periodica pulizia delle griglie di trattenuta dei detriti, per garantire sempre e comunque, condizioni ottimali di deflusso.

4.5 Idrogeologia

Nel territorio comunale di Fiorano al Serio, non sono presenti pozzi o sorgenti ad uso acquedottistico captate. Tutte le sorgenti captate sono situate in Val Vertova esternamente al confine comunale. Per tale ragione sono disponibili scarsissime informazioni di interesse idrogeologico e meno che meno è stato possibile redigere una carta della linee piezometriche e/o della soggiacenza della falda. Nella Tav. 4 si è pertanto riportata solo la permeabilità superficiale desunta essenzialmente su base litologica, associando ai diversi litotipi una stima dei relativi intervalli di permeabilità.

ELEMENTI IDROGEOLOGICI

-  Terreni e rocce con permeabilità da elevata a media ($K > 0,1 \text{ cm/sec}$).
-  Terreni e rocce con permeabilità da media a ridotta ($0.001 < K < 0,1 \text{ cm/sec}$).
-  Terreni e rocce con permeabilità da ridotta a molto ridotta ($K < 0,001 \text{ cm/sec}$).

La zona indicata come dolina nella carta geomorfologica è stata indicata come possibile zone di ristagno nella Tav. 4, per la sua depressione rispetto ai terreni circostanti.

4.5.1 Permeabilità superficiale dei terreni

Il territorio comunale è stato suddiviso in zone a seconda del grado di permeabilità superficiale che è possibile attribuire ai depositi superficiali o al substrato roccioso su base bibliografica.

- ◆ Terreni e rocce con permeabilità da buona o elevata ($K > 0,1$ cm/sec): caratterizzano l'area di fondovalle e maggiormente urbanizzata del comune, caratterizzata da depositi alluvionali, per lo più grossolani; tuttavia va evidenziato che proprio la notevole urbanizzazione del territorio è causa comunque di una impermeabilizzazione artificiale del suolo.
- ◆ Terreni e rocce con permeabilità discreta ($0,001 < K \leq 0,1$ cm/sec): interessano i conglomerati che interessano la zona del pianalto, come pure i principali accumuli di depositi superficiali presenti in Val Vertova;
- ◆ Terreni e rocce poco permeabili ($K < 0,001$ cm/sec): caratterizza in buona parte il settore settentrionale del territorio comunale (Val Vertova), interessato dalla presenza di un substrato roccioso argillitico e quindi sostanzialmente impermeabile, come pure la zona della scarpata di raccordo tra pianalto e fondovalle. In quest'ultimo caso la scarsa permeabilità è condizionata sia dalla presenza di una coltre di depositi fini eluvio-colluviali, che per ragioni di acclività locale, che favorisce il deflusso verso il basso delle acque di ruscellamento superficiali.

La vulnerabilità degli acquiferi è direttamente proporzionale alla permeabilità superficiale e inversamente proporzionale alla soggiacenza della falda. Non avendo elementi di valutazione in merito alla soggiacenza della falda, in questa sede è possibile mettere in relazione la vulnerabilità solo alla permeabilità superficiale.

5. FASE DI SINTESI E VALUTAZIONE

La fase di sintesi/valutazione è definita tramite la carta dei vincoli, che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico, e la carta di sintesi, che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica.

5.1 Carta dei vincoli



Costituisce la Tav. 5 e riporta le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati di contenuto prettamente geologico. In particolare sono stati individuati i vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino (vincoli PAI) ai sensi della legge 183/89 e quelli di polizia idraulica ai sensi della D.G.R. n. 7/7868 del 25/1/2002 e successive modifiche.

5.1.1 Vincoli PAI




La figura seguente riporta lo stralcio della legenda della carta dei vincoli con gli elementi di pertinenza PAI.

Progetto PAI - Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Allegato 4.2

Quadro del dissesto vigente




-  Area a pericolosità media o moderata (Em)
-  Area a pericolosità molto elevata (Ee)

Quadro del dissesto proposto in aggiornamento al vigente

-  Aree a pericolosità molto elevata di esondazione (Ee)
Definita cautelativamente sulla base delle aree allagabili con Tr=500 anni, della attività 3.3.2.2 dello studio di fattibilità della sistemazione idraulica del F. Adda, Brembo e Serio dell'autorità di Bacino del F. Po.
-  Aree a pericolosità elevata di esondazione (Eb)
-  Aree a pericolosità media o moderata di esondazione (Em)

Aree in dissesto

Quadro del dissesto proposto: aggiornamento inventario fenomeni franosi della Regione Lombardia (GeolFFI)

-  Frana attiva
-  Frana quiescente
-  Frana stabilizzata

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici, il quadro del dissesto vigente è quello contenuto nella proposta di aggiornamento trasmessa all'Autorità di Bacino, tramite carta del dissesto elaborata d'ufficio dalla Regione Lombardia resa disponibile sul sito del Geoportale. Tale quadro comprende due distinte aree a pericolosità idraulica molto elevata (Ee) e media o moderata (Em).

Quest'ultima si estende su una parte significativa del tessuto edificato comprendente tra l'altro la zona industriale e la zona del cimitero.

Tenuto conto che il quadro del dissesto vigente scaturisce da valutazioni che hanno alla base considerazioni di carattere prettamente geomorfologico e che, successivamente alla data di pubblicazione (1999 per i dissesti originari, 2001 per i dissesti aggiornati) si è reso disponibile lo “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei fiumi Adda, Brembo e Serio*” promosso dall'Autorità di Bacino del F.Po, si propone l'aggiornamento del quadro del dissesto vigente sulla base dei seguenti criteri:

- riduzione della zona Ee, che viene fatta coincidere con le aree allagabili con $Tr=500$ anni;
- introduzione della zona Eb, che si estende dal limite esterno della zona Ee fino a comprendere tutta la zona di pertinenza fluviale fino al limite esterno del canale artificiale Albini;
- minori modifiche della zona Em vigente, sulla base del maggior dettaglio topografico offerto dalla disponibilità del rilievo fotogrammetrico, e completamento della stessa verso Nord fino all'estremità del confine comunale. Si evidenzia infatti che la rappresentazione del quadro del dissesto vigente termina (artificiosamente) in corrispondenza di Via caduti per la Libertà, quando si rileva una sostanziale uniformità morfologica tra le due zone.

Si evidenzia che la proposta di fare coincidere le zone a pericolosità elevata (Ee) con il limite delle aree allagabili, appare comunque cautelativa in quanto il tempo di ritorno preso come riferimento corrisponde alla piena “catastrofica” e quindi a rigore, comprende anche aree, che in relazione alla piena di riferimento $Tr=200$, potrebbero forse essere classificate come zone a pericolosità media o elevata (Em).

Per quanto riguarda gli aspetti legati alla franosità del territorio, il quadro del dissesto è quello che si propone in sostituzione del quadro illustrato nel censimento dei dissesti e dei fenomeni franosi della Regione Lombardia a seguito delle verifiche illustrate al paragrafo 4.3.

5.1.2 Vincoli di polizia idraulica

Sulla base della suddetta Delibera sono state riportate in carta le fasce di inedificabilità comprese nei 10 m dall'alveo di piena dei corsi d'acqua, secondo quanto riportato nella individuazione del Reticolo Idrico Minore sul territorio del Comune di Fiorano al Serio adottato dal Comune in seguito ad emissione del parere favorevole della Regione Lombardia – Sede Territoriale di Bergamo, Struttura Sviluppo del Territorio, competente per territorio.







Si evidenzia tuttavia che in tale documento non sono riportate le fasce di rispetto relative al F. Serio.

5.2 Carta di sintesi


La carta di sintesi riportata in Tavola 6 rappresenta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera. E' costituita da una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee.

Nella figura seguente che costituisce lo stralcio della legenda adottata, sono illustrate le principali fenomenologie riconosciute.





Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

-  Aree soggette a crolli di massi
-  Aree di influenza crolli di roccia
-  Aree a franosità superficiale attiva e diffusa
-  Aree diffusamente interessata da movimenti franosi quiescenti.
-  Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati.
-  Aree prossime al ciglio di scarpate fortemente acclivi, potenzialmente esposte a fenomeni franosi



Aree pericolose dal punto di vista idraulico

-  Aree allagabili dal F. Serio con tempi di ritorno fino a 500 anni (da studio di fattibilità idraulica del F. Serio Autorità di Bacino) Aree a pericolosità molto elevata di esondazione (Ee di Tav. 5)

Aree allagabili dal F. Serio individuate con criterio geomorfologico tenuto conto anche delle possibili interazioni tra piena, opere di sbarramento, fenomeni di sovralluvionamento, ostacoli al deflusso

-  Aree a pericolosità elevata di esondazione (Eb)
-  Aree a pericolosità media o moderata di esondazione (Em)
-  Aree allagabili dal T. Vertova definite con criterio geomorfologico
-  Aree allagabili dal Rio Misma in occasione di eventi meteorici eccezionali

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

-  Terreni potenzialmente scadenti dal punto di vista geotecnico
-  Aree soggette a ristagno idrico

Lo studio eseguito ha portato all'individuazione dei seguenti ambiti di vulnerabilità/pericolosità:

- ◆ Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti;
- ◆ Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche;
- ◆ Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.

5.2.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

Sono state riconosciute le seguenti aree omogenee:

- ◆ Aree soggette a crolli di massi: sono localizzate principalmente in corrispondenza della scarpata di raccordo tra fondovalle e pianalto, in particolare a monte di via Giardini e Cedrali. In questo settore sono presenti affioramenti di substrato roccioso, riferibile al Calcere di Zorzino, in giacitura tra franappoggio e debole traverpoggio, con una inclinazione prossima a quella del pendio. L'ammasso roccioso non si presenta particolarmente fratturato, tuttavia la presenza di una stratificazione decimetrica, e di due sistemi di discontinuità, quasi ortogonali tra di loro, pone le premesse per il distacco di blocchi rocciosi di qualche decimetro di dimensioni, soprattutto in concomitanza con eventi meteorici intensi, accompagnati da forti venti; uno dei meccanismi che attivano il distacco di questi blocchi è rappresentata dal vento, la cui azione meccanica si trasmette attraverso la vegetazione arborea, in questo tratto particolarmente alta e sottile, fino quasi alle radici degli alberi, favorendo il distacco dei blocchi maggiormente instabili. Pur evidenziando che i crolli interessano blocchi per lo più isolati, che nella loro caduta vengono in parte rallentati dalla presenza di un sottobosco arbustivo alquanto fitto, appare evidente che i blocchi di dimensioni maggiori possano rotolare fino a valle, costituendo un rischio concreto per le abitazioni realizzate immediatamente a ridosso della base della scarpata. Tenuto conto della presenza di sistemazioni già effettuate dallo STER Bergamo è stata tracciata, oltre alla zona di distacco dei blocchi rocciosi, anche la probabile zona di influenza.
- ◆ Aree a franosità attiva diffusa legate al possibile innesco di scivolamenti rotazionali e planari legati alla presenza di terreni a granulometria fine su pendii acclivi: interessano le zone della scarpata di raccordo tra fondovalle e pianalto, dove non affiora il substrato roccioso per la presenza di depositi eluvio-colluviali, più o meno spessi. L'elevata acclività tende a favorire, soprattutto dopo periodi di pioggia prolungati, il distacco di porzioni solitamente modeste della coltre superficiale per lo più sotto forma di piccole frane di scivolamento con superficie rotazionale (soil slip). Anche in questo caso i franamenti possono essere favoriti dal collasso di piante ad alto fusto, con conseguente affioramento del terreno circostante l'apparato radicale (che per le piante più diffuse presenti come la

Robinia pseudoacacia è particolarmente superficiale), terreno che viene quindi esposto all'azione di dilavamento delle acque di scorrimento superficiale.

- ◆ Aree diffusamente interessate da movimenti franosi quiescenti: il tratto di versante intermedio della Val Vertova, caratterizzato da pendenze mediamente elevate e da un substrato per lo più subaffiorante riferibile alle Argilliti di Riva di Solto, è diffusamente interessato da fenomeni franosi, sia puntuali che legati alla presenza di scarpate di degradazione di forma allungata (cfr. anche Tav.3). Le forme di erosione sono le sole facilmente riconoscibili, mentre quelle di accumulo, sono state presunte su base topografica poiché mascherate dalla fitta vegetazione presente. Nella Tav. 6 è stato riportato il poligono che involupa l'area dove questo genere di fenomeni, classificati come quiescenti, è maggiormente diffuso.
- ◆ Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni a granulometria fine su pendio inclinato: i rilievi più elevati del territorio comunale tra il pianalto di San Fermo e la Val Vertova, sono caratterizzati da una pericolosità potenziale di frana legati alla presenza di versanti a media acclività con depositi superficiali aventi spessore metrico e scadenti proprietà geomeccaniche, su un substrato marnoso-argilloso anch'esso scadente dal punto di vista geomeccanico. Si tratta di depositi superficiali particolarmente sensibili a periodi di piogge prolungate, che hanno l'effetto di ridurre ulteriormente le già mediocri caratteristiche di resistenza dei materiali, anche in relazione al fatto che il substrato roccioso sottostante è praticamente impermeabile. Anche la porzione orientale della scarpata a monte di Fiorano può essere riferita a questa categoria, in quanto anche in questo settore sono presenti terreni fini di spessore metrico, in questo caso su substrato calcareo un po' più permeabile. Anche se per gli ultimi decenni non si segnalano movimenti franosi in questo settore, le caratteristiche dei depositi superficiali e l'acclività non consentono di escludere del tutto la possibilità che in occasione di eventi meteorici intensi, possano verificarsi piccole instabilizzazioni della coltre superficiale che possano interferire con gli edifici sottostanti.
- ◆ Aree su pendio a bassa acclività, a pericolosità potenziale in quanto ubicate sul ciglio superiore di scarpate instabili: lungo il ciglio superiore della scarpata fluviale del rio Misma e della scarpata a monte dell'abitato, è stata individuata una fascia areale di 10 metri di ampiezza, di raccordo con le zone circostanti, a pericolosità potenziale per il verificarsi di

fenomeni franosi in corrispondenza delle scarpate stesse. Si evidenzia che qualunque edificazione in quest'area costituisce un inevitabile sovraccarico che potrebbe peggiorare le condizioni di stabilità della zona.

5.2.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Sono state riportate per il Fiume Serio le aree allagabili con $Tr = 500$ anni dello studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei fiumi Adda, Serio, Brembo.

Per il Torrente Vertova, non essendo disponibili studi idraulici di dettaglio, si sono riportate le aree allagabile definite con criterio geomorfologico.

Infine per il Rio Misma si sono riportate le potenziali zone allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali, nell'eventualità che si verifichi una ostruzione dell'imbocco del tratto tombinato, tale da non garantire il totale deflusso delle acque di recapito.

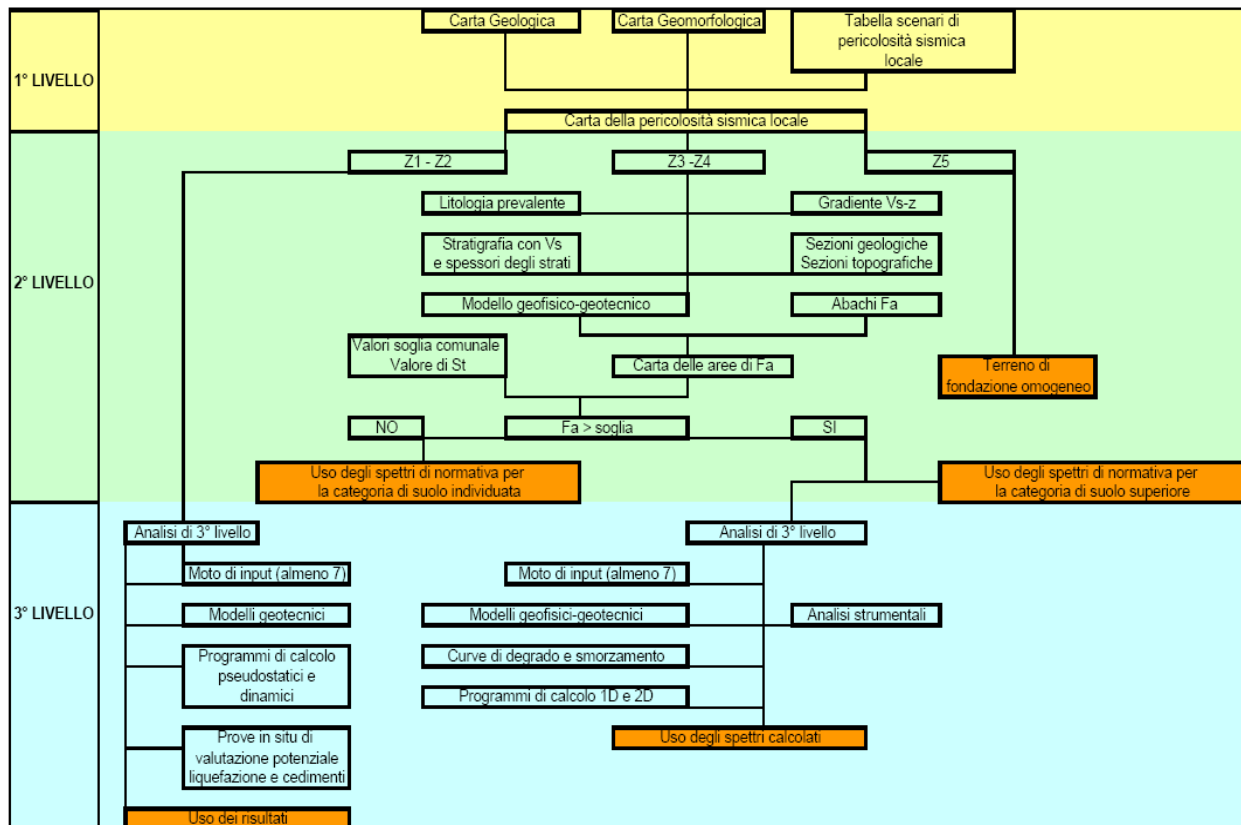
5.2.3 Aree che presentano potenziali caratteristiche geotecniche scadenti

Sono state riferite a questa categoria, due modeste aree di terreno allo base del versante, in Val Vertova, allo sbocco di due piccole incisioni, dove è probabile che si possa essere accumulato uno spessore considerevole di colluvi.

E' stata inoltre indicata una possibile zona di ristagno idrico in occasione di eventi meteorici intensi, in prossimità della dolina indicata in Tav. 3.

6. EFFETTI SISMICI DI SITO

La valutazione degli effetti sismici di sito, finalizzata alla definizione dell'aspetto sismico nel Piano di Governo del Territorio, è codificata a livello procedurale mediante un approccio secondo 3 distinti livelli, con grado di dettaglio via via crescente secondo lo schema riportato nel seguito.



La normativa vigente prevede che i primi due livelli siano obbligatori in fase di pianificazione (con alcune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza), mentre il terzo livello è invece obbligatorio in fase di progettazione, sia quando con il 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (scenari Z1 e Z2).

Il 3° livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stia progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

La procedura messa a punto fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

6.1 Riferimenti normativi

L'approccio metodologico utilizzato nel presente studio è quello previsto dall'allegato 5 alla DGR n. n. 8/7374 del 28 maggio 2008 (che aggiorna la precedente D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005) e riguarda in particolare i primi due livelli di approfondimento, obbligatori in fase di pianificazione.

Oltre a ciò si è proceduto all'impiego di alcune tecniche strumentali, tipiche dell'applicazione del livello 3° (in questa fase non richiesto), che sono state giudicate comunque utili per migliorare l'affidabilità dei dati di input, per l'applicazione delle procedure previste.

Nei paragrafi seguenti si riassumono i criteri previsti dalla Normativa Regionale vigente, e come si sia dato corso all'applicazione delle previste procedure.

6.2 La procedura di 1° LIVELLO

Consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette la zonazione del territorio in termini dei diversi effetti prodotti dall'azione sismica, desunti sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, (quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Lo studio consiste nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento (carta geologica, carta geomorfologica, ecc.) e nella redazione di un'apposita cartografia (a scala 1:10.000) denominata **carta della pericolosità sismica locale (PSL)**, derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale (situazioni tipo Z1,

Z2, Z4) e lineare (situazioni tipo Z3, Z5), delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali (Tabella 1).

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) Zone con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 1 - Scenari di pericolosità sismica locale

La carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento:

- il 2° livello permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zone Z3 e Z4), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici;
- il 3° livello permette sia la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata, sia la quantificazione degli effetti di instabilità dei versanti (zone Z1) e dei cedimenti e/o liquefazioni (zone Z2).

Non è necessaria la valutazione quantitativa a livelli di approfondimento maggiore dello scenario inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

6.3 La procedura di 2° LIVELLO: gli effetti di amplificazione di sito

Come previsto dalla normativa vigente, per il comune di Fiorano al Serio che ricade in classe sismica 3 la procedura di secondo livello è obbligatoria, per le zone sotto riportate, nel caso in cui interferiscano con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica:

- Z3 suscettibili di amplificazioni sismiche di tipo morfologico
- Z4 suscettibili di amplificazioni sismiche di tipo litologico

Nella scelta delle situazioni da esaminare si è data comunque preferenza agli edifici di tipo strategico o con funzioni pubbliche, in quanto la loro distribuzione nel tessuto edificato è comunque così capillare, da consentire di fatto la caratterizzazione della quasi totalità dell'edificato.

Generalizzando le indicazioni di cui al d.d.u.o. 19904/04, si sono considerati edifici strategici ai fini di questo studio, tutti gli edifici che prevedono, anche per brevi periodi temporali, la presenza di affollamenti significativi di persone, quali ad es. chiese, scuole, supermercati, strutture sportive, industrie, edifici residenziali significativi.

Oltre a questa tipologia sono stati considerati strategici gli edifici comunali, che possono fornire risorse organizzative e materiali in caso di attività di protezione civile, esercitando un ruolo fondamentale di coordinamento e di indirizzo nella gestione degli interventi di emergenza.

Operativamente, per ciascuna delle situazioni per le quali si è dovuto effettuare lo studio di 2° livello, sono state eseguite delle indagini sismiche passive mediante tecnica HVSR, che hanno consentito di verificare le condizioni richieste dalla normativa e di ricostruire un adeguato modello stratigrafico e geofisico del sottosuolo, che è stato poi utilizzato per l'impiego degli abachi previsti dalla normativa vigente.

6.3.1 Campo di applicazione procedura di 2° livello

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa.

Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si devono analizzare entrambi i casi e si deve scegliere quello più sfavorevole.

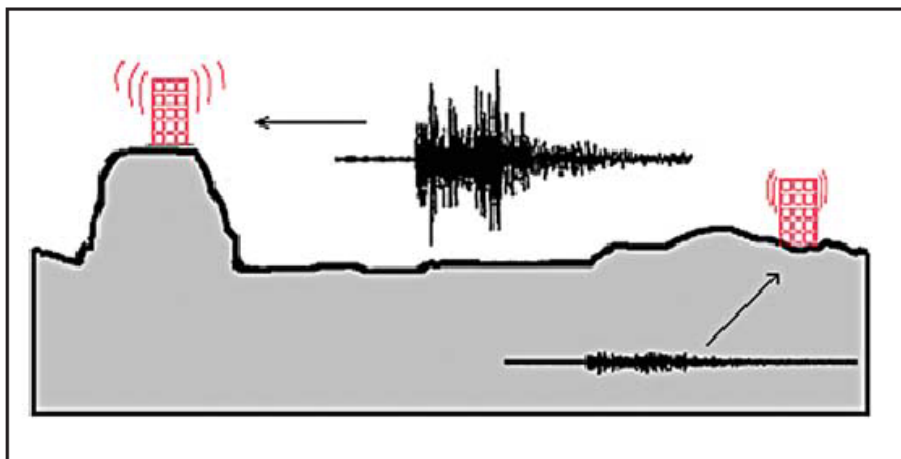
Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo (T) tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

I due intervalli di periodo per i quali viene calcolato il valore di F_a dipendono dal periodo di vibrazione proprio degli edifici; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s è caratteristico di strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, (orientativamente fino ad un massimo di 5 piani) e di fatto rappresenta il parametro di riferimento per la quasi totalità dell'edificato di Fiorano al Serio, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di F_a per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0.1-0.5 s: questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno, che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0.5-1.5 s.

6.3.2 Effetti di amplificazione morfologica (basi teoriche)

La seguente schematizza il concetto che sta alla base delle analisi circa gli effetti di amplificazione morfologica effettuate nel corso di questo studio.



Due edifici identici fondati sul medesimo suolo, ma in due distinte situazioni morfologiche, avvertono in maniera completamente diversa lo scuotimento del suolo causato dallo stesso sisma; è evidente che in simili circostanze anche gli effetti attesi sui due edifici possono essere molto diversi.

La normativa vigente prevede che le possibili zone di amplificazione morfologica vengano valutate per mezzo di procedure semplificate con l'impiego di abachi o tabelle che si riferiscono a due diverse situazioni tipo:

- 1) zona di scarpata (Scenario Z3a);
- 2) zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Scenario Z3b);

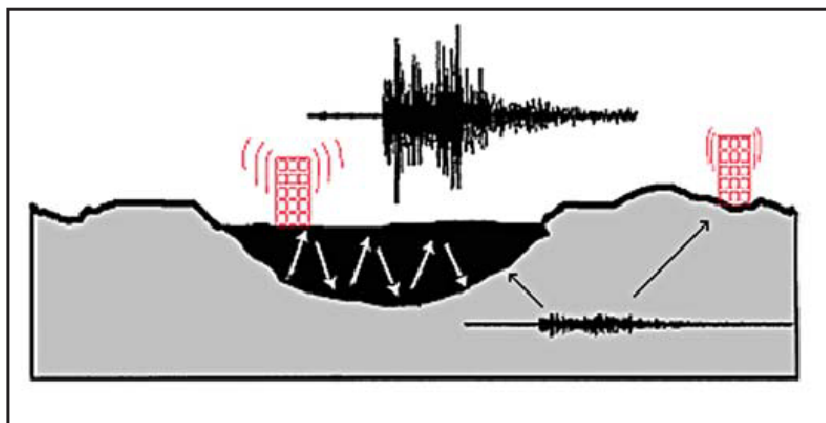
Per la determinazione del Fattore di amplificazione (F_a) sono proposti 5 abachi per lo scenario di cresta/cocuzzolo ed una tabella per lo scenario di scarpata. Tali abachi forniscono stime del valore del fattore di amplificazione (F_a) su base statistica, ma si evidenzia che gli effetti di amplificazione morfologica risentono fortemente della direzionalità degli impulsi sismici. La stima fornita è da intendersi come la risposta dello scenario considerato nel caso peggiore, cioè nel caso in cui l'incidenza del treno d'onde avvenga perpendicolarmente alla direzione di allungamento della cresta o della scarpata. In tutti i casi in cui il treno d'onde associato al movimento sismico non sia perpendicolare allo sviluppo della cresta o della scarpata, è lecito attendersi effetti di amplificazione morfologica attenuati rispetto a quanto riportato più avanti.

Nel caso di rilievi morfologici asimmetrici che possono essere rappresentati sia dallo scenario Z3a sia dallo scenario Z3b, a seconda dell'orientazione della sezione, si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

Nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani, in presenza di scenari Z3a e Z3b, è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

6.3.3 Effetti di amplificazione litologica (basi teoriche)

La seguente illustra schematicamente il concetto che sta alla base delle analisi di amplificazione litologica considerate in questo studio.



Due edifici identici fondati su suoli diversi, con una situazione morfologica superficiale confrontabile, avvertono in maniera completamente diversa lo scuotimento del suolo causato dallo stesso sisma; anche in questa circostanza gli effetti attesi sui due edifici sono completamente diversi.

La procedura di 2° livello fornisce per gli effetti litologici, valori di F_a per entrambi gli intervalli di periodo considerati.

La procedura da applicare in queste situazioni tipo, è codificata anch'essa nell'Allegato 5 della D.G.R. n. 8/7374 del 28/5/2008; si tratta di una procedura semplificata che prevede l'impiego di abachi di riferimento e richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle V_s con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento.

Attualmente sono disponibili:

- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- una scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.

Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità; in particolare si deve verificare l'andamento delle V_s con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di V_s inferiori ai 600 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

Nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si possono utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di V_s con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s (curva 1, curva 2 e curva 3 e relative formule) e nell'intervallo 0.5-1.5 s (unica curva e relativa formula), in base al valore del periodo proprio del sito T^1 .

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

ove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello.

Il valore di F_a determinato deve essere approssimato alla prima cifra decimale e deve essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zona 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia, rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

¹ Nel caso il valore di V_s dello strato superficiale risulta pari o superiore ad 800 m/s non si applica la procedura semplificata per la valutazione del F_a in quanto l'amplificazione litologica attesa è nulla ($F_a=1.0$).

Si possono presentare quindi due situazioni:

- **il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente:** la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- **il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente:** la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello), o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:
 - anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di V_s , utilizzati nella procedura di 2° livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo il seguente schema:

<i>Dati</i>	<i>Attendibilità</i>	<i>Tipologia</i>
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (V_s)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

6.4 Approccio metodologico

Dei tre livelli procedurali previsti dalla DGR n.8/7374, l'unico che non ha posto particolari problemi per la sua applicazione è il primo (redazione carta della Pericolosità Sismica Locale, cfr. par. 6.5.1), in quanto la sua applicazione si è basata essenzialmente sui dati acquisiti nel corso della Fase di Analisi e di Valutazione del presente studio.

Il 2° livello invece, pur facendo riferimento ad una procedura standardizzata, richiede una serie di parametri, in particolare la conoscenza di un adeguato modello geofisico del sottosuolo, che è

raramente disponibile come dato di partenza, e che pertanto condiziona pesantemente l'applicabilità del metodo.

Per quanto concerne il 3° livello infine, quest'ultimo sarebbe stato obbligatorio solo in fase progettuale, per le zone passibili di amplificazione sismica superiori a un valore di riferimento. Tuttavia, per ovviare alla mancanza di informazioni di base adeguate all'applicazione della procedura del livello 2°, nel corso di questo lavoro si è anche fatto uso di tecniche geofisiche strumentali, procedendo di fatto anche all'applicazione della procedura di terzo livello, per buona parte del tessuto edificato del territorio comunale.

L'utilizzo di queste tecniche geofisiche strumentali ha consentito quindi da un lato, di fornire dati di input più affidabili per l'applicazione della procedura di 2° livello, e dall'altro ha consentito di ottenere tutta una serie di informazioni, in particolare sulle frequenze di risonanza fondamentale dei siti investigati, il cui uso potrà essere particolarmente utile, in fase progettuale, agli ingegneri strutturisti che intendano verificare l'interazione dal punto di vista sismico del sistema terreno-edificio. La frequenza principale di risonanza del sottosuolo, costituisce infatti il parametro fondamentale per gli ingegneri, i quali devono assolutamente evitare i fenomeni di **doppia risonanza**, (coincidenza delle frequenze di vibrazione proprie del sottosuolo con quelle degli edifici), che costituiscono la vera causa delle distruzioni causate da un terremoto.

Operativamente, per ciascuna delle situazioni corrispondenti agli edifici considerati del comune di Fiorano al Serio, si sono effettuate delle indagini sismiche passive mediante tecnica HVSR (cfr. Allegato A), che hanno consentito di verificare le condizioni richieste dalla normativa vigente e di ricostruire adeguati modelli stratigrafici e geofisici del sottosuolo, che a loro volta hanno consentito l'applicazione della procedura standardizzata prevista.

Le misure a stazione singola del tremore sismico consentono infatti, attraverso l'analisi dei rapporti spettrali, di ricavare direttamente la frequenza (F) fondamentale di risonanza del sottosuolo, immediatamente correlabile al periodo (T) di oscillazione proprio del sito ($T = 1/F$), senza la necessità di ricorrere all'impiego di correlazioni empiriche come quella citata al paragrafo 6.3.3.

La frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo è inoltre un parametro la cui correlazione con gli effetti di sito è ben più significativa di quella del V_{s30} , che viene richiesto a livello della normativa nazionale. Inoltre, le misure di microtremore a stazione singola, opportunamente invertite, permettono anche di stimare in maniera rapida sia la stratigrafia superficiale che il

V_{s30}, e di ricostruire un modello geofisico del sottosuolo, che può essere utilizzato per la valutazione degli effetti sismici di sito, come previsto dalla DGR n.8/7374.

6.4.1 Attendibilità dei dati di input

Tenuto conto che i dati in ingresso, sia stratigrafici che geofisici, sono stati acquisiti per mezzo di prove dirette di sismica passiva, ne consegue che il livello di attendibilità dei dati utilizzati per l'espletamento della procedura di 2° livello, possa essere considerato "Alto".

6.5 RISULTATI DELL'APPLICAZIONE DELLE PROCEDURE

6.5.1 Applicazione procedura di 1° LIVELLO: Carta della pericolosità sismica locale

La redazione della Carta della PSL (Tav. 8) è stata effettuata sulla base dei contenuti di alcuni dei tematismi prodotti nell'ambito del presente studio geologico, integrati dai risultati delle elaborazioni morfologiche condotte sul territorio comunale.

Gli scenari sismici (cfr. fig. seguente) legati agli effetti di instabilità e di cedimento sono stati desunti principalmente dalla carta geomorfologica, mentre quelli riferibili agli effetti di amplificazione litologica sono stati ricavati principalmente dalla carta litologica.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) Zone con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

La carta della PSL individua anche alcune tipologie di potenziali scenari di amplificazione sismica, legati a particolari situazioni morfologiche, come le zone di ciglio (es. scarpate con pareti subverticali), con H > 10 m, e le creste rocciose e/o i cocuzzoli appuntiti o arrotondati.

La Tav. 7 riporta la rappresentazione della curvatura dei versanti ricavata a partire da un modello digitale del terreno, dal quale sono state ricavate le linee rappresentative delle creste e delle scarpate presenti sul territorio.

Il risultato delle elaborazioni effettuate consiste in un tematismo poligonale, in cui ciascun poligono è stato codificato secondo gli scenari di amplificazione sismica potenziale riconosciuti.

Per quanto concerne invece gli elementi lineari (scenari di amplificazione topografica) questi sono stati semplicemente sovrapposti alla carta degli elementi areali con la relativa codifica (Z3a o Z3b).

6.5.1.1 Note illustrative alla carta della PSL

Per agevolare l'impiego della carta della pericolosità sismica locale ai pianificatori ed agli Amministratori, in considerazione del fatto che la carta della PSL è un documento assai tecnico, le cui implicazioni possono facilmente sfuggire o venire sottovalutate, valgano le seguenti note esplicative.

- ❖ La carta della PSL effettua una zonazione qualitativa del territorio sulla base di diversi scenari di rischio sismico, associati alle più comuni situazioni geomorfologiche, morfologiche o litologiche che si possono riscontrare in natura. Gli scenari considerati sono illustrati nella tabella seguente:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) Zone con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

- ❖ Gli scenari vengono individuati sulla base dei tematismi geologici di base

- ❖ **Le zone che ricadono nelle categorie di tipo Z1 (fenomeni di instabilità) e Z2 (fenomeni di cedimento o liquefazione), sono obbligatoriamente assoggettate, in fase di progettazione, all'esecuzione di studi specifici (terzo livello). Pertanto queste aree vengono normalmente escluse dall'analisi di secondo livello, in quanto si rimanda ai risultati di studi di maggior dettaglio che richiedono di volta in volta l'impiego di strumentazione di tipo geotecnico, geofisico, modellazione numerica ecc.**
- ❖ Le zone codificate dalla carta della PSL come di tipo Z3 (potenziale amplificazione morfologica) e Z4 (potenziale amplificazione litologica), sono state assoggettate in questo studio all'esecuzione delle procedure di 2° livello, per valutare mediante procedure semplificate semiquantitative, il grado di protezione che la normativa sismica nazionale può garantire nei confronti dei fenomeni di amplificazione sismica locale.
- ❖ Le procedure di secondo livello si applicano esclusivamente quando si dimostra che per i potenziali scenari Z3 e Z4 riconosciuti e giudicati di interesse, sono rispettate le condizioni di base richieste dal metodo. Ogni situazione deve venire quindi validata e solo quelle che superano la fase di validazione vengono sottoposte ad analisi.

L'esame della carta della PSL del comune di Fiorano al Serio consente di evidenziare soprattutto i seguenti elementi:

1. Il 37,18% del territorio ricade in scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità legati alla presenza di fenomeni franosi attivi, quiescenti o stabilizzati o potenzialmente franosi (classi Z1a, Z1b e Z1c); tutte queste aree sono automaticamente assoggettate agli studi di 3° livello da effettuare in fase di progettazione, pertanto per queste aree non sono stati condotti studi di 2° livello.
2. Meno dell'1% ricade in scenari di pericolosità sismica caratterizzati da fenomeni come Cedimenti e/o liquefazioni, in quanto classificati come terreni potenzialmente scadenti dal punto di vista geotecnico (Z2).
3. Il 62% circa ricade in scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da possibili effetti di amplificazione litologica (Classi Z4a, Z4b e Z4d).
4. Infine sono state individuate scenari suscettibili di amplificazione topografica (Z3a e Z3b) per uno sviluppo lineare complessivo pari a poco più di 1,75 Km.

6.5.2 Applicazione procedura di 2° LIVELLO: effetti di amplificazione sismica di sito

6.5.2.1 Amplificazione morfologica

La carta della PSL del comune di Fiorano al Serio (Tav. 8), individua diverse zone teoricamente suscettibili di effetti di amplificazione morfologica.

Lo scenario Z3b (Creste rocciosa e/o Cocuzzolo) è riconoscibile in corrispondenza del crinale che costituisce lo spartiacque tra Val Seriana e Val Vertova. Lo scenario Z3a (scarpate) è riconoscibile lungo il ciglio della scarpata di raccordo tra pianalto e fondovalle e in prossimità di una scarpata di dimensioni minori a monte della località di San Fermo.

Al fine di analizzare gli eventuali effetti di amplificazione topografica in corrispondenza di questi elementi sono state individuate le tracce planimetriche di 12 sezioni in corrispondenza delle situazioni ritenute più significative (Tav. 8).

Successivamente si è proceduto al tracciamento delle relative sezioni topografiche, derivando le quote dal DTM con pixel 4 metri realizzato ex novo a partire dal fotogrammetrico 3d in scala 1:2000.

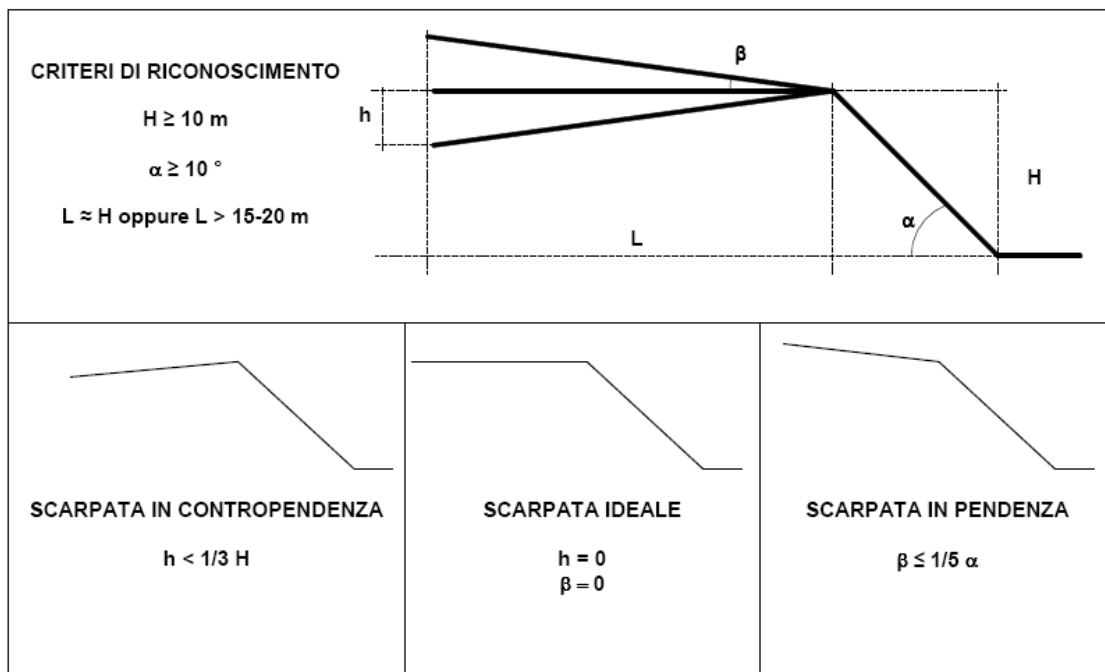
Le sezioni così realizzate, unitamente ai parametri morfometrici utilizzati come criteri di riconoscimento, sono riportate in Appendice 2.

La metodologia prevista dalla normativa vigente, Allegato 5 alla D.G.R. n.8/7374 del 28-5-2008, prevede la stima del Fattore di amplificazione F_a attraverso l'impiego di una serie di abachi che riconoscono una serie di criteri morfologici dei diversi scenari di rischio.

Si evidenzia che la metodologia in questione vale solo per gli edifici a struttura relativamente rigida, a pianta larga, e altezza fino a 5-6 piani con frequenze di vibrazione caratteristiche comprese tra 0.1-0.5 sec.

Per gli edifici a sviluppo prevalentemente verticale, indicativamente superiori ai 5-6 piani, la normativa impone il passaggio diretto alle analisi di 3° livello in fase di progettazione edilizia.

Per le sezioni da 1 a 10 lo scenario di riferimento è quello delle scarpate (Z3a) i cui criteri di riconoscimento sono riportati in Figura 5.



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0,1-0,5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Figura 5: Criteri di riconoscimento delle scarpate

Si evidenzia che solo la sezione 9 non rispetta i criteri di riconoscimento delle scarpate e quindi tale situazione è stata esclusa dall'applicazione della procedura. Tutte le altre situazioni rispettano i criteri di morfologici di riconoscimento e quindi, per ciascuna di queste, si è proceduto all'applicazione della procedura prevista, con la stima del fattore di amplificazione Fa , e della relativa area di influenza. I risultati sono riportati nella Tabella 2.

Per le sezioni 11 e 12 lo scenario di riferimento è risultato quello delle creste appuntite, i cui criteri di riconoscimento sono riportati in Figura 6.

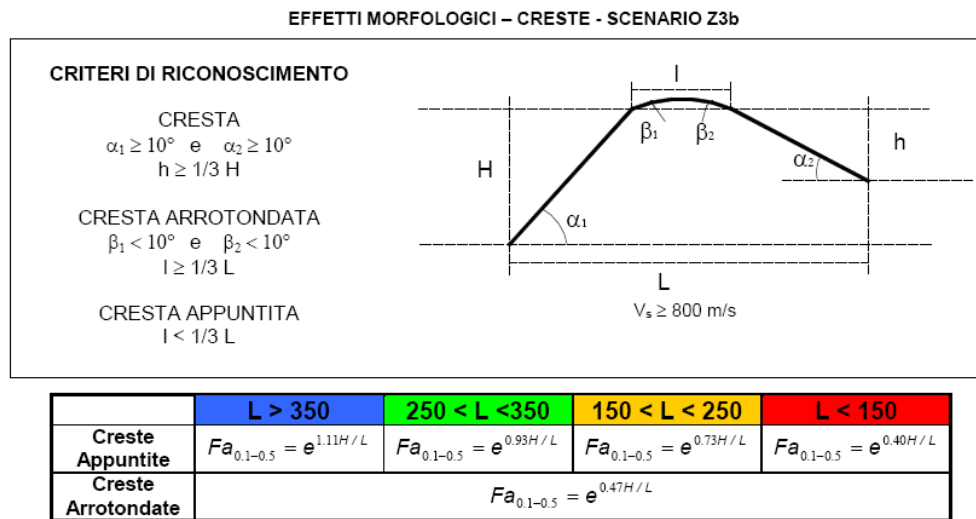


Figura 6: Criteri di riconoscimento dello scenario di cresta e/o cocuzzolo

In particolare si evidenzia come gli angoli alla base dei versanti (α_1 e α_2) siano costantemente superiori a 10° e la larghezza in cresta (l) sia inferiore ad un $1/3$ della larghezza alla base del rilievo (L).

Si evidenzia inoltre che poiché il valore di L è superiore ai 350 m, la curva di riferimento per la stima del fattore di amplificazione Fa , è quella di colore blu riportata nella figura seguente.

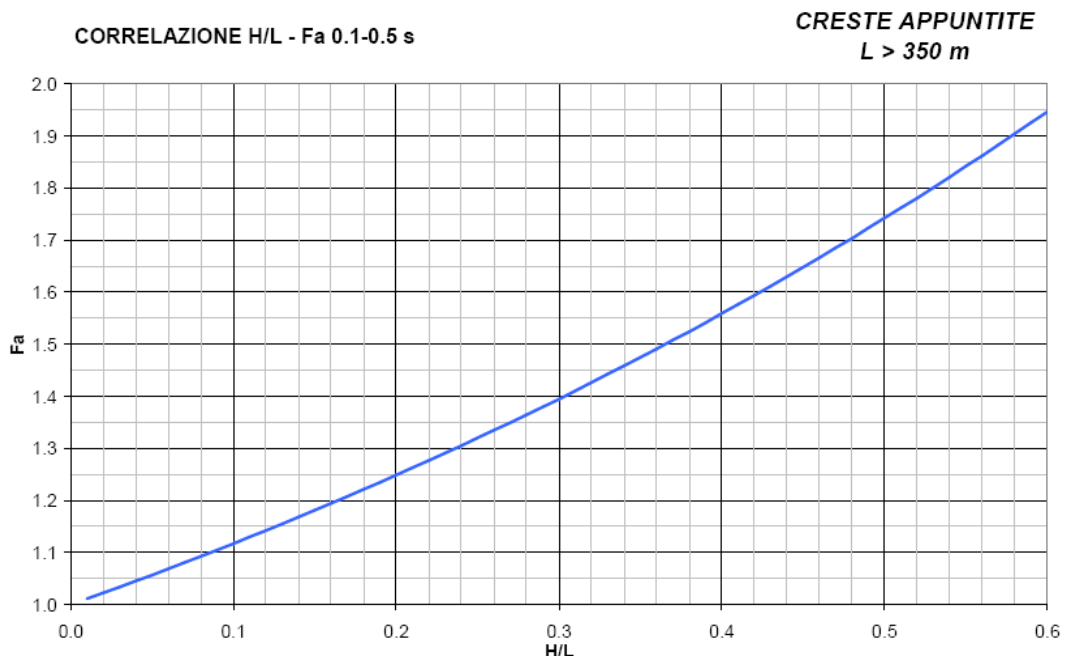


Figura 7: curva per la stima di Fa sulla base del rapporto H/L per gli scenari individuati nel presente studio

Nella tabella seguente si riportano le stime del fattore di amplificazione topografico F_a ed i risultati del confronto con il parametro “ S_t ” desunto dalle Norme Tecniche per le costruzioni.



Per gli scenari Z3a (scarpate) il valore di F_a stimato viene associato al ciglio del fronte principale e scalato linearmente fino al valore unitario sia all’interno del fronte superiore per una distanza pari all’area di influenza che sul fronte principale fino alla base della scarpata.

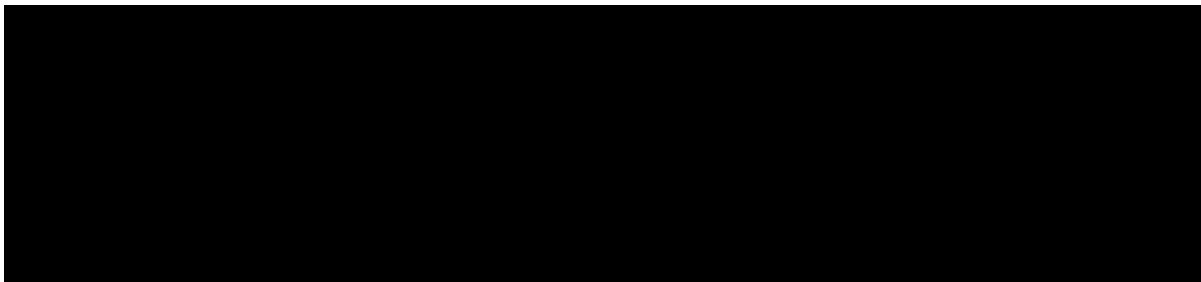


Tabella 2: Stima del Fattore di amplificazione F_a per gli scenari di tipo Z3

Per gli scenari Z3b (creste) il valore di F_a stimato viene assegnato all’area corrispondente alla larghezza di cresta (l) e viene scalato linearmente fino al valore unitario, alla base del versante.

6.5.3 Amplificazione litologica

La procedura prevista dalla Regione Lombardia per valutare gli effetti di amplificazione di sito legati a problematiche di tipo litologico prevede l’impiego di abachi semplificati che richiedono una procedura di validazione dei dati di ingresso e quindi la stima del fattore di amplificazione da confrontare con un parametro di analogo significato tabulato per ciascun comune, in relazione al diverso range di oscillazione caratteristico (0.1-0.5 s e 0.5 1.5 s) ed in relazione alle diverse categorie di suolo (B, C, D ed E).

I parametri di input per l'applicazione della procedura di 2° livello sono stati ricavati con l'approccio seguente:

1. **Definizione di un modello geofisico del sottosuolo** mediante inversione delle curve HVSR rilevate in sito e le cui registrazioni ed elaborazioni sono riportate nell'allegato A;
2. **Calcolo della Vs30 in ciascuna situazione esaminata,** e conseguente individuazione della categoria di suolo di riferimento ai sensi del D.M. 14-1-2008 sulla base dello schema seguente.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

3. **Individuazione della frequenza di risonanza fondamentale del sottosuolo,** attraverso il riconoscimento dei picchi HVSR maggiormente significativi che scaturiscono dalle registrazioni;
4. **Individuazione del periodo di oscillazione caratteristico del sottosuolo,** calcolato come inverso della frequenza fondamentale di risonanza; in alcuni casi, quando quest'ultima era manifestamente alta, corrispondente a discontinuità stratigrafiche assai superficiali e pertanto di scarso interesse ingegneristico, si sono utilizzate frequenze inferiori, in corrispondenza di picchi di risonanza secondari, meno pronunciati dei primi ma con ogni probabilità più significativi.
5. **Individuazione dello spessore dello strato superficiale a bassa velocità sismica (Vs)** al di sopra dell'orizzonte individuabile come bedrock sismico. Si sottolinea che quest'ultimo non corrisponde necessariamente al substrato roccioso litologico ma deve essere interpretato

piuttosto come “bedrock like” in quanto presenta un comportamento sismico paragonabile al substrato roccioso litologico (evidenziato da significativi contrasti di velocità sismica) senza che si verifichi il passaggio a quest’ultimo.

L’esame comparato dei risultati delle prove geofisiche (cfr. allegato A), tende a differenziare nettamente la prova effettuata sul pianalto (T01) rispetto a quelle effettuate sul fondovalle.

Nel primo caso la frequenza di oscillazione naturale si colloca a meno di 5 Hz, corrispondenti ad una discontinuità sismica principale ubicata a circa 28 metri dal P.C.

In tutti gli altri casi invece si osservano frequenze principali intorno agli 8-10 Hz con un massimo di 11,78 nella zona del centro sociale vicino al municipio e corrispondenti a discontinuità sismiche comprese tra i 3,8 e i 9,2 metri. La prova T03 caratterizzata da valori piuttosto elevati di frequenza (11,78 Hz) evidenzia tuttavia una discontinuità sismica particolarmente pronunciata ad una profondità di circa 8.9 m, tra le maggiori riscontrate e corrispondente con ogni probabilità al contatto con il substrato roccioso.

La tabella seguente riassume i parametri più significativi che scaturiscono dalle prove di sismica passiva effettuate e che sono stati impiegati nell’utilizzo delle schede di valutazione litologica.

SIGLA	UBICAZIONE	F [Hz]	T =1/F [s]	V _{S30} [m/s]	Categoria suolo
T01	S.Fermo	4,78	0,21	419	B
T02	Carabinieri	8,00	0,13	553	B
T03	Centro sociale	11,78	0,08	551	B
T04	Chiesa S.Giorgio	9,03	0,11	393	B
T05	Oratorio/Ist. Merici	10,00	0,10	448	B
T06	Oratorio Semonte	8,30	0,12	395	B
T07	Tessival	9,69	0,10	479	B

Tabella 3: Parametri caratteristici desumibili dall'interpretazione delle curve HV

Si evidenzia che la categoria di suolo è stata determinata sulla base del V_{S30} scaturita dalle indagini geofisiche confrontata con i valori di riferimento della tabella 3.2.II delle Norme Tecniche sulle Costruzioni.

In tutti i casi esaminati la categoria di suolo risultante è stata la B.

A partire dai dati di ingresso sopra riportati si è proceduto preliminarmente alla validazione delle condizioni di base imposte dalla procedura prevista dalla normativa, (cfr Allegato n. 5 della D.G.R. n. 8/7374 del 28/5/2008) e successivamente al calcolo del fattore di amplificazione Fa

utilizzando le equazioni di correlazione Fa-T piuttosto che la lettura diretta degli abachi di riferimento.

Il valore di Fa stimato (tenuto conto di una variabilità di + 0.1) è stato infine confrontato con il parametro di analogo significato, tabulato per il comune di Fiorano al Serio in funzione degli intervalli di oscillazione caratteristici e in funzione delle diverse categorie di suolo.

Intervallo di oscillazione (s)	Valori soglia			
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1,4	1,9	2,2	2,0
0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

Tabella 4: valori di soglia tabulati per il comune di Fiorano al Serio per le diverse categorie di suolo

Tutte le verifiche e le elaborazioni dei dati sono state effettuate con l'impiego di un foglio di calcolo appositamente predisposto per semplificare le varie fasi di lavoro. Ciò ha consentito anche di semplificare la restituzione dei dati, che è stata effettuata utilizzando schemi riassuntivi piuttosto che un approccio individuale a ciascuna situazione.

Nella tabella seguente si riassumono i parametri caratteristici per la stima del fattore di amplificazione Fa, che scaturiscono dall'impiego della schede di valutazione.

SIGLA	UBICAZIONE	EFFETTI LITOLOGICI			H 1° strato [m]	Vs 1° strato [m/s]
		scheda riferimento	Tipo	Curva		
T01	S.Fermo	LIMOSO-SABBIOSA	2	3	28.1	411
T02	Carabinieri	GHIAIOSA	1	3	9.2	396
T03	Centro sociale	GHIAIOSA	1	3	8.9	342
T04	Chiesa S.Giorgio	GHIAIOSA	1	2	6.4	213
T05	Oratorio/Ist. Merici	GHIAIOSA	1	1	3.8	201
T06	Oratorio Semonte	GHIAIOSA	1	2	5.3	192
T07	Tessival	LIMOSO-SABBIOSA	1	3	13.4	359

Tabella 5: Riassunto dell'applicazione delle schede di valutazione litologica

Per quanto concerne la determinazione dello spessore del 1° strato e quindi della relativa Vs, ci si è basati essenzialmente sul riconoscimento del maggior contrasto di velocità rilevato al passaggio tra i diversi strati del modello geofisico del sottosuolo che scaturisce dall'interpretazione della curva HVSR delle prove di sismica passiva. Quello che è stato rilevato quindi è il contrasto di velocità con il "bedrock like" che non coincide necessariamente con il vero substrato roccioso.

6.5.4 Procedura di 2° livello – utilizzo delle schede di valutazione litologica

I valori soglia tabulati dalla R.L. con la D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008 sono illustrati, in relazione ai diversi intervalli del periodo di oscillazione caratteristico dei siti, ed in relazione alle diverse categorie di suolo in Tabella 4.

Nel seguito si riportano, per ciascuna situazione di amplificazione litologica esaminata, i risultati del confronto tra F_a stimato e F_a di riferimento con l'indicazione finale del livello di protezione (sufficiente o insufficiente) nei confronti dei fenomeni di amplificazione sismica locale garantita dalla normativa vigente.

Sigla	Ubicazione	F [Hz]	T =1/F	valori di F_a stimati		Fa (con variabilità +0.1)		DATI NORMATIVA DI RIFERIMENTO (da D.M. 14/01/2008)			Valutazione rispetto alla Normativa sismica	
				0.1<T<0.5	0.5 <T<1.5	0.1<T<0.5	0.5 <T<1.5	Categoria suolo	Valori F_a soglia		Valori di Fa	
									0.1<T<0.5	0.5 <T<1.5	0.1<T<0.5	0.5 <T<1.5
T01	S.Fermo	4,78	0,21	1,6	1,2	1,7	1,3	B	1,4	1,7	insufficiente	sufficiente
T02	Carabinieri	8	0,13	1,2	1,0	1,3	1,1	B	1,4	1,7	sufficiente	sufficiente
T03	Centro sociale	11,8	0,08	1,1	1,0	1,2	1,1	B	1,4	1,7	sufficiente	sufficiente
T04	Chiesa S.Giorgio	9,03	0,11	1,3	1,0	1,4	1,1	B	1,4	1,7	sufficiente	sufficiente
T05	Oratorio/Ist. Merici	10	0,10	1,4	1,0	1,5	1,1	B	1,4	1,7	insufficiente	sufficiente
T06	Oratorio Semonte	8,3	0,12	1,3	1,0	1,4	1,1	B	1,4	1,7	sufficiente	sufficiente
T07	Tessival	9,69	0,10	1,2	1,0	1,3	1,1	B	1,4	1,7	sufficiente	sufficiente

Nel primo caso la normativa nazionale di riferimento è sufficiente a tenere in considerazione anche gli effetti di amplificazione litologica di sito, e quindi si progetta con la categoria di suolo tipica del sito.

Nel secondo invece la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello), o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Nel caso delle situazioni esaminate si evidenzia che, per il periodo di oscillazione caratteristico T (0.1-0.5 s), si sono registrate 2 situazioni su 7 in cui gli effetti di

amplificazione sismica locale, sono superiori a quelli previsti dall'applicazione della normativa nazionale.

La prima delle situazioni verificate come “insufficienti” riguarda il terrazzo di San Fermo ed è l'unica che è stata esaminata per il pianalto. Nonostante ciò questa registrazione è ritenuta rappresentativa della maggior parte del pianalto stesso e deve essere considerata con particolare attenzione. Il presente studio evidenzia per quest'area la presenza di un considerevole spessore di depositi superficiali (28 m circa) a basse velocità sismiche su di un substrato roccioso nettamente più veloce, ciò che costituisce la condizione classica per i fenomeni di amplificazione sismica di tipo litologico.

La seconda situazione verificata come “insufficiente” riguarda la zona in prossimità dell'oratorio di Fiorano e Istituto Merici. Tale situazione è l'unica tra le sei effettuate nella zona di fondovalle che ha fornito questo risultato. La ragione di questo comportamento è probabilmente da mettere in relazione alla bassa velocità del primo strato che caratterizza questa situazione e che ha comportato la scelta della curva di correlazione peggiori tra quelle disponibili.

Questa situazione tuttavia evidenzia anche un altro aspetto e cioè il ridotto spessore del primo strato sismico (3.8 metri) ciò che fa ritenere che solo gli edifici caratterizzati da fondazioni molto superficiali possano risentire in qualche modo di effetti di amplificazione litologica, mentre quelli con fondazioni più profonde ne risentirebbero in misura sensibilmente inferiore.

Alla luce dei risultati ottenuti si ritiene che, per la zona di fondovalle, gli eventuali effetti di amplificazione litologica di sito, non costituiscano la norma ma piuttosto l'eccezione.

Generalizzando le indicazioni che scaturiscono dal confronto tra F_a stimato e F_a di riferimento si consiglia:

- per la zona del pianalto di San Fermo, in presenza di suoli di categoria B, l'esecuzione o di studi di 3° livello oppure l'utilizzo sistematico degli spettri di progetto della categoria di suolo C.
- per la zona di fondovalle, in presenza di suoli di categoria B, si consiglia un approfondimento di indagini volto ad accertare l'eventuale criticità rappresentata da uno spessore significativo di depositi superficiali a bassa velocità, soprattutto in presenza di fondazioni superficiali. Se tali condizioni non fossero riscontrate si potrà progettare con lo spettro di riferimento della

rispettiva categoria di suolo, in caso contrario si consiglia l'impiego degli spettri di progetto della categoria C.

Per il periodo di oscillazione $T = 0.5-1.5$ sec invece, l'applicazione della procedura di secondo livello indica che l'impiego della Normativa Sismica Nazionale è sufficiente a tenere in considerazione anche gli eventuali effetti di amplificazione di sito.

I valori di F_a stimati relativi agli effetti litologici, sono riportati nella Tav. 9 in maniera essenzialmente puntuale.

In Tavv. 10, per le zone Z3 e Z4 sottoposte a procedura di 2° livello, sono state sovrapposte alla carta di fattibilità, le zone per i quali il valore di F_a stimato risulta superiore al valore di soglia di riferimento.

6.5.5 Correlazione tra altezza degli edifici e le frequenze di risonanza più dannose alla sua stabilità

Se si considera una relazione tipica tra altezza di un edificio in cemento armato e il suo periodo di risonanza con i relativi intervalli di confidenza², è possibile rappresentare in un grafico come quello di Figura 8, la relazione tra frequenza di risonanza del sito e l'altezza dell'edificio con analoghe frequenze di vibrazione.

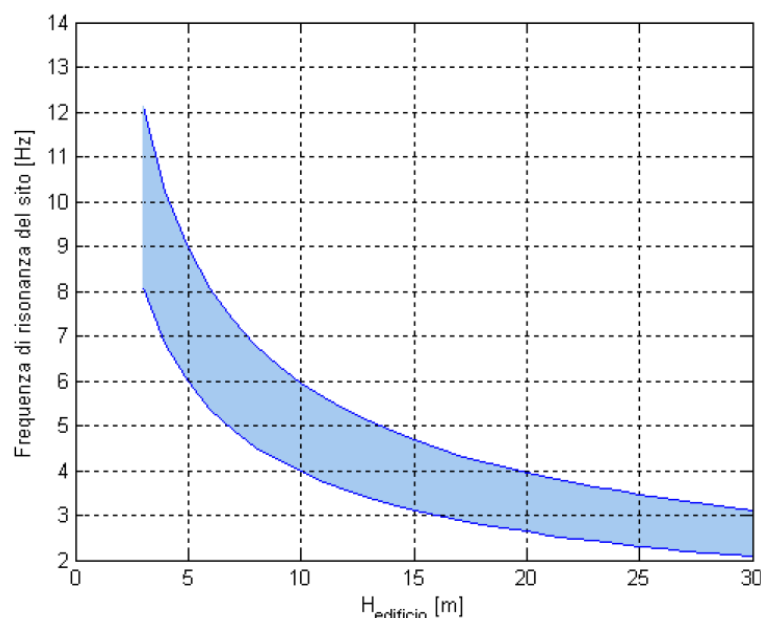


Figura 8: Relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza del sito investigato: la zona in blu indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza.

² Sebbene il periodo di risonanza di una struttura dipenda da molti fattori (altezza, rapporto altezza/base, materiali di costruzione ecc.), l'altezza è il fattore che pesa maggiormente.

L'area blu indica la zona in cui la coincidenza delle frequenze di risonanza (sito ed edificio) produce effetti di amplificazione che devono essere attentamente valutati perché sono proprio questi fenomeni a incidere pesantemente sulla stabilità degli edifici.

Dato che per la zona di San Fermo le frequenze di risonanza del sottosuolo sono inferiori ai 5 Hz, ne deriva che l'altezza degli edifici che maggiormente possono risentire degli effetti di doppia risonanza, sono quelli con altezze comprese tra i 7 e i 13 metri dal piano delle fondazioni, condizione che dovrebbe essere relativamente frequente.

Per la zona di fondovalle invece, poiché le frequenze di risonanza sono sensibilmente superiori (8-12 Hz), eventuali fenomeni di doppia risonanza potrebbero interessare solo edifici con altezze teoriche di 3-7 metri sul piano delle fondazioni, condizione che pare alquanto improbabile per la struttura delle abitazioni più tipiche.

7. FASE DI PROPOSTA

La fase di proposta è stata attuata attraverso la redazione della carta di fattibilità geologica delle azioni di piano e delle norme geologiche di piano. Alle classi di fattibilità individuate sono stati sovrapposti gli ambiti ad amplificazione sismica locale (cfr. Tav.9), che non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma ai quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del P.G.T.

La fase di proposta ha comportato inoltre la redazione della “*Carta del dissesto idrogeologico con legenda uniformata a quella del PAI*” elaborata al fine di aggiornare l’elaborato 2 del PAI stesso.

7.1 Fattibilità geologica per le azioni di piano

La carta di fattibilità è stata redatta alla scala di piano (1:2.000) su tutto il territorio comunale (Tav. 10), desumendola dalle carte di sintesi e dei vincoli.

La carta di fattibilità fornisce indicazioni in merito alla pericolosità del territorio suggerendo indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d’uso dello stesso.

La carta deve essere utilizzata congiuntamente alle «Norme Geologiche di Piano» (cfr. 7.2) che ne riportano la relativa normativa d’uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di protezione civile).

L’attribuzione della classe di fattibilità è scaturita dall’applicazione delle due fasi seguenti:

- nella prima fase, è stata attribuita una classe di ingresso a ciascun poligono della carta di sintesi, in base ai fattori di pericolosità/vulnerabilità riconosciuti, sulla base della Tabella 1 della D.G.R n. 8/7374;
- successivamente il valore è stato modificato in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito.

Le diverse classi di fattibilità, sono state suddivise ulteriormente sulla base delle problematiche individuate sul territorio comunale ed in particolare delle aree pericolose dal punto di vista dell’instabilità dei versanti (V) ed aree vulnerabili dal punto di vista idrologico (I).

Per quanto concerne il tracciamento sulla carta della fattibilità delle diverse zone di pericolosità sismica locale individuate valgono le seguenti considerazioni.

La D.G.R. n. 8/7374 è in parte contraddittoria al riguardo in quanto:

1. nel paragrafo 1.4.3 si asserisce la necessità di *“riportare con appositi retini trasparenti le aree a pericolosità sismica locale individuate, distinguendo tra quelle con Fa maggiore al valore di soglia da quelle con Fa minore”* e con la necessità di fornire *“indicazioni anche in merito alle zone da assoggettare in fase di progettazione agli studi di terzo livello”*. In questo caso sembrerebbe quindi che si debbano riportare sulla carta della fattibilità tutti i diversi scenari di rischio individuati distinguendoli ulteriormente tra quelli con Fa maggiore o minore al valore di soglia.
2. Nel paragrafo 3.1 invece si asserisce che *“Al mosaico della fattibilità devono essere sovrapposte, con apposito retino trasparente, le aree soggette ad amplificazione sismica locale desunte dalla carta di pericolosità sismica locale costruita secondo le modalità descritte nel paragrafo «Analisi della sismicità del territorio e carta della pericolosità sismica locale»*. In questo caso invece sembrerebbe che si debbano riportare solo le aree soggette ad amplificazione sismica locale che scaturiscono dall’applicazione delle procedure di valutazione e che normalmente costituiscono una parte dell’insieme dei possibili scenari di rischio.

Tenuto conto che la carta della fattibilità è graficamente già complessa in quanto oltre alla base cartografica rappresentata dal fotogrammetrico si impiegano differenti colori, e diversi retini per distinguere le sottoclassi, ci è sembrato improponibile seguire le indicazioni di cui al precedente punto 1 perché il risultato sarebbe stato del tutto illeggibile; pertanto si è preferito adottare le indicazioni di cui al punto 2.

Si sottolinea che dal punto di vista cartografico, le aree per le quali vengono definite norme di piano, sono presenti sia nella Carta della PSL che nella Carta della Fattibilità e che pertanto questi due elaborati vanno letti sempre congiuntamente anche se le relative prescrizioni hanno un significato diverso.

7.2 Norme geologiche di Piano

Nel presente paragrafo vengono esplicitate le limitazioni d'uso e gli approfondimenti eventualmente richiesti per ciascuna classe di fattibilità geologica, per le diverse zone della carta della Pericolosità Sismica Locale e per le zone per le quali è stato verificato che il fattore di amplificazione locale F_a è superiore al valore di soglia di riferimento.

Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 2, 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (l.r. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38).

Si sottolinea che tali approfondimenti non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dalle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale.

7.2.1 Classe 1 (bianca) – Fattibilità senza particolari limitazioni:

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale. Nel territorio di Fiorano queste aree comprendono tutte le zone pianeggianti o subpianeggianti, senza particolari evidenze di dinamiche geomorfologiche attive o di limitazioni dal punto di vista geotecnico.

7.2.2 Classe 2 (gialla) – Fattibilità con modeste limitazioni:

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Sono state suddivise in due sottoclassi contraddistinte dalle lettere "V" e "I" rispettivamente per le problematiche legate alla stabilità dei versanti e alle condizioni idrauliche.

Le nuove costruzioni o gli interventi di ristrutturazione edilizia sono subordinati alla redazione di una relazione geologica redatta ai sensi delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui alla normativa nazionale vigente. Tale relazione dovrà evidenziare le possibili interferenze tra

caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area e l'opera di progetto come pure fornire indicazioni relative agli eventuali interventi di mitigazione delle problematiche evidenziate.

7.2.2.1 Classe 2/I

In questa classe sono state inserite le zone “Em proposte” nella Tav. 5, (Carta dei Vincoli), sulla base delle corrispondenze indicate nella Tab. 2 della D.G.R. n. 8/7374. Poiché queste zone sono esterne sia alla zona allagabile con $Tr=500$ anni ricavata dallo Studio di Fattibilità dell'Autorità di Bacino, sia al limite esterno del canale idroelettrico Albini, si ritiene che possano andare incontro a fenomeni di esondazione (pur con bassi tiranti e basse velocità), unicamente se si verificasse la concomitanza di più fattori negativi (ad es. il verificarsi di una piena più che catastrofica, accompagnata da fenomeni di sovralluvionamento e/o formazione di ostacoli imprevisi al deflusso in corrispondenza delle opere di presa o dei ponti situati più a monte).

Tabella 2: Correlazione tra classi di Pericolosità, classi di Fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI

<i>Pericolosità/rischio</i>	<i>Classi di fattibilità</i>	<i>Voci legenda PAI</i>
H1 su conoide	Classe 1/2 – senza o con modeste limitazioni	Cn – conoide protetta...
H2 su conoide	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Cn – conoide protetta...
H3 su conoide	Classe 3 – consistenti limitazioni	Cp – conoide parz. protetta ¹ Cn – conoide protetta...
H4 – H5 su conoide	Classe 4 – gravi limitazioni	Ca – conoide attiva non protetta
H1 per crolli, crolli in massa e scivolamenti	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Fs – frana stabilizzata
H2 per crolli e crolli in massa H2-H3 per scivolamenti	Classe 4/3 – gravi o consistenti limitazioni	Fq – frana quiescente ²
H3-H5 per crolli e crolli in massa H4-H5 per scivolamenti	Classe 4 – gravi limitazioni	Fa – frana attiva
R1-R2 per esondazione	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Em – pericolosità media o moderata di esondazione
R3 per esondazione	Classe 3 – consistenti limitazioni (con norma più restrittiva art. 9 comma 6)	Eb – pericolosità elevata di esondazione
R4 per esondazione	Classe 4 – gravi limitazioni	Ee – pericolosità molto elevata
Zona rossa	Classe 4 – gravi limitazioni	Ve, Vm – pericolosità molto elevata o media per valanga
Zona blu	Classe 3 – consistenti limitazioni	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all'Allegato 3

7.2.2.2 Classe 2/V

In questa classe sono state inserite due piccole aree. La prima, ubicata all'estremità Nord-Orientale del pianalto di San Fermo, è una zona a debole pendenza, per la quale non si segnalano particolari dinamiche geomorfologiche, ma sulle quali potrebbero innescarsi fenomeni di ruscellamento in grado di indurre erosioni localizzate in concomitanza con eventi meteorologici intensi. La seconda costituisce la zona prossimale del bordo della scarpata a Nord del pianalto, compresa tra le quote di 470 e 490 m s.l.m.. Anche questa zona è stata inserita in classe 2 a scopo precauzionale per la sua vicinanza con una zona a pendenza decisamente superiore e per la possibilità che eventuali costruzioni possano indurre sovraccarichi che possano innescare fenomeni locali di instabilità.

7.2.3 Classe 3 (arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni:

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità / vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

Le nuove costruzioni o gli interventi di ristrutturazione edilizia (ad eccezione della classe 3a/I), sono subordinati alla redazione di una relazione geologica redatta ai sensi delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui alla normativa nazionale vigente. Tale relazione dovrà evidenziare le possibili interferenze tra caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area e l'opera di progetto come pure fornire indicazioni relative agli eventuali interventi di mitigazione delle problematiche evidenziate.

Sono state suddivise nelle sottoclassi riportate ai paragrafi seguenti, in cui le lettere V e I indicano rispettivamente le problematiche relative alla stabilità dei versanti e quelle relative alle condizioni idrauliche.

7.2.3.1 Classe 3a/I

A questa classe sono state riferite tre distinte zone in prossimità del F. Serio, che sono state inserite nella classe Eb (Zona di elevata pericolosità di esondazione) di Tav. 5. Si tratta di zone che risultano esterne alla piena con $Tr=500$ anni, ma che sono comunque di stretta pertinenza fluviale. Sulla prima di queste zone insistono alcuni edifici che ospitano le strutture funzionali alla gestione e al controllo del canale Albini, sulla seconda area insiste un piccolo impianto

produttivo di frantumazione e stoccaggio di inerti con annessi uffici attualmente ospitati in un container, infine sulla terza area insiste la zona destinata a parco fluviale comunale (parco Boschina) con annesso un piccolo edificio prefabbricato, gestito da privati su concessione comunale, con funzioni di bar e servizi igienici per i visitatori del parco.

Nessuno degli edifici presenti riveste carattere residenziale o prevede la presenza continuativa di persone.

All'interno di queste aree non è consentita la realizzazione di nuovi edifici che rivestano carattere residenziale.

Viene anche esclusa la possibilità di realizzazione di nuovi edifici con finalità produttive ad eccezione di quelli legati alla gestione/controllo del canale Albini.

Per quanto concerne la zona centrale, che ospita gli uffici dell'impianto di frantumazione di inerti, sono consentiti esclusivamente la conservazione delle strutture esistenti, o la loro sostituzione con analoghe strutture prefabbricate, autoportanti, di modeste dimensioni, che al termine dell'attività in essere, possano essere agevolmente smantellate.

In caso di dismissione dell'attività produttiva che insiste su quest'area, si prevede esclusivamente il recupero della destinazione di ambito fluviale.

7.2.3.2 Classe 3b/I

Questa classe si riferisce ad una singola zona del pianalto di San Fermo, in corrispondenza di una depressione del terreno che è stata classificata come dolina. Per questa zona si dovranno verificare in particolar modo le interferenze con eventuali opere di progetto legate alla presenza di fenomeni di ristagno idrico, o di scarse caratteristiche geotecniche compresa la presenza di eventuali vuoti sotterranei.

Nella lettera di approvazione del presente studio geologico, da parte della Regione Lombardia, si richiede di valutare l'opportunità di inserimento di questa zona in classe 4.

Effettivamente, secondo la tab. 1 della D.G.R. 8/7374, per le aree classificabili come doline, che si associano spesso alle zone di ricarica delle sorgenti, è prevista come classe di ingresso, la classe di Fattibilità 4 a tutela della qualità delle acque sotteranee.

Nel caso in esame, vista la localizzazione di questo singolo elemento morfologico, tenuto conto che la zona in questione ben difficilmente possa essere ricondotta anche ad una sola ipotesi di

appartenenza ad una zona di ricarica idrogeologica, si ritiene di confermare la sua attribuzione alla presente classe.

7.2.3.3 Classe 3c/V

Comprende tutte le zone che sono state classificate nella Carta di Sintesi (Tav.6) come “Aree potenzialmente franose caratterizzate da terreni fini su pendii inclinati”. Sono zone dove non sono riconoscibili fenomeni di instabilità in atto, ma per le quali non si possono escludere fenomeni di prima attivazione di movimenti franosi. E’ presumibile che in questo caso vengano coinvolti principalmente i depositi superficiali soprattutto nelle zone a maggior spessore eluvio-colluviale, ma non si esclude la possibilità di coinvolgimento anche di porzioni più o meno rilevanti di substrato roccioso, specialmente se alterato o in assetto strutturale sfavorevole.

Per queste aree gli studi dovranno approfondire in particolare gli aspetti legati alla stabilità dei versanti, alle caratteristiche geotecniche dei terreni, all’assetto strutturale del substrato roccioso e alle sue caratteristiche geomeccaniche.

7.2.3.4 Classe 3d/V

In questa classe sono state inserite tutte le zone prossimali al ciglio superiore della scarpata di raccordo tra pianalto di San Fermo e fondovalle per una estensione di 10 metri. Si tratta di una zona che merita una particolare attenzione per due ordini di motivi ben precisi. In primo luogo per il fatto che tale ciglio è stato oggetto, anche in tempi recentissimi, di numerosi piccoli franamenti che hanno coinvolto principalmente le coperture eluvio colluviali, e in secondo luogo per il fatto che qualunque edificazione all’interno di questa fascia determina inevitabilmente sovraccarichi che possono tradursi in un peggioramento sensibile delle condizioni di stabilità del ciglio di scarpata. Per le ragioni sopra espresse, si sconsigliano calorosamente nuove edificazioni ad una distanza inferiore ai 10 metri dal ciglio della scarpata. Eventuali deroghe a questa indicazione dovranno essere supportate da una specifica indagine geologica che comprenda, tra l’altro una verifica della stabilità del pendio, sia in condizioni pseudostatiche che dinamiche. Va infatti evidenziato che le zone in prossimità del ciglio di scarpata sono soggette a potenziali fenomeni di amplificazione morfologica che possono peggiorare ulteriormente le condizioni di stabilità locali.

7.2.3.5 Classe 3e/V

Questa classe comprende due aree distinte, alla base dei tratti a maggiore acclività della scarpata a monte dell'abitato, e caratterizzati da crolli localizzati in roccia e da piccoli fenomeni franosi. Sono classificate come "Aree di attenzione" per la possibilità di coinvolgimento degli edifici da parte dei movimenti franosi che dovessero verificarsi in corrispondenza della scarpata. In via precauzionale tali aree sono state estese verso valle, in misura maggiore di quanto riportato nella carta di sintesi, dove si è cercato di delimitare nel dettaglio la zona di risentimento sulla base dello stato attuale delle conoscenze.

La presenza di interventi di protezione consistenti in reti paramassi e in aderenza dovrebbe aver mitigato sensibilmente lo stato di rischio a monte di Via Giardini anche se lo stato della vegetazione arbustiva presente, consiglierebbe a distanza di parecchi anni dalla loro messa a dimora, un controllo della efficienza dell'opera.

La stessa cosa non si può dire per la zona a monte di Via Cedrali dove le pendenze relativamente elevate, e la mancanza di protezioni, potrebbero consentire a qualche masso isolato di giungere fino alla base del pendio coinvolgendo la strada e le sottostanti abitazioni. Il rischio è più marcato per le abitazioni dei civici 1 e 3 che, originariamente inserite nella presente classe, sono state successivamente trasferite alla classe 4c/V, su esplicita richiesta degli uffici regionali competenti, in attesa che approfondimenti ulteriori con definizione di eventuali interventi di mitigazione, consentano una loro riclassificazione in una classe di fattibilità meno restrittiva.

Per i civici successivi al numero 3, si è rilevata la presenza, tra le abitazioni e la scarpata rocciosa, di un piccolo pianoro quasi certamente artificiale, adibito prevalentemente ad orti e frutteto. Nel corso del rilievo si è potuto verificare che gli occasionali sassi franati, essenzialmente di piccole dimensioni, tendono ad arrestarsi al raccordo tra scarpata e pianoro, perdendo completamente la loro energia senza interessare le sottostanti abitazioni. Per tale ragione si è ritenuto di dovere estendere in via precauzionale il limite della classe 4 verso valle, ricomprendendo in essa il pianoro di cui sopra, senza tuttavia giungere ad interessare le sottostanti abitazioni che sembrano occupare una posizione relativamente più protetta.

Si evidenzia comunque che per tutta la zona di scarpata sovrastante le vie Giardini e Cedrali è in corso, da parte degli scriventi, uno studio di approfondimento che si pone tra gli obiettivi quello di valutare puntualmente l'efficienza degli interventi di sistemazione effettuati in passato, la

perimetrazione di dettaglio delle aree a rischio e infine la definizione e la quantificazione degli interventi di mitigazione necessari.

I risultati di questo studio saranno utilizzati per ridefinire nel dettaglio i limiti delle diverse classi di fattibilità geologica.

7.2.4 Classe 4 (rossa) – Fattibilità con gravi limitazioni:

L'alta pericolosità /vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità /vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

7.2.4.1 Classe 4a/I

Comprende tutte le aree di più stretta pertinenza fluviale del F. Serio, e pertanto maggiormente esposte a fenomeni di allagamento, esondazione ecc. Usando una logica che riteniamo ampiamente cautelativa, in questa classe sono state inserite tutte le zone a pericolosità molto elevata di esondazione (Ee) rappresentate nelle tavv. 4, 5 e 6 che, come già illustrato nei relativi paragrafi, sono interne al limite raggiunto dalla piena catastrofica (con Tempo di ritorno $T_r=500$ anni).

La presenza in sponda destra, oltre il limite della piena cinquecentesca, di un canale di derivazione (canale Albin), ha suggerito poi, in ragione di sicurezza, di estendere tale zona fino al limite esterno di tale canale, comprendendo quindi buona parte delle zone Eb (pericolosità elevata di esondazione).

7.2.4.2 Classe 4b/I

Comprende essenzialmente le aree soggette a vincolo di polizia idraulica (fasce di rispetto fluviali) riportate nella carta dei Vincoli (Tav.5). Queste aree sono soggette a normative specifiche ed in particolare alla D.G.R. 25 gennaio 2002 – n. 7-7868 e successive modifiche.

Si evidenzia che il limite delle fasce riportate è stato ridisegnato sul nuovo rilievo aerofotogrammetrico, maggiormente preciso, e quindi possono sussistere minori differenze rispetto a versioni precedenti che hanno impiegato basi cartografiche differenti.

7.2.4.3 Classe 4c/V

In questa classe ricadono tutte le zone del territorio comunale che presentano i maggiori problemi di stabilità. In particolare vi sono state inserite le zone maggiormente acclivi della scarpata tra San Fermo e il centro abitato (compresa la porzione maggiormente esposta della relativa area di risentimento), come pure buona parte del versante destro della Val Vertova.

Per quanto riguarda la scarpata di San Fermo si evidenzia in particolare il rischio di crolli di massi a monte delle abitazioni di via Cedrali e di via Giardini. In quest'ultimo caso in passato lo STER di Bergamo ha effettuato alcuni interventi di messa in sicurezza che a parere degli scriventi andrebbero estesi anche a monte di via Cedrali.

Il rischio che caratterizza la scarpata di San Fermo è da mettere in relazione anche alla possibilità di movimenti franosi, consistenti in scivolamenti planari o rotazionali che hanno coinvolto a più riprese i depositi superficiali presenti al ciglio della scarpata stessa, alcuni anche in tempi recenti.

In val Vertova è stata riferito a questa classe l'inviluppo delle zone maggiormente acclivi (> 30°) in corrispondenza delle quali sono presenti, anche se mascherate da una fitta vegetazione, numerose scarpate di degradazione (per lo più quiescenti) del substrato subaffiorante di natura argillitica e quindi caratterizzato da scarse caratteristiche geomeccaniche. Si evidenzia inoltre che all'interno di questa zona ricadono tutti i movimenti franosi di cui si è potuto reperire notizie in bibliografia.

7.2.5 Zone Z1 e Z2 della Carta della PSL

Le zone che ricadono nelle categorie di tipo Z1 (fenomeni di instabilità) e Z2 (fenomeni di cedimento o liquefazione), (cfr. Tav.8) sono obbligatoriamente assoggettate, in fase di progettazione, all'esecuzione di studi specifici (terzo livello). Questi ultimi consistono in studi di

maggior dettaglio che richiedono di volta in volta l'impiego di strumentazione di tipo geotecnico, geofisico, modellazione numerica ecc.

7.2.6 Zone Z3 della PSL

Le procedure applicate hanno condotto alla definizione di due tipi di zone (cfr. Tav. 9 e 10) a seconda che il fattore di amplificazione stimato (F_a) sia inferiore o superiore al corrispondente valore St di cui alle Norme Tecniche per le Costruzioni (cfr. par. 6.5.2.1).

Per gli edifici a struttura relativamente rigida, a pianta larga, e altezza fino a 5-6 piani valgono le seguenti prescrizioni:

- *Fa inferiore al valore di soglia*: non si forniscono prescrizioni particolari in quanto la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- *Fa superiore al valore di soglia*: per le zone suscettibili di amplificazione topografica indicate nella carta della PSL, che hanno fornito un valore di F_a superiore al valore di soglia, è necessario effettuare analisi più approfondite (approccio di 3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Per gli edifici a sviluppo prevalentemente verticale, indicativamente superiori ai 5-6 piani, si prescrive l'applicazione di studi di 3° livello in fase di progettazione edilizia.

7.2.7 Zone Z4 della Carta della PSL

Per tutti gli edifici a pianta larga e relativamente bassi (indicativamente fino a 5 piani) per i quali il periodo di oscillazione caratteristico è compreso in genere tra 0.1 e 0.5 sec., valgono le seguenti prescrizioni (cfr. Tavv. 9 e 10):

- per la zona del pianalto di San Fermo, in presenza di suoli di categoria B, si richiede l'esecuzione o di studi di 3° livello oppure l'utilizzo sistematico degli spettri di progetto della categoria di suolo C.
- per la zona di fondovalle, in presenza di suoli di categoria B, si richiede un approfondimento di indagini volto ad accertare l'eventuale criticità rappresentata da uno spessore significativo di depositi superficiali a bassa velocità, soprattutto in presenza di fondazioni superficiali. Se tali condizioni non fossero riscontrate si potrà progettare con lo spettro di riferimento della

rispettiva categoria di suolo, in caso contrario si richiede l'impiego degli spettri di progetto della categoria C.

Per tutti gli edifici a struttura flessibile, caratterizzati da una altezza di almeno 6 piani, per i quali il periodo di oscillazione caratteristico è compreso in genere tra 0.5 e 1.5 sec., non vengono formulate prescrizioni particolari dal punto di vista sismico, in quanto l'applicazione della procedura di secondo livello, indica che l'impiego della Normativa Sismica Nazionale è sufficiente a tenere in considerazione anche gli eventuali effetti di amplificazione di sito.

7.3 Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI




Riporta sulla base della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10000 il quadro del dissesto areale e puntuale riferibile alle manifestazioni franose e a quelle di esondazione dei corsi d'acqua.

I fenomeni franosi sono classificati in attivi (Fa), quiescenti (Fq) e inattivi (Fs).




E' stata riportata inoltre la proposta di riclassificazione delle zone a diverso pericolo di esondazione sulla base delle considerazioni espresse nei capitoli 4, 5 e 7.

La figura seguente riporta lo stralcio della legenda impiegata per la redazione della carta in esame (Tav. 11).




QUADRO DEL DISSESTO PUNTUALE

-  Frana attiva (Fa)
-  Frana quiescente (Fq)
-  Frana stabilizzata (Fs)

QUADRO DEL DISSESTO AREALE

-  Frana attiva
-  Frana quiescente
-  Frana stabilizzata

ESONDAZIONI E DISSESTI MORFOLOGICI DI CARATTERE TORRENTIZIO

-  Aree a pericolosità molto elevata di esondazione (Ee)
Definita cautelativamente sulla base delle aree allagabili con $T_r=500$ anni, della attività 3.3.2.2 dello studio di fattibilità della sistemazione idraulica del F. Adda, Brembo e Serio dell'autorità di Bacino del F. Po.
-  Aree a pericolosità elevata di esondazione (Eb)
-  Aree a pericolosità media o moderata di esondazione (Em)

APPENDICE 1

Indagini geognostiche effettuate nel comune di Fiorano al Serio

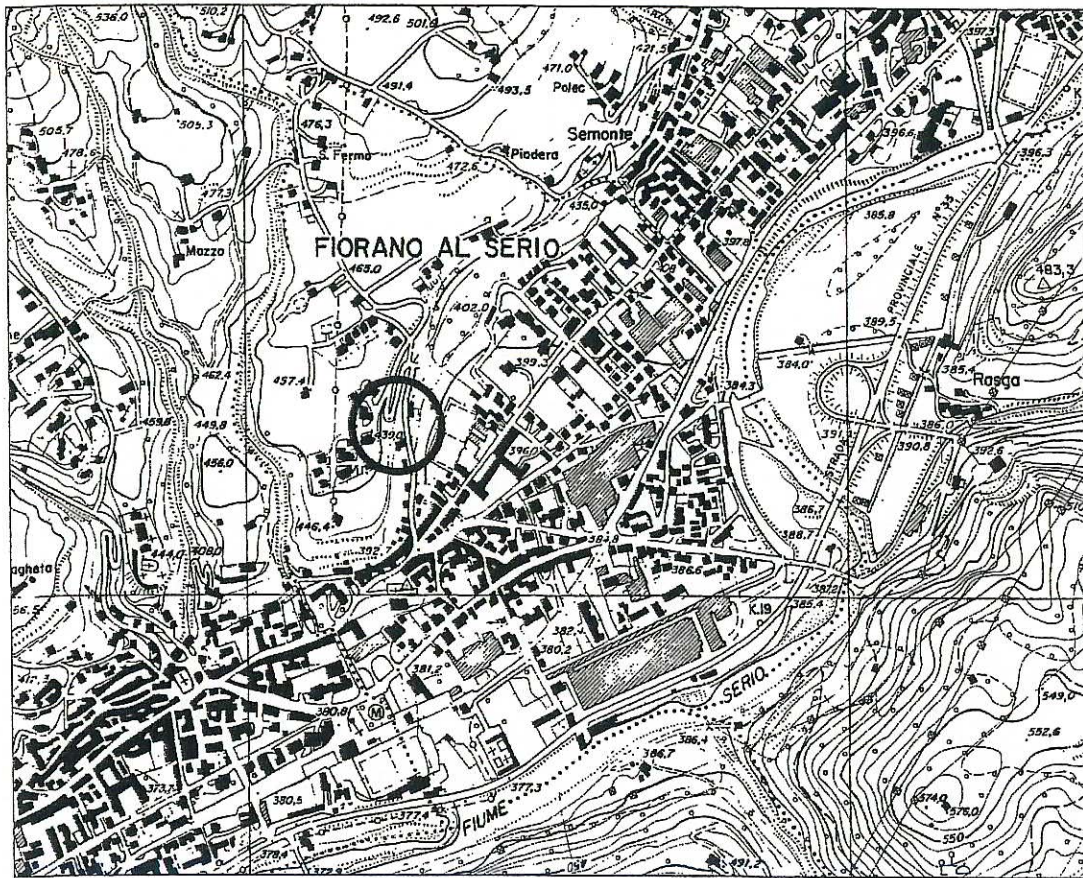


Figura 1: Inquadramento geografico dell'area di studio su CTRL (non in scala)

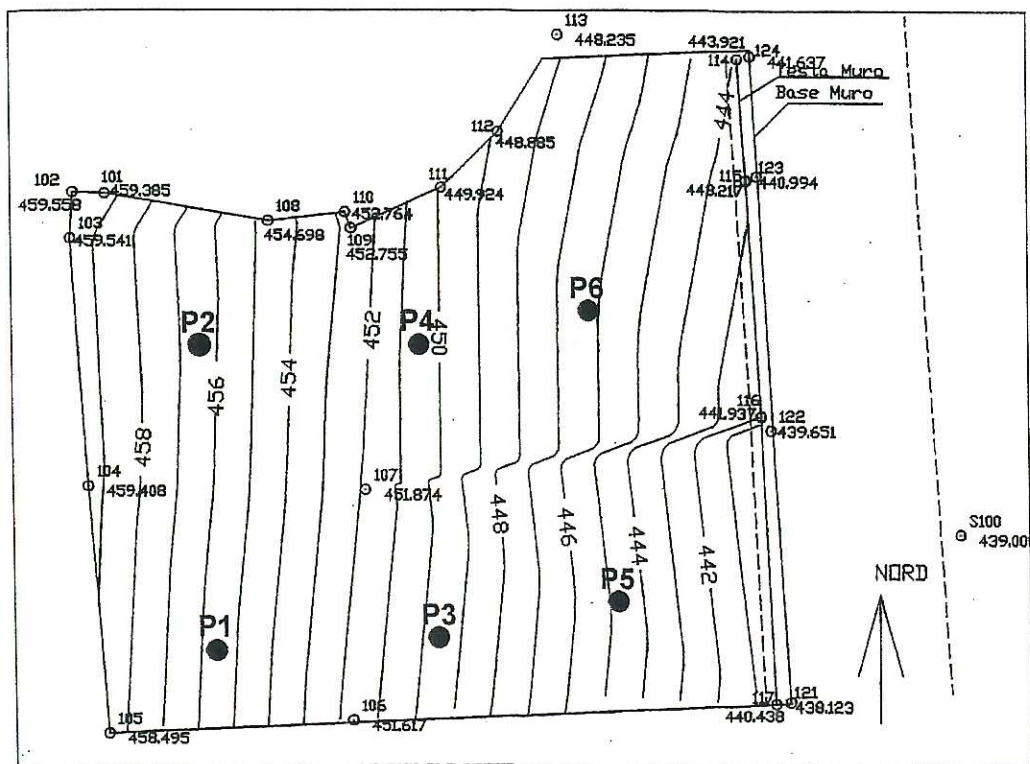


Figura 2: Ubicazione delle indagini in sito

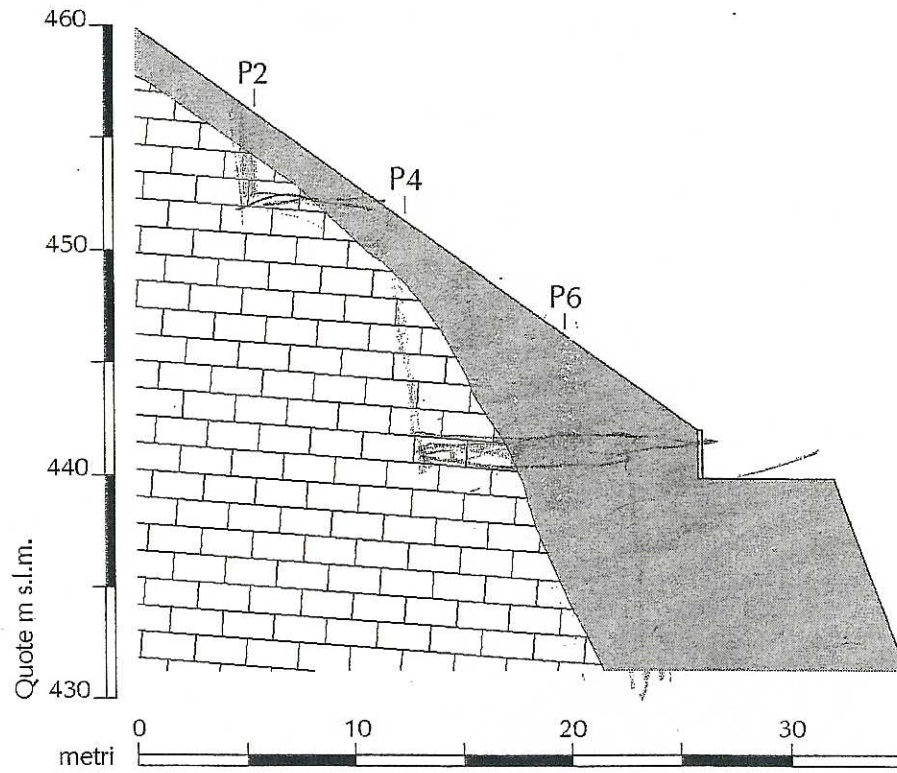


Figura 3: Sezione geologica interpretativa (settore nord)

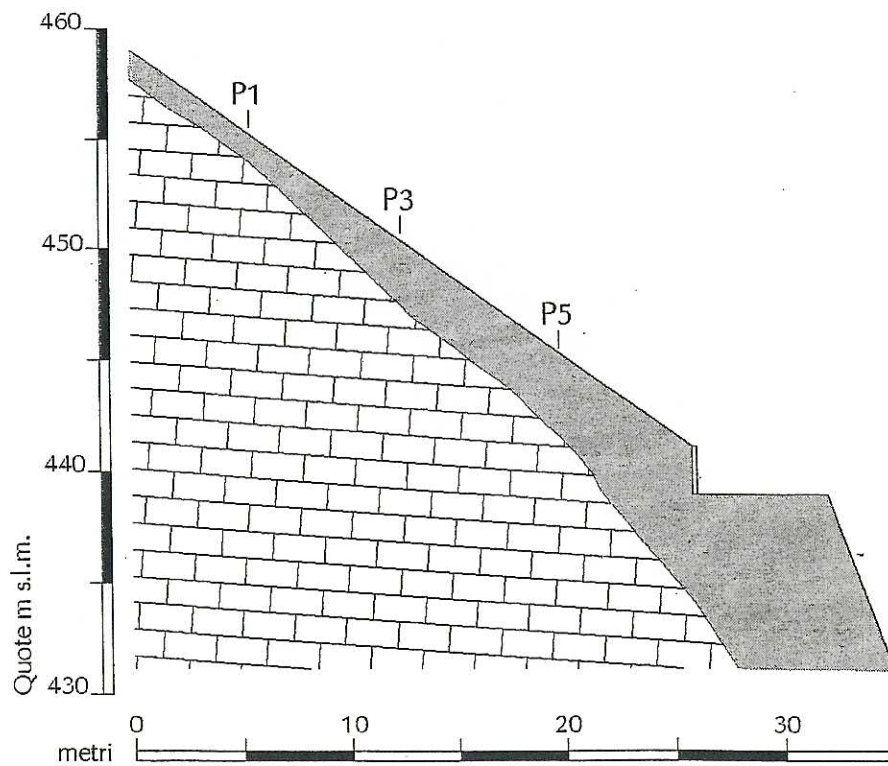


Figura 4: Sezione geologica interpretativa (settore sud)

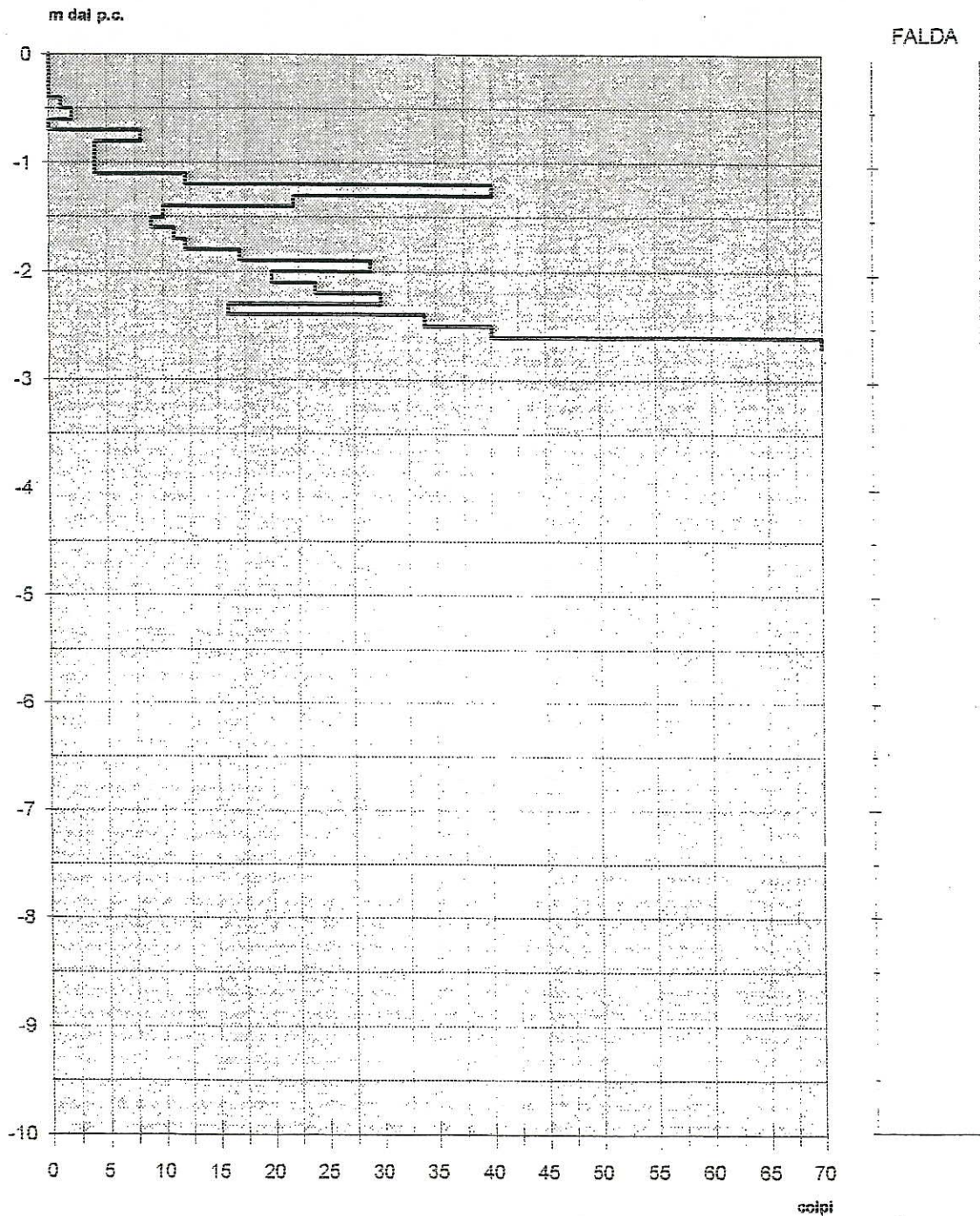
8. CERTIFICATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE

ID DEL	ID UTENTE
DPI_0629	RC

COMMITTENTE	DATA
DOTT. MARCO MAGGI GEOLOGO	02/03/2001

COMUNE	INDIRIZZO	PV
DALMINE	VIA CINQUANTENARIO, 17	BG

FALDA	Note:	località	Fiorano al Serio
0			



Prova penetrometrica dinamica continua con punta conica - Penetrometro Sunda DL 030					
Caratteristiche tecniche:					
Maglio	peso	30 Kg	Rivestimento diametro	33 mm	
	altezza di caduta	20 cm		peso	--
Aste	diametro	20 mm	Punta	diametro	35,7 mm
	peso	2,4 Kg m		angolo di apertura	60°

ID DPL	ID UTENTE	COMMITTENTE	DATA
DPL-0628	RC	DOTT. MARCO MAGGI GEOLOGO	02/03/2001

COMUNE	INDIRIZZO	PV
DALMINÈ	VIA CINQUANTENARIO, 17	BG

FALDA	Note:	località Fiorano al Serio
0		

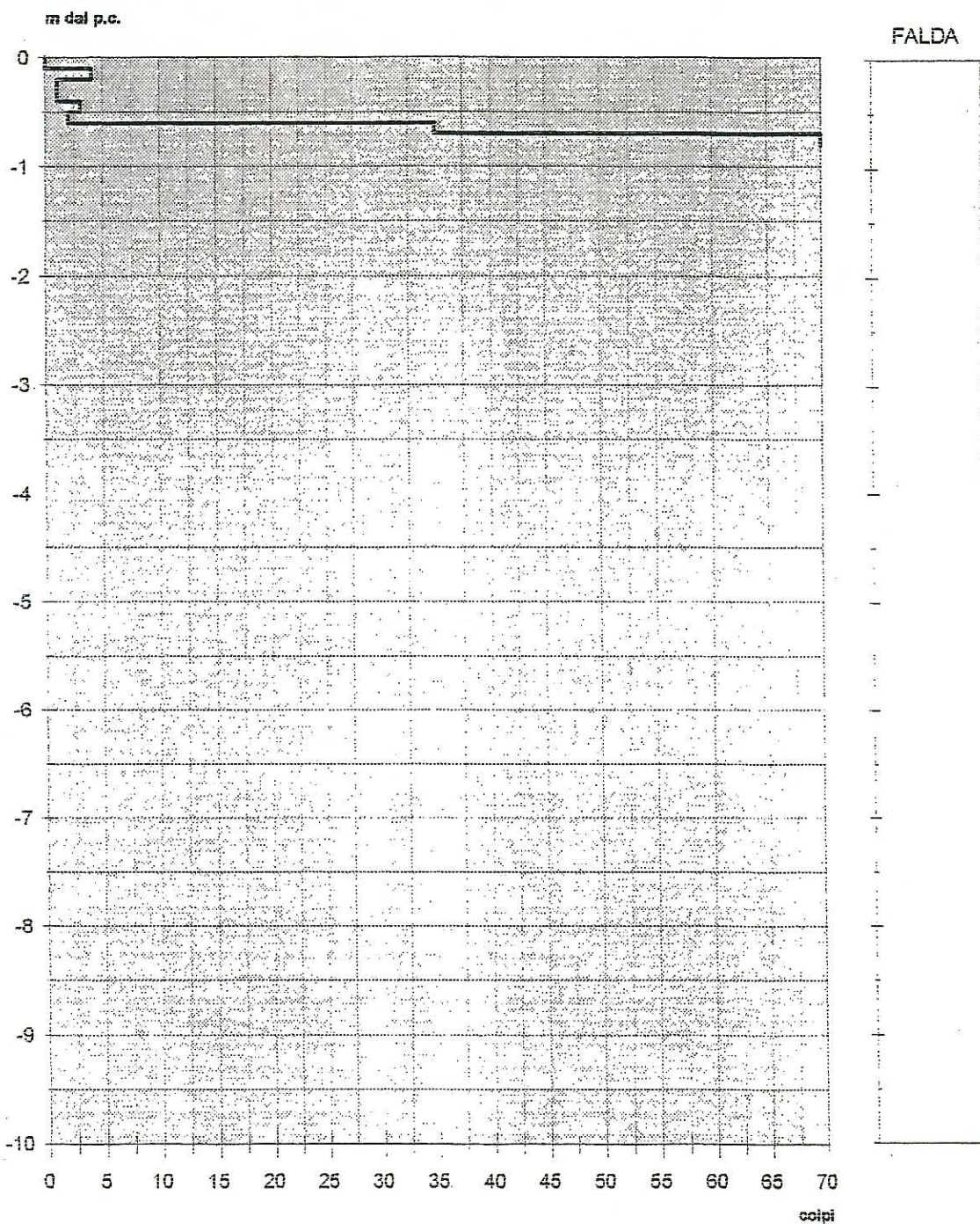
Profondità <i>m</i>	Colpi <i>N</i>	Rd <i>kg/cmq</i>	Rd/15 <i>kg/cmq</i>	Rd/20 <i>kg/cmq</i>	Cu <i>kg/cmq</i>	Aste <i>N.</i>	Coeff. <i>Chi</i>
-0,1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,4	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,5	1	3,57	0,24	0,18	0,10	1	0,642
-0,6	2	7,13	0,48	0,36	0,21	1	0,642
-0,7	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,8	8	28,53	1,90	1,43	0,83	1	0,642
-0,9	4	12,89	0,86	0,64	0,38	2	0,623
-1	4	12,89	0,86	0,64	0,38	2	0,623
-1,1	4	12,89	0,86	0,64	0,38	2	0,623
-1,2	12	38,67	2,58	1,93	1,13	2	0,623
-1,3	40	128,90	8,59	6,44	3,76	2	0,623
-1,4	22	70,89	4,73	3,54	2,07	2	0,623
-1,5	10	32,22	2,15	1,61	0,94	2	0,623
-1,6	9	29,00	1,93	1,45	0,85	2	0,623
-1,7	11	35,45	2,36	1,77	1,03	2	0,623
-1,8	12	38,67	2,58	1,93	1,13	2	0,623
-1,9	17	49,93	3,33	2,50	1,46	3	0,607
-2	29	85,18	5,68	4,26	2,49	3	0,607
-2,1	20	58,74	3,92	2,94	1,71	3	0,607
-2,2	24	70,49	4,70	3,52	2,06	3	0,607
-2,3	30	88,11	5,87	4,41	2,57	3	0,607
-2,4	18	48,99	3,13	2,35	1,37	3	0,607
-2,5	34	99,86	6,66	4,99	2,91	3	0,607
-2,6	40	117,48	7,83	5,87	3,43	3	0,607
-2,7	70	205,60	13,71	10,28	6,00	3	0,607
-2,8							
-2,9							
-3							
-3,1							
-3,2							
-3,3							
-3,4							
-3,5							
-3,6							
-3,7							
-3,8							
-3,9							
-4							
-4,1							
-4,2							
-4,3							
-4,4							
-4,5							
-4,6							
-4,7							
-4,8							
-4,9							
-5							

ID DPL	ID UTENTE
DPL_0629	RC

COMMITTENTE	DATA
DOTT. MARCO MAGGI GEOLOGO	02/03/2001

COMUNE	INDIRIZZO	PV
DALMINE	VIA CINQUANTENARIO, 17	BG

FALDA	Note:	località	Fiorano al Serio
0			



Prova penetrometrica dinamica continua con punta conica - Penetrometro Sunda DL 030					
Caratteristiche tecniche:					
Maglio	peso	30 Kg	Rivestimento	diametro	33 mm
	altezza di caduta	20 cm		peso	--
Aste	diametro	20 mm	Punta	diametro	35,7 mm
	peso	2,4 Kg m		angolo di apertura	60°

ID DPL	ID UTENTE
DPL-0679	RC

COMMITTENTE	DATA
DOIT. MARCO MAGGI GEOLOGO	02/03/2001

COMUNE	INDIRIZZO	PV
DALMINÈ	VIA CINQUANTENARIO, 17	RG

FALDA	Note:	località Fiorano al Serio
0		

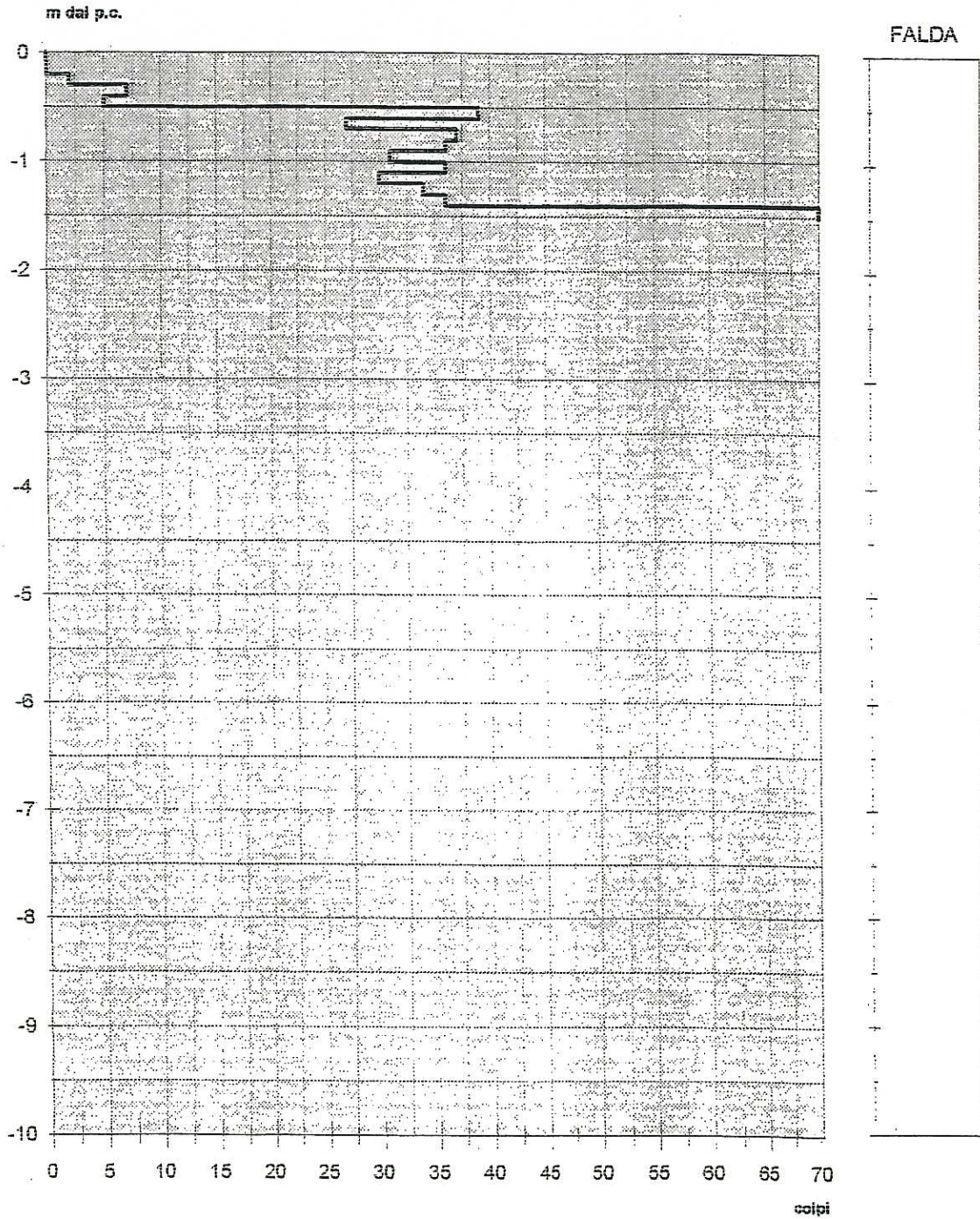
Profondità <i>m</i>	Colpi <i>N</i>	Rd <i>kg/cmq</i>	Rd/15 <i>kg/cmq</i>	Rd/20 <i>kg/cmq</i>	Cu <i>kg/cmq</i>	Aste <i>N.</i>	Coeff. <i>Chi</i>
-0,1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,2	4	14,27	0,95	0,71	0,42	1	0,642
-0,3	1	3,57	0,24	0,18	0,10	1	0,642
-0,4	1	3,57	0,24	0,18	0,10	1	0,642
-0,5	3	10,70	0,71	0,54	0,31	1	0,642
-0,6	2	7,13	0,48	0,36	0,21	1	0,642
-0,7	35	124,83	8,32	6,24	3,64	1	0,642
-0,8	70	249,67	16,64	12,48	7,29	1	0,642
-0,9							
-1							
-1,1							
-1,2							
-1,3							
-1,4							
-1,5							
-1,6							
-1,7							
-1,8							
-1,9							
-2							
-2,1							
-2,2							
-2,3							
-2,4							
-2,5							
-2,6							
-2,7							
-2,8							
-2,9							
-3							
-3,1							
-3,2							
-3,3							
-3,4							
-3,5							
-3,6							
-3,7							
-3,8							
-3,9							
-4							
-4,1							
-4,2							
-4,3							
-4,4							
-4,5							
-4,6							
-4,7							
-4,8							
-4,9							
-5							

ID DPL	ID UTENTE
DEL 0630	RC

COMMITTENTE	DATA
DOTT. MARCO MAGGI GEOLOGO	02/03/2001

COMUNE	INDIRIZZO	PV
DALMINE	VIA CINQUANTENARIO, 17	BG

FALDA	Note:	località	Fiorano al Serio
0			



Prova penetrometrica dinamica continua con punta conica - Penetrometro Sunda DL 030

Caratteristiche tecniche:

Maglio	peso	30 Kg	Rivestimento	diametro	33 mm
	altezza di caduta	20 cm		peso	--
Asta	diametro	20 mm	Punta	diametro	35,7 mm
	peso	2,4 Kg m		angolo di apertura	60°

ID DPE	ID UTENTE
DEL-0630	RC

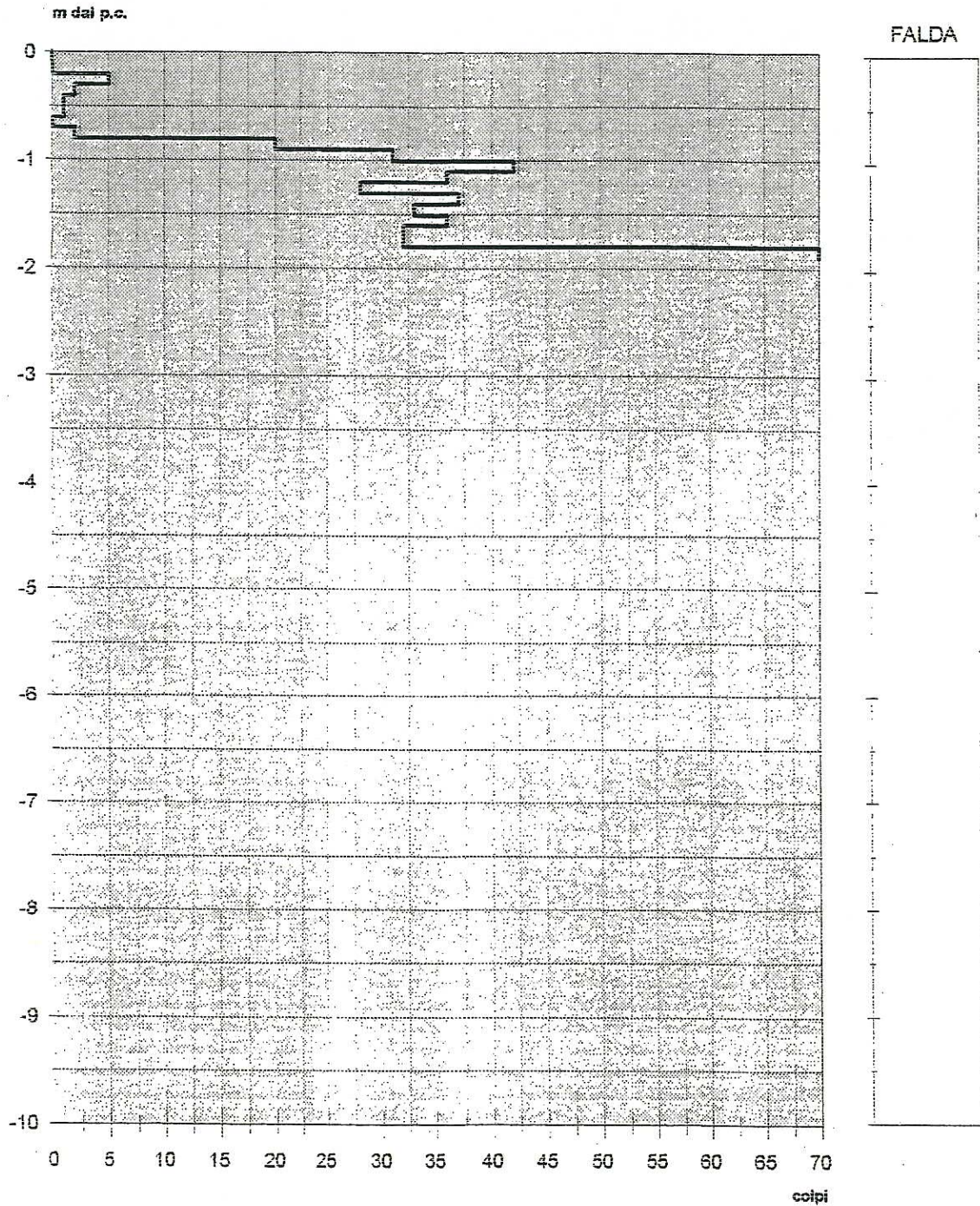
COMMITENTE	DATA
DOTT. MARCO MAGGI GEOLOGO	02/03/2001

COMUNE	INDIRIZZO	PV
DAIMINE	VIA CINQUANTENARIO, 17	BG

FALDA	Note:	località	Fiorano al Serio
0			

Profondità <i>m</i>	Colpi <i>N</i>	Rd <i>kg/cmq</i>	Rd/15 <i>kg/cmq</i>	Rd/20 <i>kg/cmq</i>	Cu <i>kg/cmq</i>	Aste <i>N.</i>	Coeff. <i>Chi</i>
-0,1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,3	2	7,13	0,48	0,36	0,21	1	0,642
-0,4	7	24,97	1,66	1,25	0,73	1	0,642
-0,5	5	17,83	1,19	0,89	0,52	1	0,642
-0,6	39	139,10	9,27	6,96	4,06	1	0,642
-0,7	27	96,30	6,42	4,82	2,81	1	0,642
-0,8	37	131,97	8,80	6,60	3,85	1	0,642
-0,9	36	116,01	7,73	5,80	3,39	2	0,623
-1	31	99,89	6,66	4,99	2,92	2	0,623
-1,1	36	116,01	7,73	5,80	3,39	2	0,623
-1,2	30	96,67	6,44	4,83	2,82	2	0,623
-1,3	34	109,56	7,30	5,48	3,20	2	0,623
-1,4	36	116,01	7,73	5,80	3,39	2	0,623
-1,5	70	225,57	15,04	11,28	6,58	2	0,623
-1,6							
-1,7							
-1,8							
-1,9							
-2							
-2,1							
-2,2							
-2,3							
-2,4							
-2,5							
-2,6							
-2,7							
-2,8							
-2,9							
-3							
-3,1							
-3,2							
-3,3							
-3,4							
-3,5							
-3,6							
-3,7							
-3,8							
-3,9							
-4							
-4,1							
-4,2							
-4,3							
-4,4							
-4,5							
-4,6							
-4,7							
-4,8							
-4,9							
-5							

ID DPL DPL_0631	ID UTENTE RC	COMMITTENTE DOTT. MARCO MAGGI GEOLOGO	DATA 02/03/2001
COMUNE DALMINE	INDIRIZZO VIA CINQUANTENARIO, 17	PV BG	
FALDA 0	Note: località Fiorano al Serio		



Prova penetrometrica dinamica continua con punta conica - Penetrometro Sunda DL 030				
Caratteristiche tecniche:				
Maglio	peso	30 Kg	Rivestimento diametro	33 mm
	altezza di caduta	20 cm	peso	--
Aste	diametro	20 mm	Punta diametro	35,7 mm
	peso	2,4 Kg m	angolo di apertura	60°

ID/DPL	ID UTENTE
EPL-0631	RC

COMMITENTE	DATA
DOT. MARCO MAGGI GEOLOGO	02/03/2001

COMUNE	INDIRIZZO	PV
DALMINE	VIA CINQUANTENARIO, 17	BG

FALDA	Note:	località	Fiorano al Serio
0			

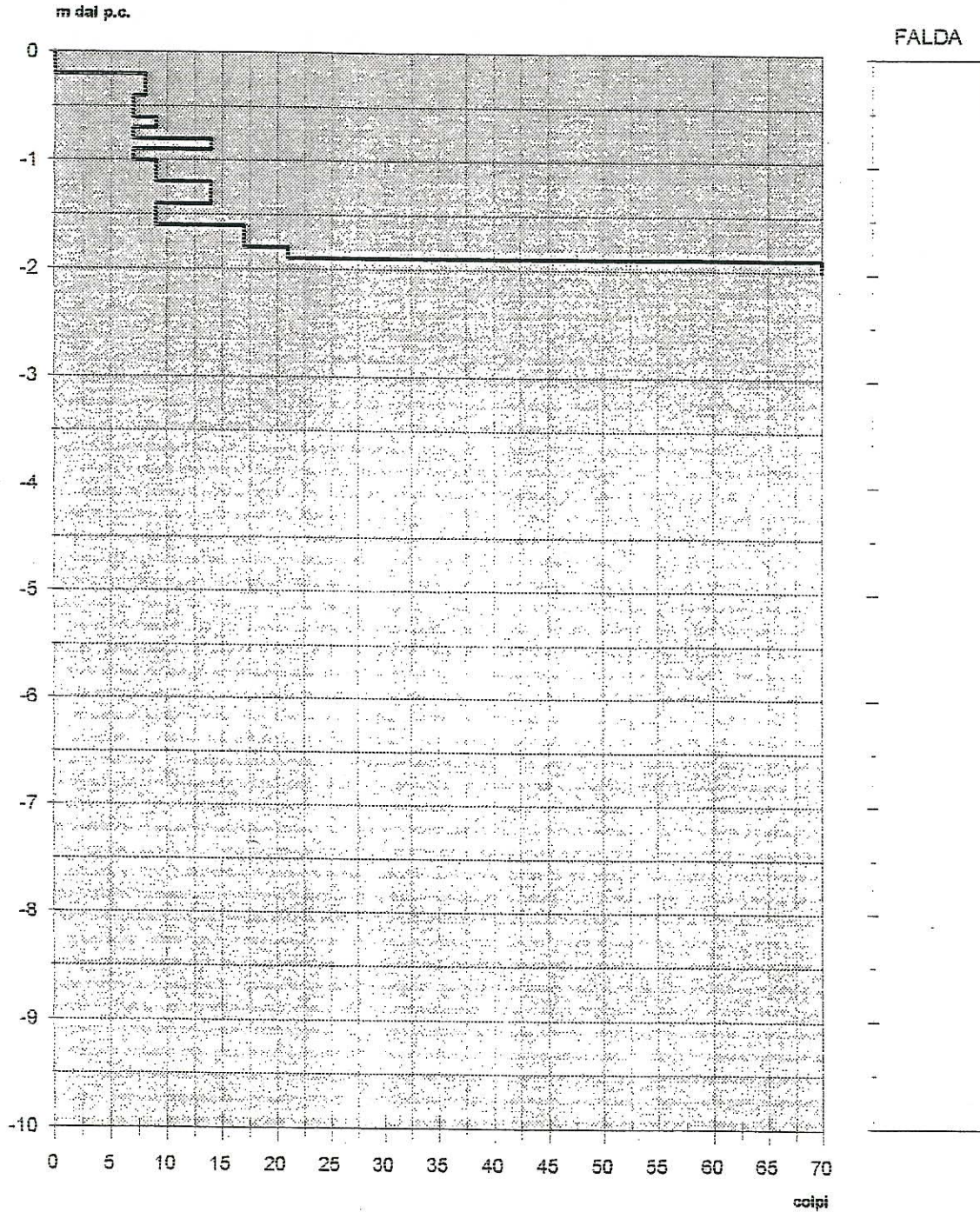
Profondità <i>m</i>	Colpi <i>N</i>	Rd <i>kg/cmq</i>	Rd/15 <i>kg/cmq</i>	Rd/20 <i>kg/cmq</i>	Cu <i>kg/cmq</i>	Aste <i>N</i>	Coeff. <i>Chi</i>
-0,1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,3	5	17,83	1,19	0,89	0,52	1	0,642
-0,4	2	7,13	0,48	0,36	0,21	1	0,642
-0,5	1	3,57	0,24	0,18	0,10	1	0,642
-0,6	1	3,57	0,24	0,18	0,10	1	0,642
-0,7	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,8	2	7,13	0,48	0,36	0,21	1	0,642
-0,9	20	64,45	4,30	3,22	1,88	2	0,623
-1	31	99,89	6,66	4,99	2,92	2	0,623
-1,1	42	135,34	9,02	6,77	3,95	2	0,623
-1,2	36	116,01	7,73	5,80	3,39	2	0,623
-1,3	28	90,23	6,02	4,51	2,63	2	0,623
-1,4	37	119,23	7,95	5,96	3,48	2	0,623
-1,5	33	106,34	7,09	5,32	3,10	2	0,623
-1,6	36	116,01	7,73	5,80	3,39	2	0,623
-1,7	32	103,12	6,87	5,16	3,01	2	0,623
-1,8	32	103,12	6,87	5,16	3,01	2	0,623
-1,9	70	205,60	13,71	10,28	6,00	3	0,607
-2							
-2,1							
-2,2							
-2,3							
-2,4							
-2,5							
-2,6							
-2,7							
-2,8							
-2,9							
-3							
-3,1							
-3,2							
-3,3							
-3,4							
-3,5							
-3,6							
-3,7							
-3,8							
-3,9							
-4							
-4,1							
-4,2							
-4,3							
-4,4							
-4,5							
-4,6							
-4,7							
-4,8							
-4,9							
-5							

ID DPL	ID UTENTE
DPL-0632	RC

COMMITTENTE	DATA
DOTT. MARCO MAGGI GEOLOGO	02/03/2001

COMUNE	INDIRIZZO	PV
DALMINE	VIA CINQUANTENARIO, 17	BG

FALDA	Note:	località	Fiorano al Serio
0			



Prova penetrometrica dinamica continua con punta conica - Penetrometro Sunda DL 030				
Caratteristiche tecniche:				
Maglio	peso	30 Kg	Rivestimento diametro	33 mm
	altezza di caduta	20 cm	peso	--
Asta	diametro	20 mm	Punta diametro	35,7 mm
	peso	2,4 Kg m	angolo di apertura	60°

ID DPL	ID UTENTE
DPL-063Z	RC

COMMITTENTE	DATA
DOIT. MARCO MAGGI GEOLOGO	02/03/2001

COMUNE	INDIRIZZO	PV
DALMINO	VIA CINQUANTENARIO, 17	BG

FALDA	Note:
0	località Fiorano al Serio

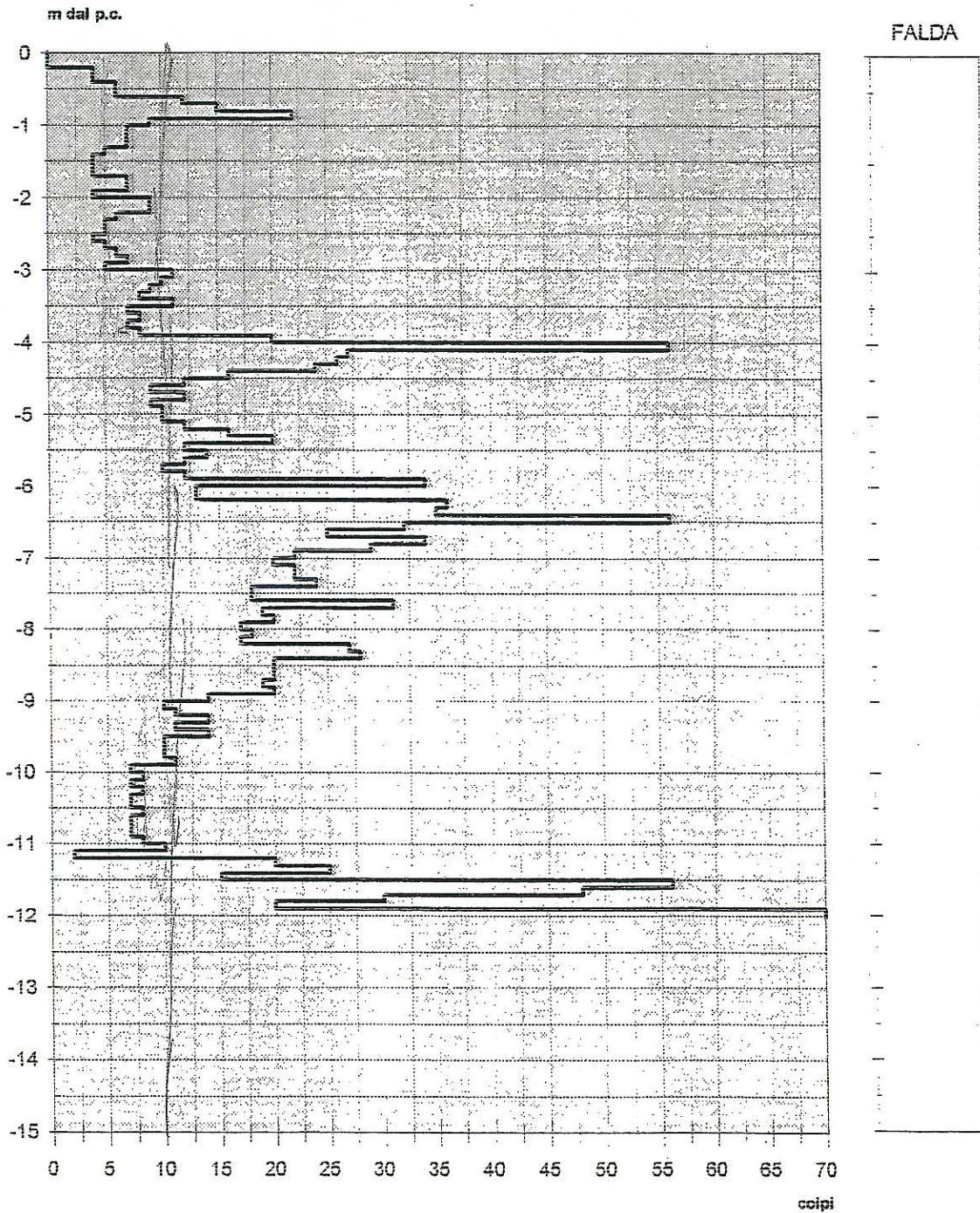
Profondità <i>m</i>	Colpi <i>N</i>	Rd <i>kg/cmq</i>	Rd/15 <i>kg/cmq</i>	Rd/20 <i>kg/cmq</i>	Cu <i>kg/cmq</i>	Aste <i>N.</i>	Coeff. <i>Chi</i>
-0,1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,3	8	28,53	1,90	1,43	0,83	1	0,642
-0,4	8	28,53	1,90	1,43	0,83	1	0,642
-0,5	7	24,97	1,66	1,25	0,73	1	0,642
-0,6	7	24,97	1,66	1,25	0,73	1	0,642
-0,7	9	32,10	2,14	1,61	0,94	1	0,642
-0,8	7	24,97	1,66	1,25	0,73	1	0,642
-0,9	14	45,11	3,01	2,26	1,32	2	0,623
-1	7	22,56	1,50	1,13	0,66	2	0,623
-1,1	9	29,00	1,93	1,45	0,85	2	0,623
-1,2	9	29,00	1,93	1,45	0,85	2	0,623
-1,3	14	45,11	3,01	2,26	1,32	2	0,623
-1,4	14	45,11	3,01	2,26	1,32	2	0,623
-1,5	9	29,00	1,93	1,45	0,85	2	0,623
-1,6	9	29,00	1,93	1,45	0,85	2	0,623
-1,7	17	54,78	3,65	2,74	1,60	2	0,623
-1,8	17	54,78	3,65	2,74	1,60	2	0,623
-1,9	21	61,68	4,11	3,08	1,80	3	0,607
-2	70	205,60	13,71	10,28	6,00	3	0,607
-2,1							
-2,2							
-2,3							
-2,4							
-2,5							
-2,6							
-2,7							
-2,8							
-2,9							
-3							
-3,1							
-3,2							
-3,3							
-3,4							
-3,5							
-3,6							
-3,7							
-3,8							
-3,9							
-4							
-4,1							
-4,2							
-4,3							
-4,4							
-4,5							
-4,6							
-4,7							
-4,8							
-4,9							
-5							

ID DPL	ID UTENTE
DPL_0633	RC

COMMITTENTE	DATA
DOTT. MARCO MAGGI GEOLOGO	02/03/2001

COMUNE	INDIRIZZO	PV
DALMINE	VIA CINQUANTENARIO, 17	BG

FALDA	Note:	località	Fiorano al Serio
0			



Prova penetrometrica dinamica continua con punta conica - Penetrometro Sunda DL 030					
Caratteristiche tecniche:					
Maglio	peso	30 Kg	Rivestimento	diametro	33 mm
	altezza di caduta	20 cm		peso	--
Asta	diametro	20 mm	Punta	diametro	35,7 mm
	peso	2,4 Kg m		angolo di apertura	60°

ID DPL	ID UTENTE
DPL-0633	RC

COMMITTENTE	DATA
DOTT. MARCO MAGGI GEOLOGO	02/03/2001

COMUNE	INDIRIZZO	PV
DAIMINE	VIA CINQUANTENARIO, 17	BG

FALDA	Note:	località Fiorano al Serio
0		

Profondità <i>m</i>	Colpi <i>N</i>	Rd <i>kg/cmq</i>	Rd/15 <i>kg/cmq</i>	Rd/20 <i>kg/cmq</i>	Cu <i>kg/cmq</i>	Aste <i>N.</i>	Coeff. <i>Chi</i>
-0,1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,642
-0,3	4	14,27	0,95	0,71	0,42	1	0,642
-0,4	4	14,27	0,95	0,71	0,42	1	0,642
-0,5	6	21,40	1,43	1,07	0,62	1	0,642
-0,6	6	21,40	1,43	1,07	0,62	1	0,642
-0,7	12	42,80	2,85	2,14	1,25	1	0,642
-0,8	15	53,50	3,57	2,68	1,56	1	0,642
-0,9	22	70,89	4,73	3,54	2,07	2	0,623
-1	9	29,00	1,93	1,45	0,85	2	0,623
-1,1	7	22,56	1,50	1,13	0,66	2	0,623
-1,2	7	22,56	1,50	1,13	0,66	2	0,623
-1,3	7	22,56	1,50	1,13	0,66	2	0,623
-1,4	5	16,11	1,07	0,81	0,47	2	0,623
-1,5	4	12,89	0,86	0,64	0,38	2	0,623
-1,6	4	12,89	0,86	0,64	0,38	2	0,623
-1,7	4	12,89	0,86	0,64	0,38	2	0,623
-1,8	7	22,56	1,50	1,13	0,66	2	0,623
-1,9	7	20,56	1,37	1,03	0,60	3	0,607
-2	4	11,75	0,78	0,59	0,34	3	0,607
-2,1	9	26,43	1,76	1,32	0,77	3	0,607
-2,2	9	26,43	1,76	1,32	0,77	3	0,607
-2,3	6	17,62	1,17	0,88	0,51	3	0,607
-2,4	5	14,69	0,98	0,73	0,43	3	0,607
-2,5	5	14,69	0,98	0,73	0,43	3	0,607
-2,6	4	11,75	0,78	0,59	0,34	3	0,607
-2,7	5	14,69	0,98	0,73	0,43	3	0,607
-2,8	6	17,62	1,17	0,88	0,51	3	0,607
-2,9	7	18,90	1,26	0,95	0,55	4	0,594
-3	5	13,50	0,90	0,68	0,39	4	0,594
-3,1	11	29,70	1,98	1,49	0,87	4	0,594
-3,2	10	27,00	1,80	1,35	0,79	4	0,594
-3,3	9	24,30	1,62	1,22	0,71	4	0,594
-3,4	8	21,60	1,44	1,08	0,63	4	0,594
-3,5	11	29,70	1,98	1,49	0,87	4	0,594
-3,6	7	18,90	1,26	0,95	0,55	4	0,594
-3,7	8	21,60	1,44	1,08	0,63	4	0,594
-3,8	7	18,90	1,26	0,95	0,55	4	0,594
-3,9	8	19,99	1,33	1,00	0,58	5	0,583
-4	20	49,97	3,33	2,50	1,46	5	0,583
-4,1	56	139,92	9,33	7,00	4,08	5	0,583
-4,2	27	67,46	4,50	3,37	1,97	5	0,583
-4,3	26	64,96	4,33	3,25	1,90	5	0,583
-4,4	24	59,97	4,00	3,00	1,75	5	0,583
-4,5	16	39,98	2,67	2,00	1,17	5	0,583
-4,6	12	29,98	2,00	1,50	0,87	5	0,583
-4,7	9	22,49	1,50	1,12	0,66	5	0,583
-4,8	12	29,98	2,00	1,50	0,87	5	0,583
-4,9	9	20,91	1,39	1,05	0,81	6	0,573
-5	10	23,23	1,55	1,16	0,68	6	0,573

ID DPL DPL-0633	ID UTENTE RC	COMMITTENTE DOTT. MARCO MAGGI GEOLOGO	DATA 02/03/2001
COMUNE DALMINÈ	INDIRIZZO VIA CINQUANTENARIO, 17		PV BG
FALDA 0	Note: località Fiorano al Serio		

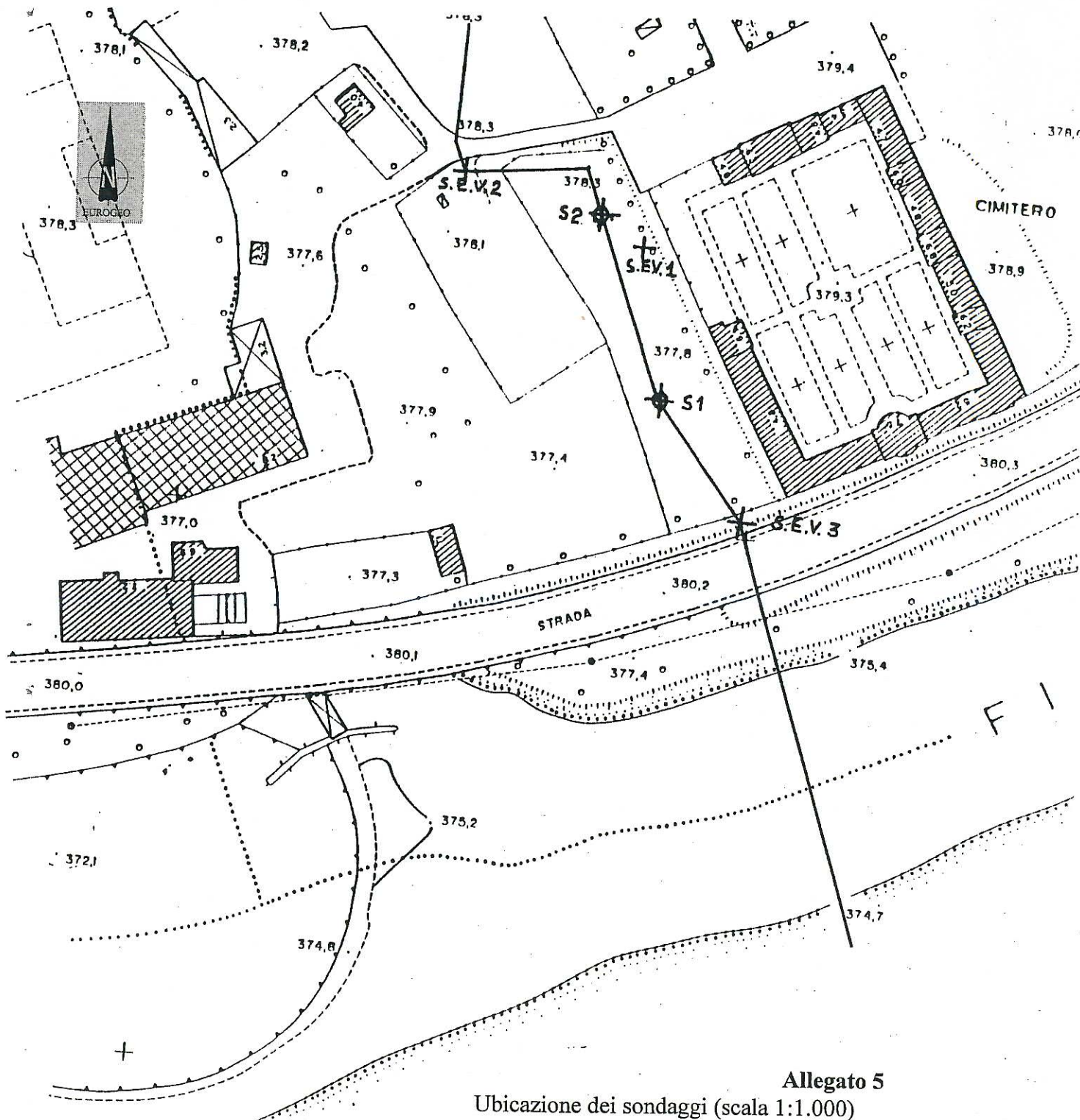
Profondità <i>m</i>	Colpi <i>N</i>	Rd <i>kg/cmq</i>	Rd/15 <i>kg/cmq</i>	Rd/20 <i>kg/cmq</i>	Cu <i>kg/cmq</i>	Aste <i>N.</i>	Coeff. <i>Chi</i>
-5,1	10	23,23	1,55	1,16	0,68	6	0,573
-5,2	12	27,88	1,86	1,39	0,81	6	0,573
-5,3	16	37,17	2,48	1,86	1,08	6	0,573
-5,4	20	46,46	3,10	2,32	1,36	6	0,573
-5,5	12	27,88	1,86	1,39	0,81	6	0,573
-5,6	14	32,52	2,17	1,63	0,95	6	0,573
-5,7	12	27,88	1,86	1,39	0,81	6	0,573
-5,8	10	23,23	1,55	1,16	0,68	6	0,573
-5,9	12	26,08	1,74	1,30	0,76	7	0,565
-6	34	73,88	4,93	3,69	2,16	7	0,565
-6,1	13	28,25	1,88	1,41	0,82	7	0,565
-6,2	13	28,25	1,88	1,41	0,82	7	0,565
-6,3	36	78,23	5,22	3,91	2,28	7	0,565
-6,4	35	76,06	5,07	3,80	2,22	7	0,565
-6,5	56	121,69	8,11	6,08	3,55	7	0,565
-6,6	32	69,54	4,64	3,48	2,03	7	0,565
-6,7	25	54,33	3,62	2,72	1,59	7	0,565
-6,8	34	73,88	4,93	3,69	2,16	7	0,565
-6,9	29	59,10	3,94	2,95	1,72	8	0,557
-7	22	44,83	2,99	2,24	1,31	8	0,557
-7,1	20	40,76	2,72	2,04	1,19	8	0,557
-7,2	22	44,83	2,99	2,24	1,31	8	0,557
-7,3	22	44,83	2,99	2,24	1,31	8	0,557
-7,4	24	48,91	3,26	2,45	1,43	8	0,557
-7,5	18	36,68	2,45	1,83	1,07	8	0,557
-7,6	18	36,68	2,45	1,83	1,07	8	0,557
-7,7	31	63,17	4,21	3,16	1,84	8	0,557
-7,8	19	38,72	2,58	1,94	1,13	8	0,557
-7,9	20	38,44	2,56	1,92	1,12	9	0,551
-8	17	32,68	2,18	1,63	0,95	9	0,551
-8,1	18	34,60	2,31	1,73	1,01	9	0,551
-8,2	17	32,68	2,18	1,63	0,95	9	0,551
-8,3	27	51,90	3,46	2,59	1,51	9	0,551
-8,4	28	53,82	3,59	2,69	1,57	9	0,551
-8,5	20	38,44	2,56	1,92	1,12	9	0,551
-8,6	20	38,44	2,56	1,92	1,12	9	0,551
-8,7	20	38,44	2,56	1,92	1,12	9	0,551
-8,8	19	36,52	2,43	1,83	1,07	9	0,551
-8,9	20	36,33	2,42	1,82	1,06	10	0,545
-9	14	25,43	1,70	1,27	0,74	10	0,545
-9,1	10	18,17	1,21	0,91	0,53	10	0,545
-9,2	11	19,98	1,33	1,00	0,58	10	0,545
-9,3	14	25,43	1,70	1,27	0,74	10	0,545
-9,4	11	19,98	1,33	1,00	0,58	10	0,545
-9,5	14	25,43	1,70	1,27	0,74	10	0,545
-9,6	10	18,17	1,21	0,91	0,53	10	0,545
-9,7	10	18,17	1,21	0,91	0,53	10	0,545
-9,8	10	18,17	1,21	0,91	0,53	10	0,545
-9,9	11	18,96	1,26	0,95	0,55	11	0,540
-10	7	12,06	0,80	0,60	0,35	11	0,540

ID DPL DPL-0633	ID UTENTE RC	COMMITTENTE DOTT. MARCO MAGGI GEOLOGO	DATA 02/03/2001
---------------------------	------------------------	-------------------------------------------------	---------------------------

COMUNE DALMINÈ	INDIRIZZO VIA CINQUANTENARIO, 17	PV BG
--------------------------	--------------------------------------------	-----------------




FALDA 0	Note: località Fiorano al Serio
-------------------	----------------------------------------

Profondità <i>m</i>	Colpi <i>N</i>	Rd <i>kg/cmq</i>	Rd/15 <i>kg/cmq</i>	Rd/20 <i>kg/cmq</i>	Cu <i>kg/cmq</i>	Aste <i>N.</i>	Coeff. <i>Chi</i>
-10,1	8	13,79	0,92	0,69	0,40	11	0,540
-10,2	7	12,06	0,80	0,60	0,35	11	0,540
-10,3	8	13,79	0,92	0,69	0,40	11	0,540
-10,4	7	12,06	0,80	0,60	0,35	11	0,540
-10,5	7	12,06	0,80	0,60	0,35	11	0,540
-10,6	8	13,79	0,92	0,69	0,40	11	0,540
-10,7	7	12,06	0,80	0,60	0,35	11	0,540
-10,8	7	12,06	0,80	0,60	0,35	11	0,540
-10,9	7	11,46	0,76	0,57	0,33	12	0,535
-11	8	13,10	0,87	0,66	0,38	12	0,535
-11,1	10	16,38	1,09	0,82	0,48	12	0,535
-11,2	2	3,28	0,22	0,16	0,10	12	0,535
-11,3	20	32,76	2,18	1,64	0,96	12	0,535
-11,4	25	40,94	2,73	2,05	1,19	12	0,535
-11,5	15	24,57	1,64	1,23	0,72	12	0,535
-11,6	56	91,71	6,11	4,59	2,68	12	0,535
-11,7	48	78,61	5,24	3,93	2,29	12	0,535
-11,8	30	49,13	3,28	2,46	1,43	12	0,535
-11,9	20	31,24	2,08	1,56	0,91	13	0,531
-12	70	109,32	7,29	5,47	3,19	13	0,531
-12,1							
-12,2							
-12,3							
-12,4							
-12,5							
-12,6							
-12,7							
-12,8							
-12,9							
-13							
-13,1							
-13,2							
-13,3							
-13,4							
-13,5							
-13,6							
-13,7							
-13,8							
-13,9							
-14							
-14,1							
-14,2							
-14,3							
-14,4							
-14,5							
-14,6							
-14,7							
-14,8							
-14,9							
-15							



Allegato 5

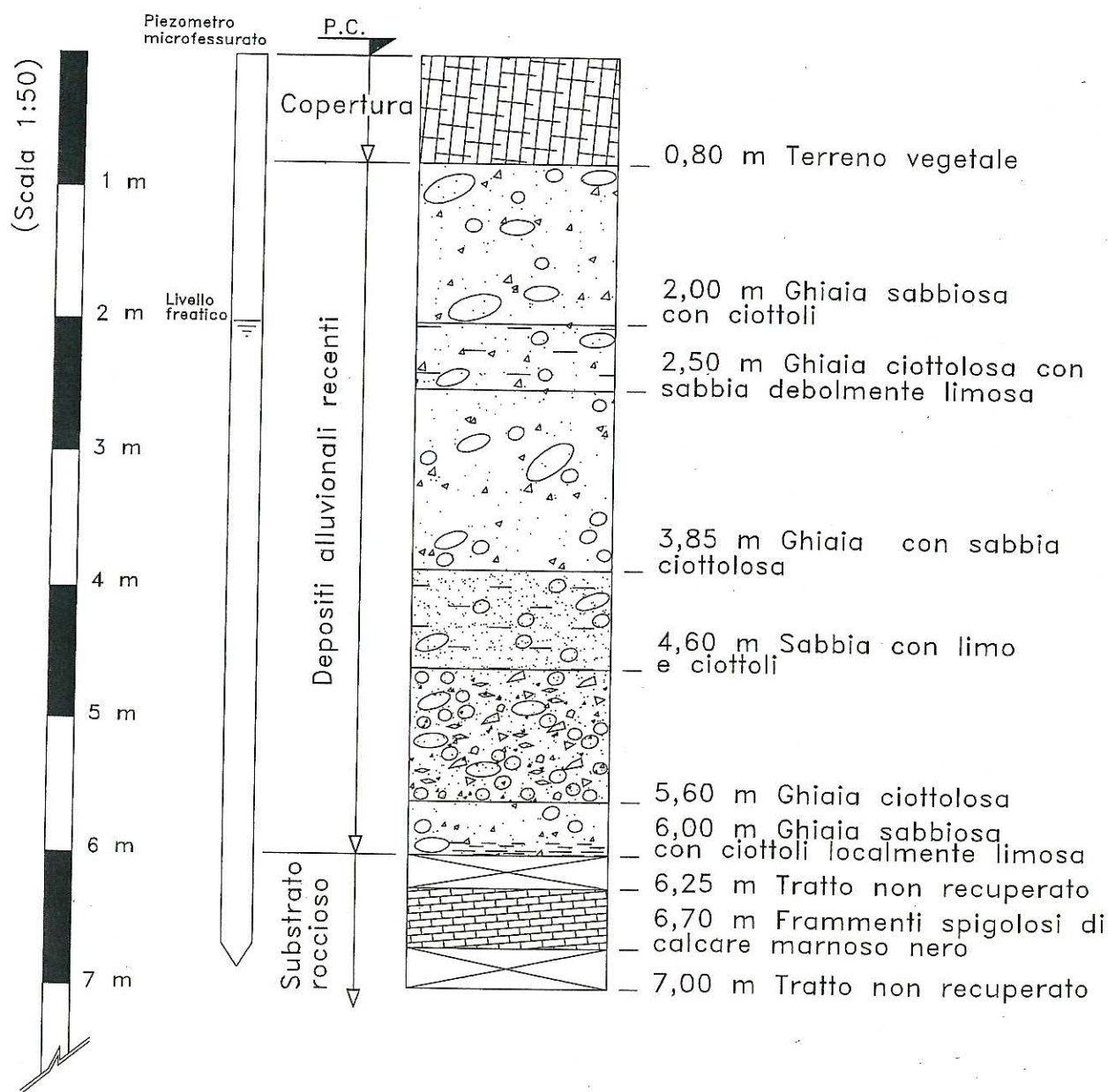
Ubicazione dei sondaggi (scala 1:1.000)

-  Traccia della sezione idrogeologica
-  S 1: sondaggio geognostico
-  S.E.V.1: sondaggio elettrico verticale



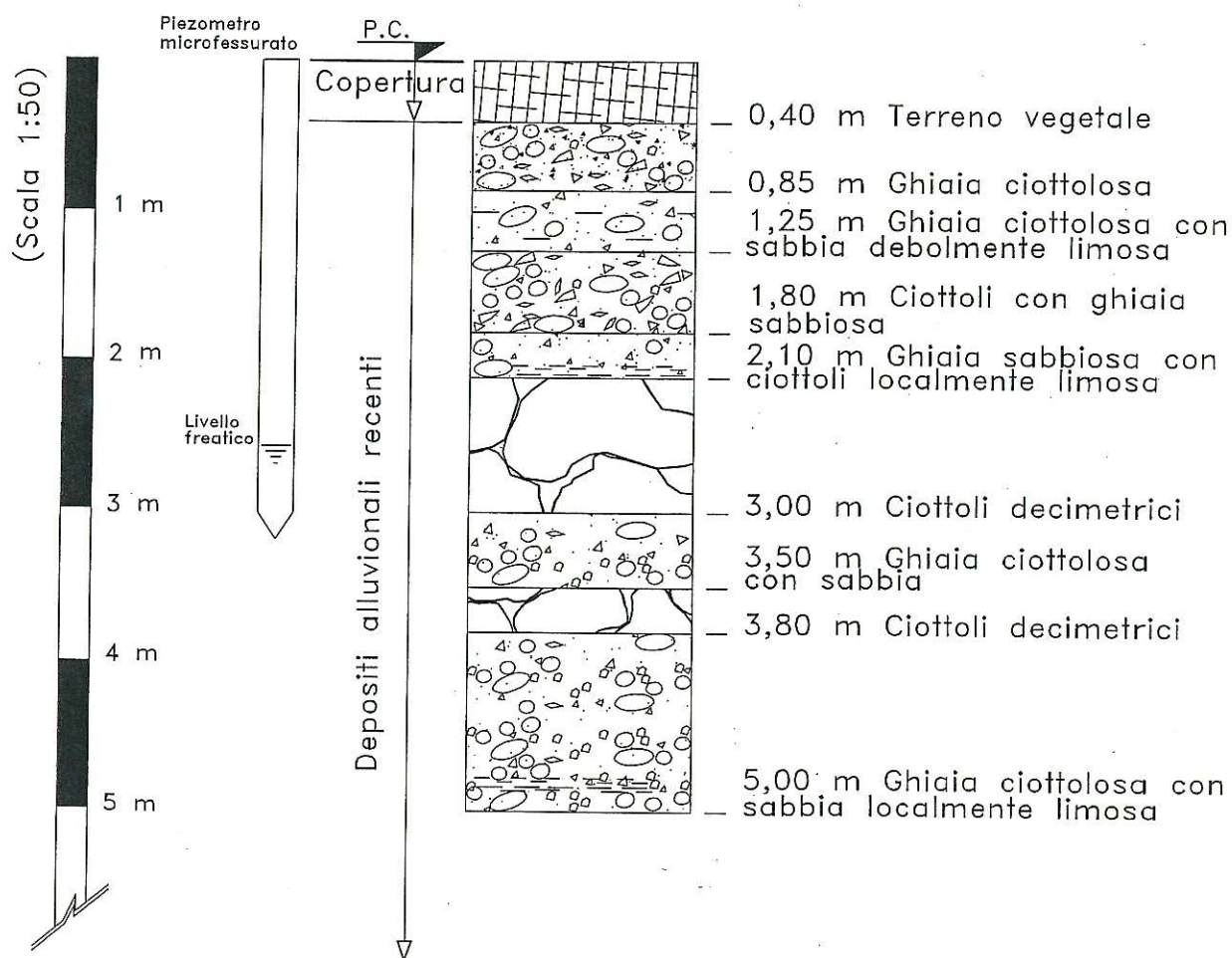
FIORANO AL SERIO (BG)

Stratigrafia del sondaggio S1



FIORANO AL SERIO (BG)

Stratigrafia del sondaggio S2



1. Sondaggio elettrico verticale, S.E.V. 1

E' stato ubicato lungo la cinta meridionale del cimitero, a circa 22 m dalla strada sterrata (all. 5).

I valori di resistività apparente sono compresi tra 427 e 740 Ohm*m.

L'interpretazione ha permesso di individuare cinque unità elettrostratigrafiche.

La stratigrafia del S.E.V. 1 è:

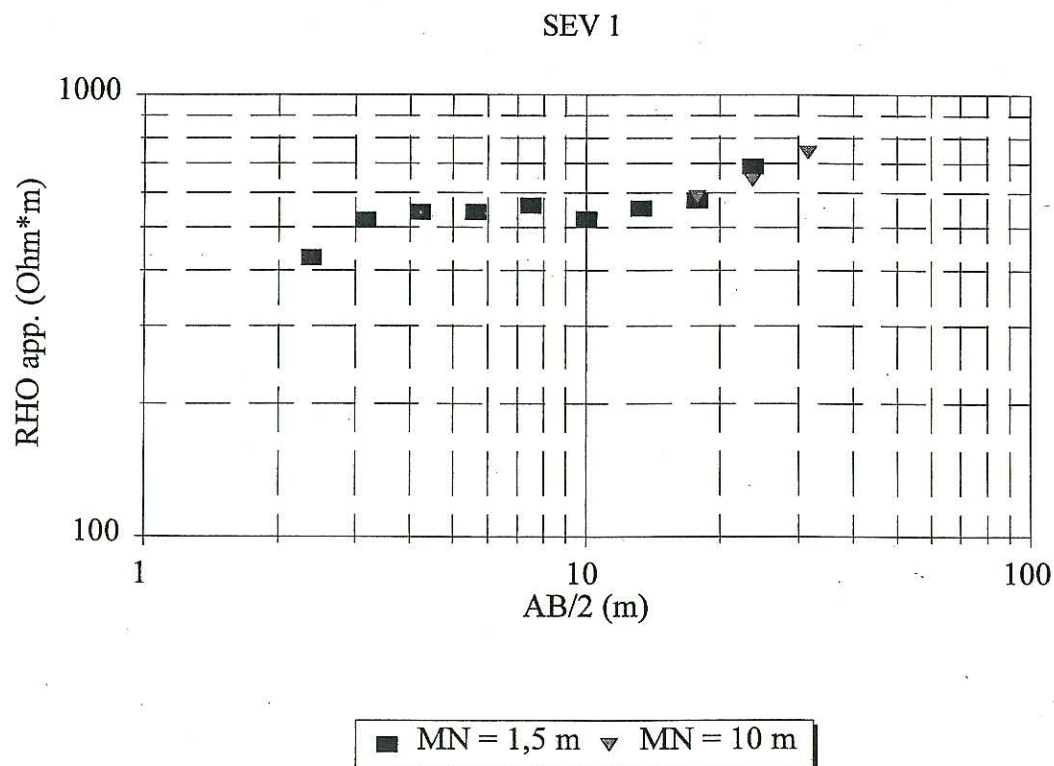
- 0÷0.70 m = terreno vegetale con resistività di 220 Ohm*m
- 0.70÷1.50 m = blocchi con ghiaie e sabbie con resistività di 1440 Ohm*m
- 1.5÷2.5 m = ghiaia e sabbia ciottolosa con resistività di 880 Ohm*m
- 2.5÷19.00 m = ghiaia e sabbia ciottolosa in falda, con resistività di 460 Ohm*m
- da 19.00 m = roccia (porfirite) con resistività di 5000 Ohm*m



Ampliamento del cimitero di Fiorano al Serio. Sondaggio elettrico verticale

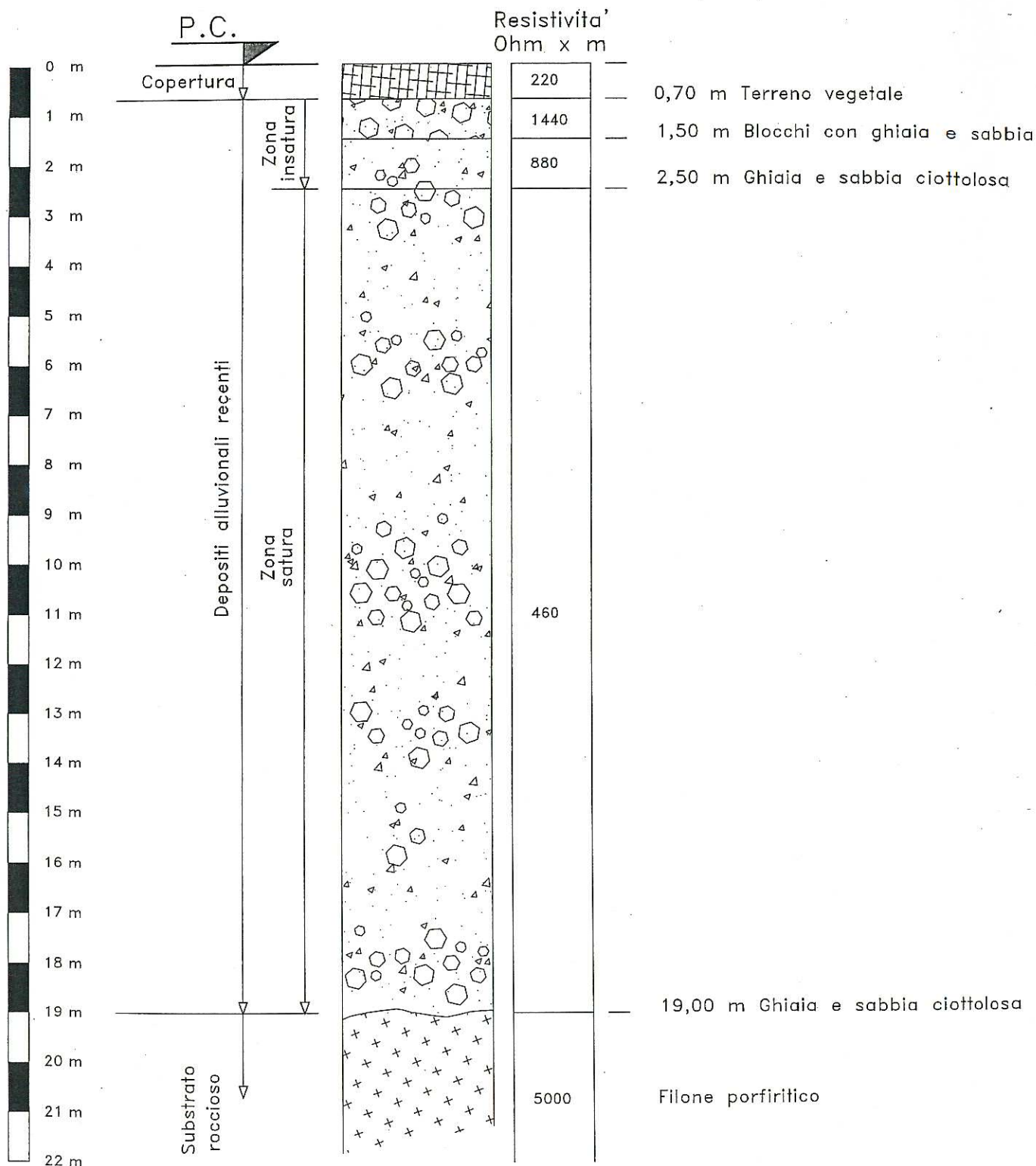
SEV 1

AB/2 (m)	RHO app. (Ohm*m)	
	MN = 1,5 m	MN = 10 m
2,37	427	
3,16	519	
4,21	541	
5,62	541,5	
7,49	561	
10	522	
13,33	552	
17,78	576	586,25
23,71	689	640
31,62		740



FIORANO AL SERIO (BG)

Stratigrafia del sondaggio elettrico verticale 1 (S.E.V.1)



2. Sondaggio elettrico verticale, S.E.V. 2

E' stato ubicato lungo la strada sterrata che costeggia ad Ovest l'area di espansione del cimitero, in corrispondenza della curva (all. 5).

I valori di resistività apparente sono compresi tra 138 e 838 Ohm*m.

L'interpretazione ha permesso di individuare tre unità elettrostratigrafiche.

La stratigrafia del S.E.V. 2 è:

- 0÷1.20 m = terreno vegetale con resistività di 75 Ohm*m
- 1.20÷3.00 m = ghiaia e sabbia con blocchi con resistività di 1500 Ohm*m
- da 3.00 m = ghiaia e sabbia ciottolosa in falda, con resistività di 660 Ohm*m

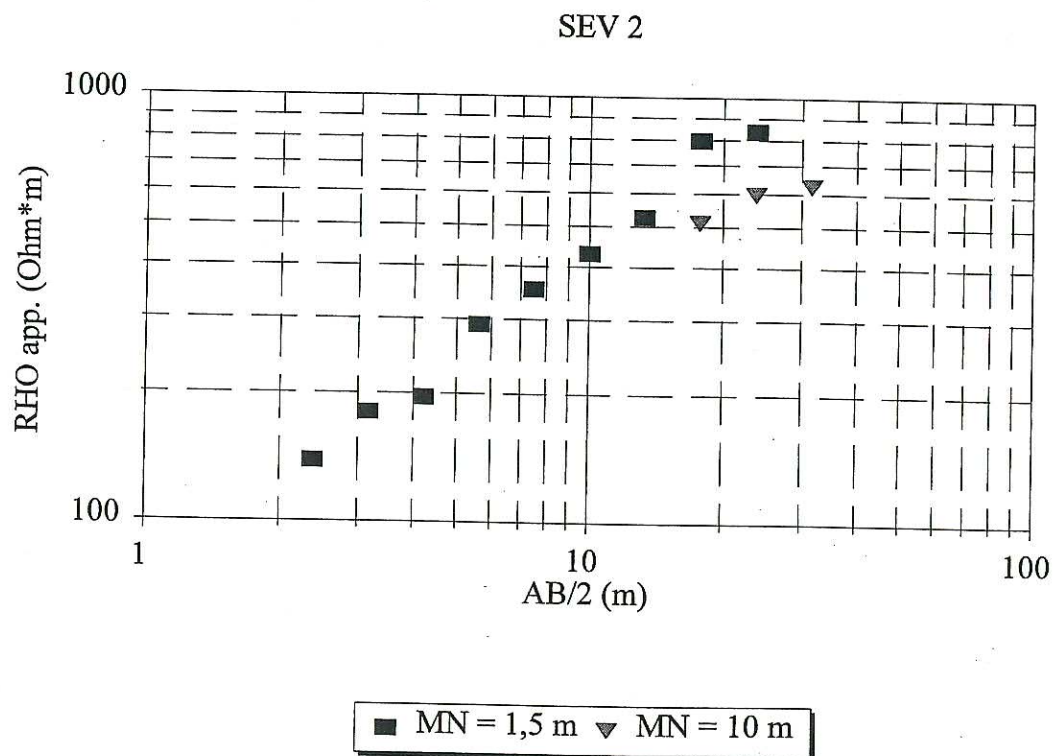
Il mancato intercettamento del substrato roccioso è dovuto al fatto che lo stesso si ubica ad una profondità superiore ai 20 m investigati con lo stendimento elettrico utilizzato.



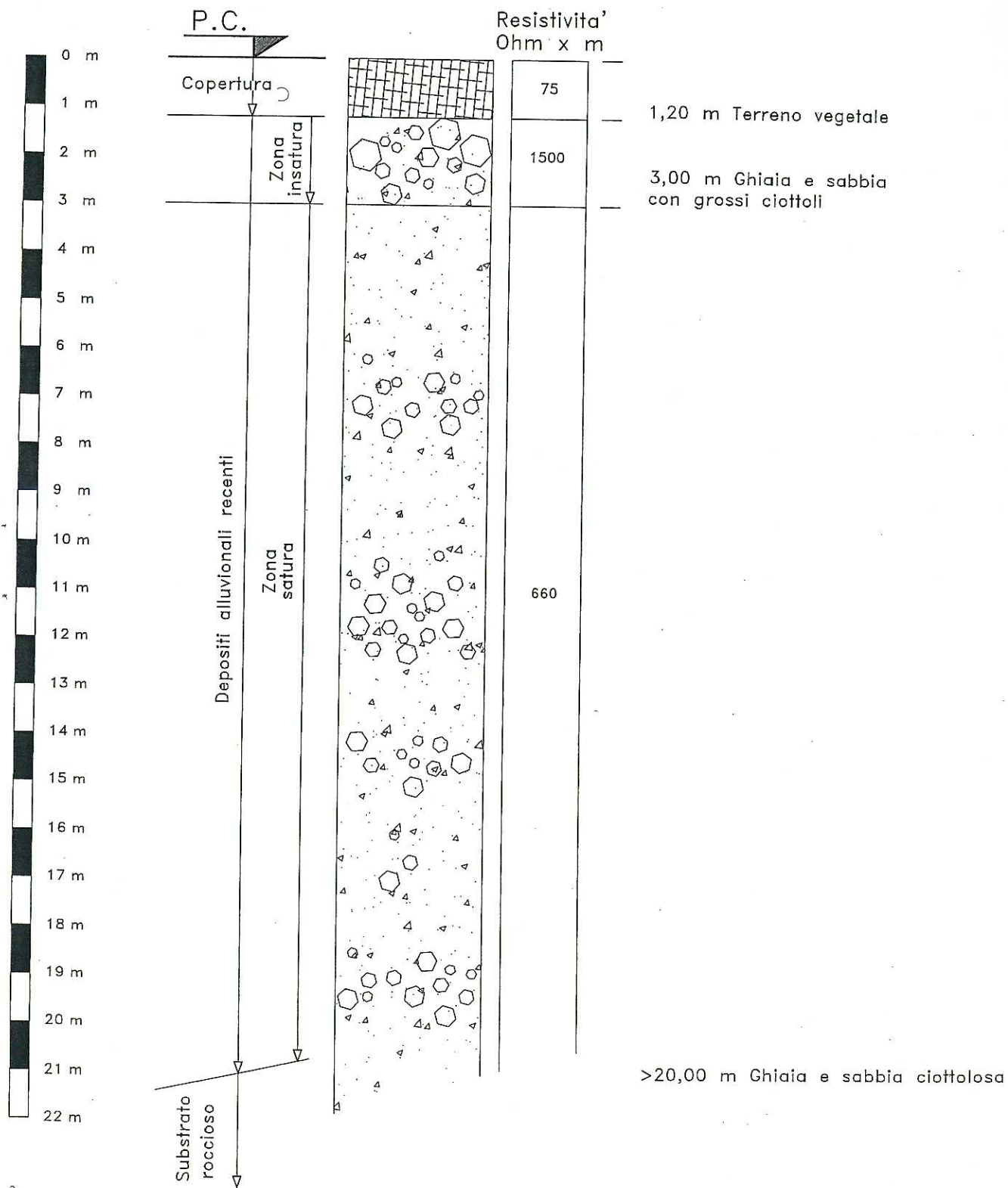
Ampliamento del cimitero di Fiorano al Serio. Sondaggio elettrico verticale

SEV 2

AB/2 (m)	RHO app. (Ohm*m)	
	MN = 1,5 m	MN = 10 m
2,37	138,44	
3,16	180,3	
4,21	195,61	
5,62	290,8	
7,49	353	
10	430	
13,33	524,87	
17,78	796,13	510,14
23,71	838	596,2
31,62		625



FIORANO AL SERIO (BG) Stratigrafia del sondaggio elettrico verticale 2 (S.E.V.2)



3. Sondaggio elettrico verticale, S.E.V. 3

E' stato ubicato lungo il rilevato della strada provinciale, a circa 10 m dal cimitero (all. 5).

I valori di resistività apparente sono compresi tra 118 e 398 Ohm*m.

L'interpretazione ha permesso di individuare quattro unità elettrostratigrafiche.

La stratigrafia del S.E.V. 3 è:

- 0÷0.90 m = terreno di riporto e vegetale con resistività di 55 Ohm*m
- 0.90÷1.70 m = ghiaia e sabbia ciottolosa con resistività di 500 Ohm*m
- 1.70÷5.50 m = sabbia e limi, probabilmente in falda con resistività di 128 Ohm*m
- da 5.50 m = roccia (carbonatica) con resistività di 910 Ohm*m.

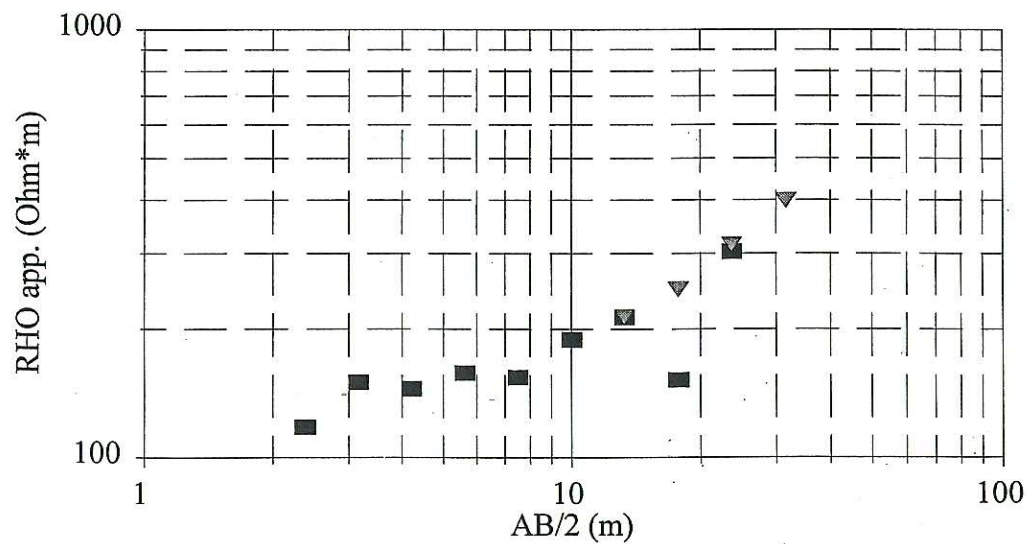


Ampliamento del cimitero di Fiorano al Serio . Sondaggio elettrico verticale

SEV 3

AB/2	RHO app.	
	MN = 1,5 m	MN = 10 m
2,37	118	
3,16	150	
4,21	145	
5,62	158	
7,49	154	
10	189	
13,33	213	213
17,78	152	247
23,71	303	314
31,62		398

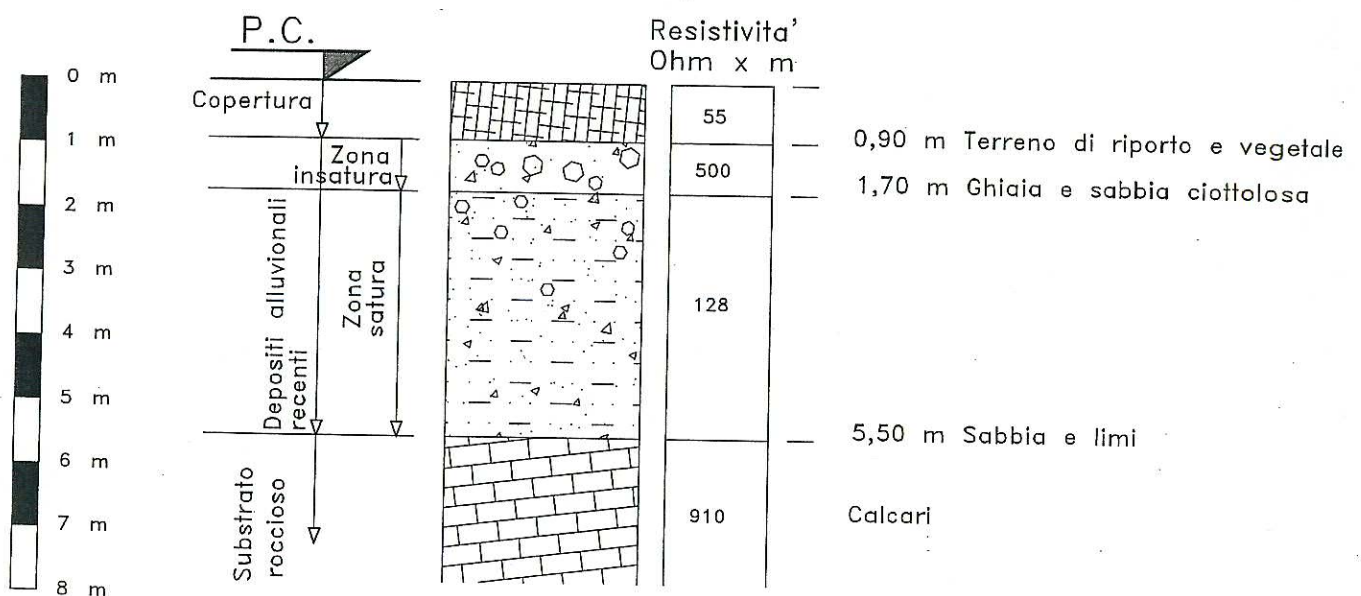
SEV 3



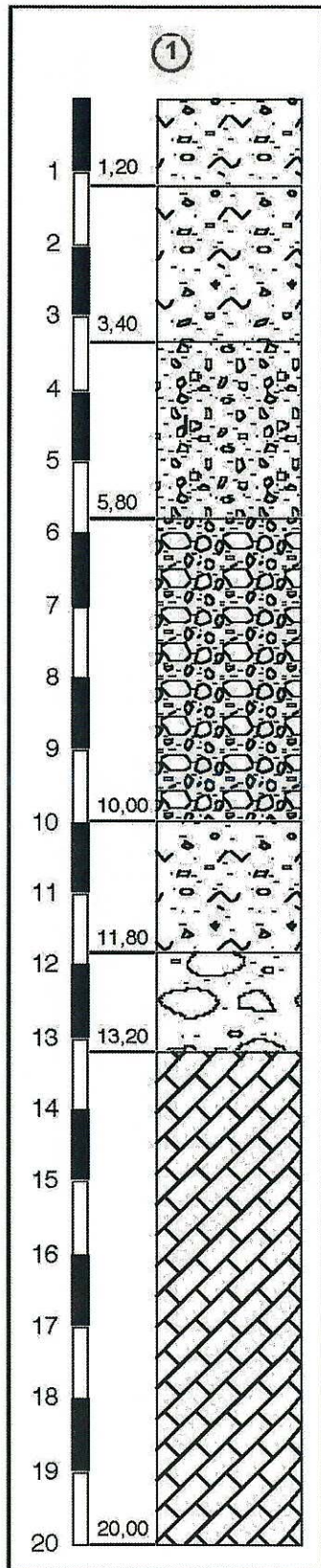
■ MN = 1,5 m ▼ MN = 10 m



FIORANO AL SERIO (BG) Stratigrafia del sondaggio elettrico verticale 3 (S.E.V.3)



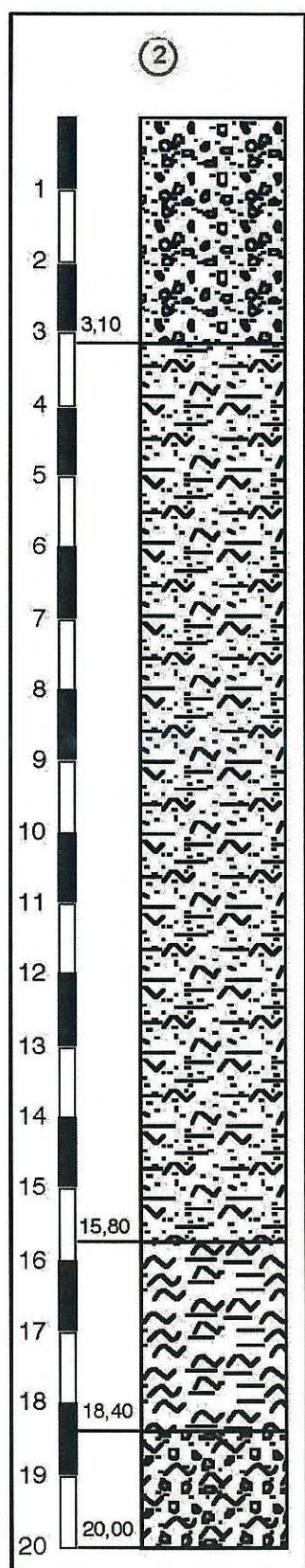
SONDAGGIO S1: tra campo sportivo e cimitero



STRATIGRAFIA:

- 0.0÷1.2 m: riporto detritico sabbioso-ghiaioso in matrice limosa grigia.
- 1.2÷3.4 m: sabbia con ghiaia e rari ciottoli subarrotondati (diametro max 5÷8 cm), in matrice limosa. Colore grigio.
- 3.4÷5.8 m: sabbia di colore grigio con rari ciottoli arrotondati grigi e neri.
- 5.8÷10.0 m: ghiaia sabbiosa con ciottoli poligenici.
- 10.0÷11.8 m: limo sabbioso debolmente argilloso, con inclusi di ghiaia e ghiaietto. Colore nocciola.
- 11.8÷13.2 m: ciottoli e trovanti poligenici in matrice sabbiosa.
- 13.2÷20.0 m: substrato roccioso costituito da calcari stratificati molto fratturati, di colore nerastro e con venature calcitiche.

SONDAGGIO S2: complesso residenziale via Papa Giovanni XXIII



STRATIGRAFIA:

0.0+3.1 m: ghiaia sabbiosa con rari ciottoli arrotondati poligenici eterometrici.

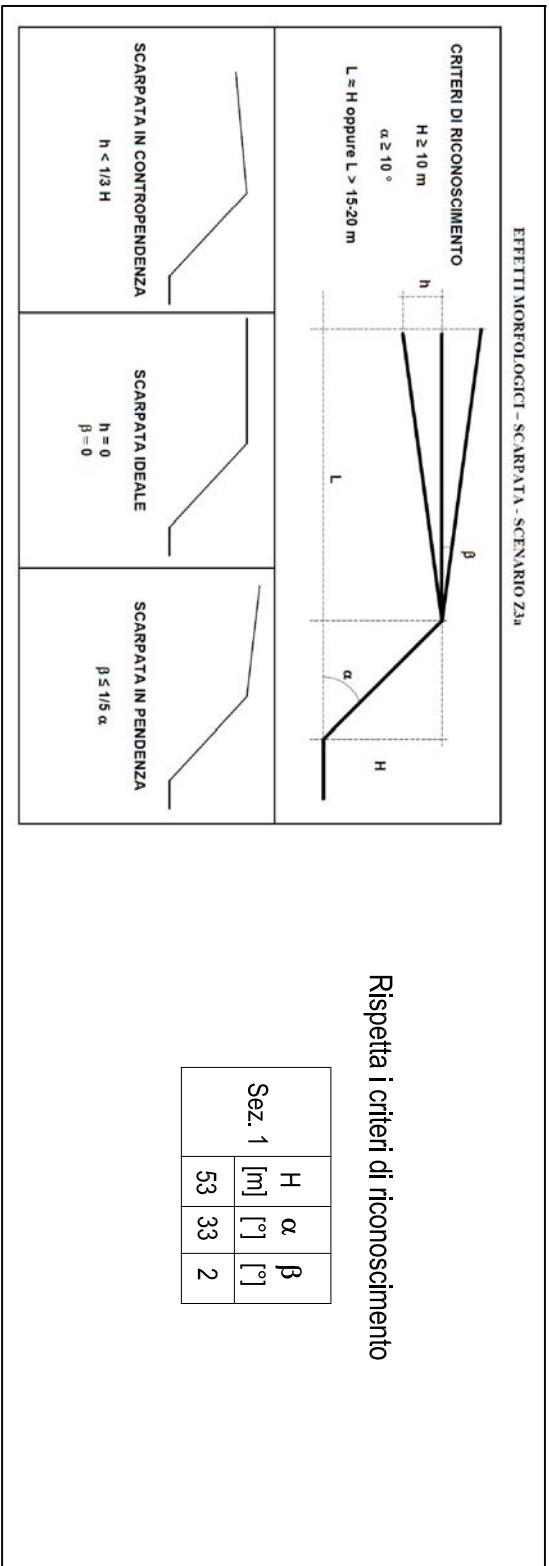
3.1+15.8 m: limo argilloso di colore bruno rossiccio con rari ciottoli.

15.8+18.4 m: limo sabbioso debolmente argilloso con rari ciottoli, di colore bruno chiaro.

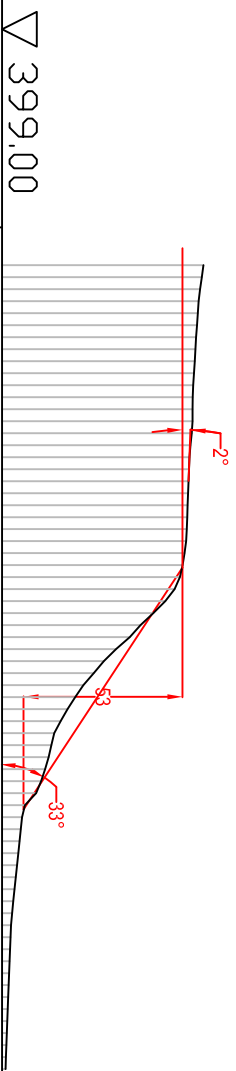
18.4+20.0 m: limo argilloso con abbondanti ciottoli arrotondati poligenici di dimensioni max 6 cm e livelletti sabbiosi molto sottili.

APPENDICE 2

Schede di valutazione morfologica: Sezioni topografiche

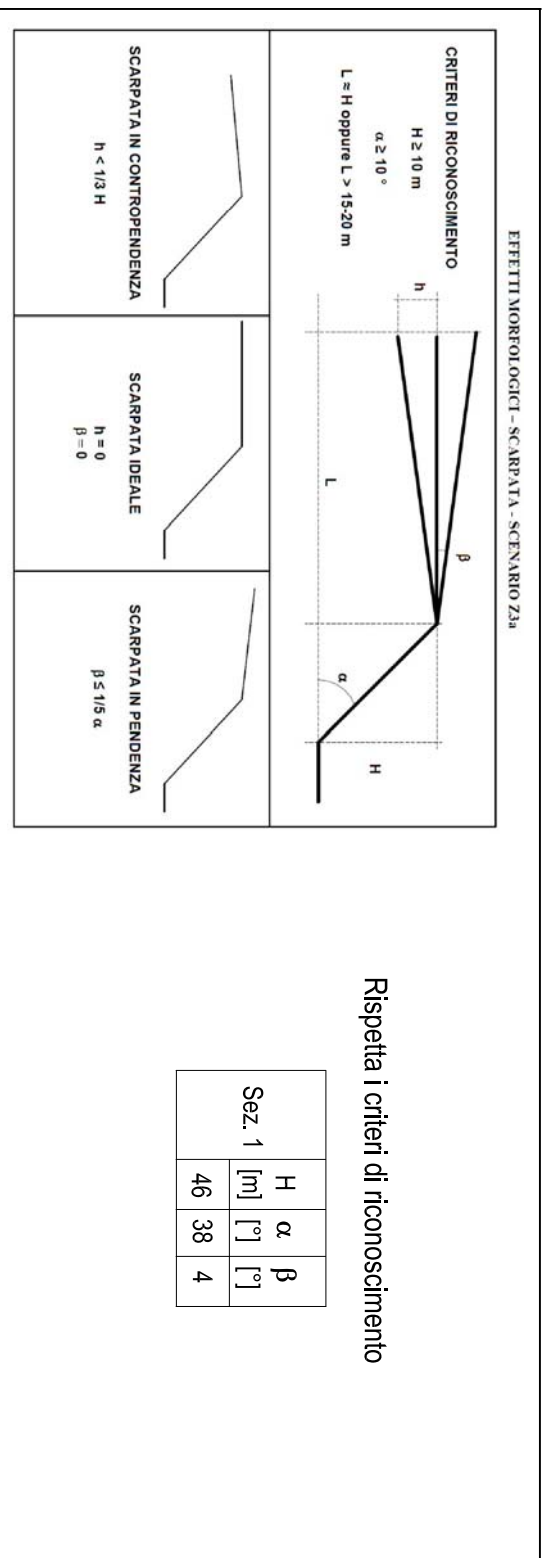


SEZIONE S1



ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE TERRENO 1:2500
	3,97	465.60
		465.03
		463.76
		462.71
		462.44
		461.69
		461.28
		460.64
		460.22
		459.32
		458.71
		453.01
		441.23
		436.70
		425.91
		418.40
		416.26
		410.29
		406.56
		404.79
		403.54
		403.14
		401.98
		401.51
		401.07
		400.88
		400.46
	3,97	265.81

Figura A/2: Sezione S1

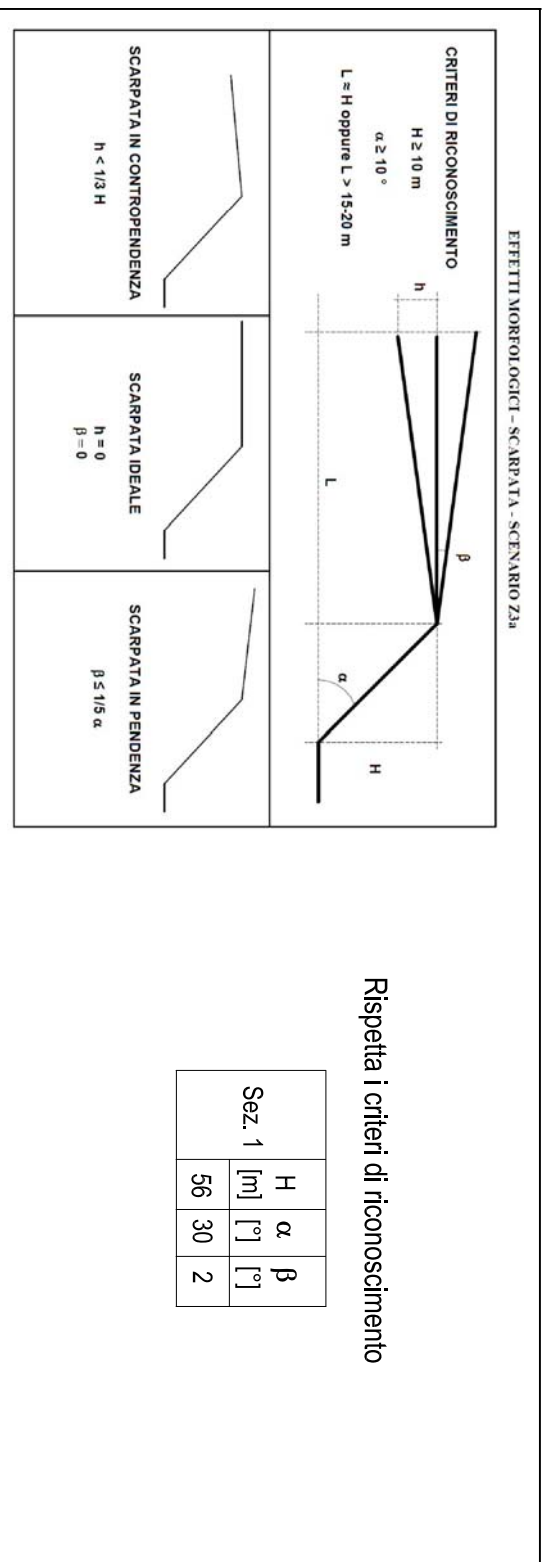


SEZIONE S2



ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE TERRENO 1:2500
	3.96	397.00
		462.37
		462.58
		463.20
		463.21
		462.40
		462.04
		460.60
		458.73
		456.19
		447.04
		437.90
		433.08
		419.77
		416.55
		412.99
		412.09
		411.49
		407.70
		405.84
		403.48
		401.74
		399.65
		398.92
		398.71
		398.60
		398.71
		398.74
	3.96	257.72

Figura A/2: Sezione S2



SEZIONE S3

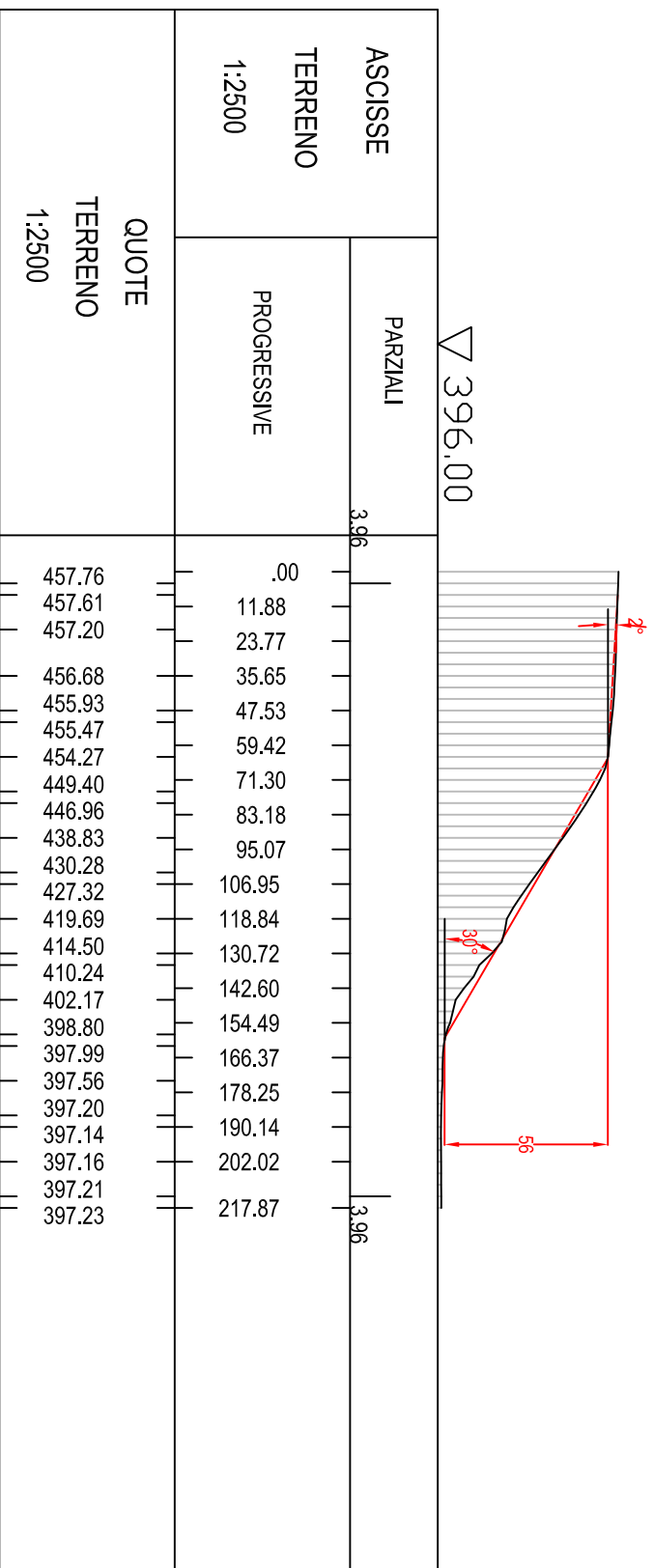
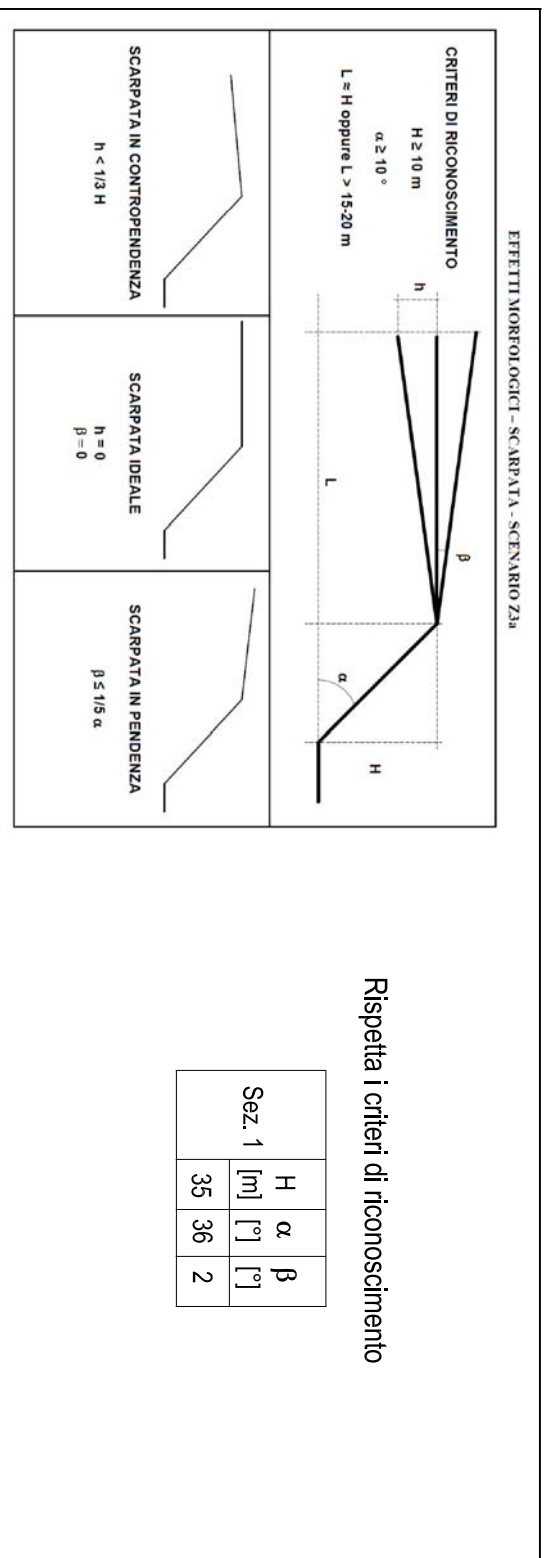
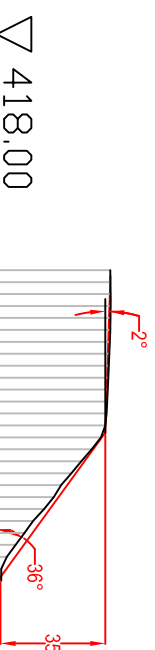


Figura A/2: Sezione S3

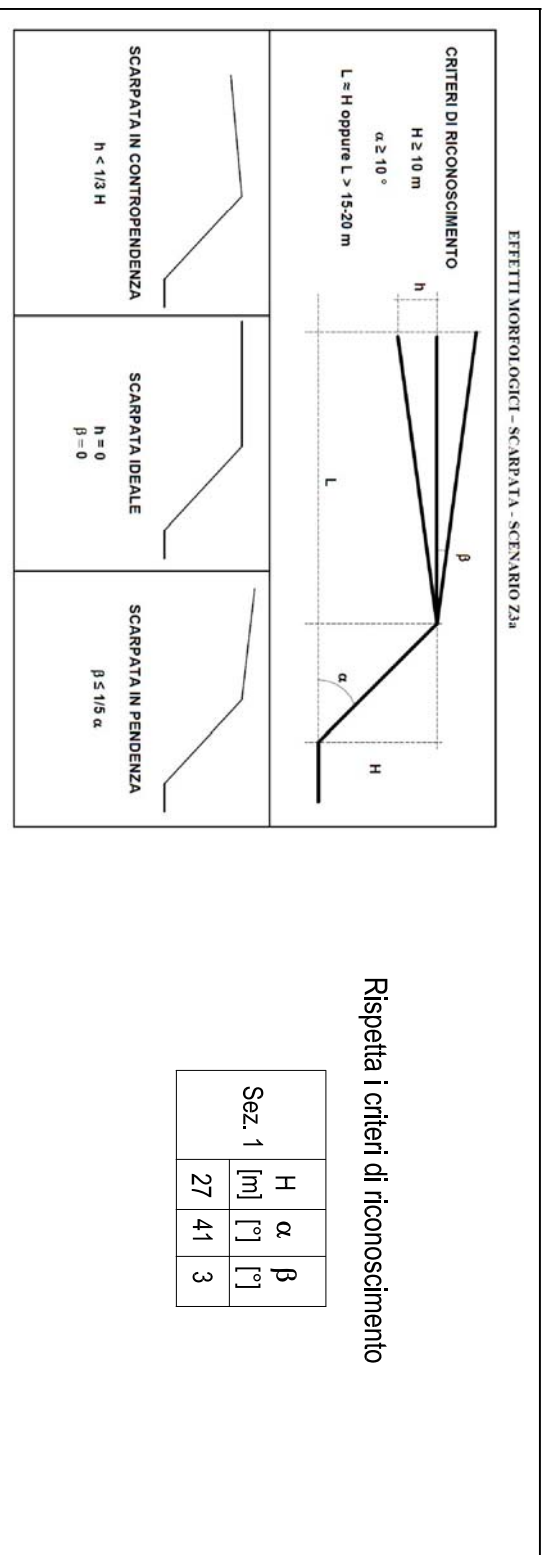


SEZIONE S4

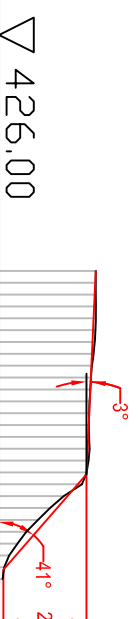


ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE TERRENO 1:2500
	3.95	455.59
		455.64
	11.85	455.65
	23.69	455.14
	35.54	454.93
	47.39	454.37
	59.23	449.43
	71.08	446.01
	82.93	433.75
	102.67	430.09
		421.40

Figura A/2: Sezione S4

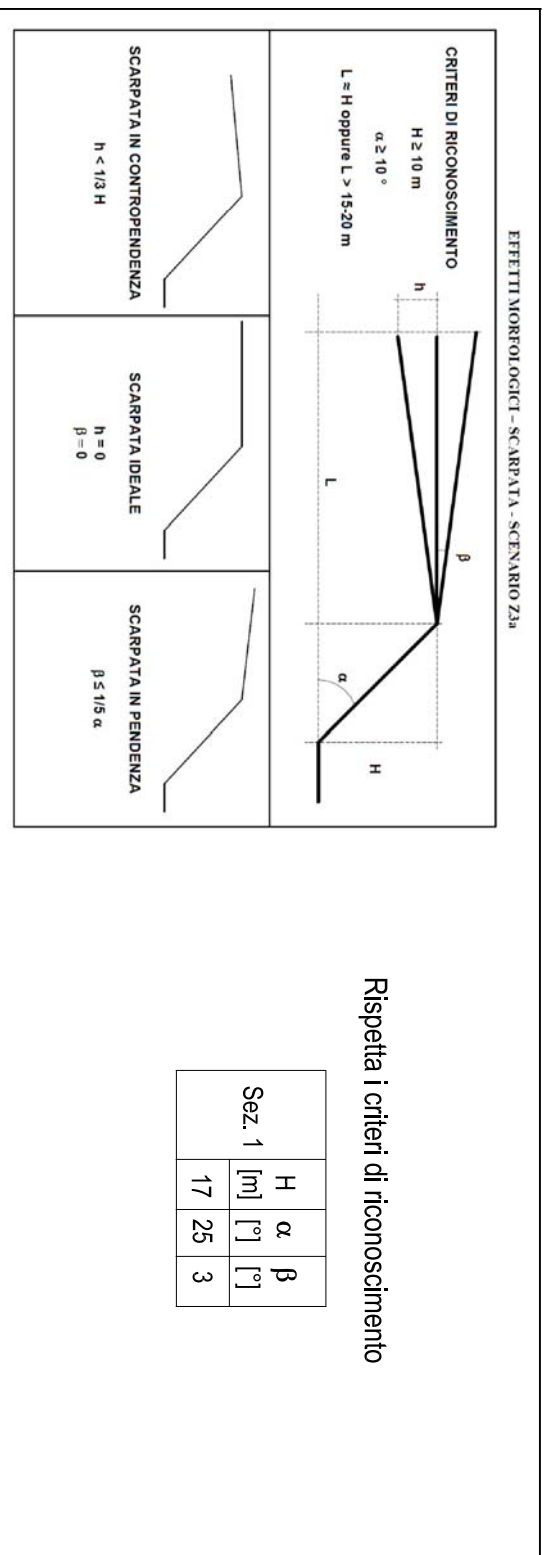


SEZIONE S5



ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE TERRENO 1:2500
	3.92	458.00
		458.00
		457.63
		457.17
		456.01
		455.71
		455.95
		453.43
		447.40
		435.01
		427.69
		427.17
	3.92	
		11.76
		23.52
		35.28
		47.05
		58.81
		70.57
		82.33
	101.93	

Figura A/2: Sezione S5



SEZIONE S6

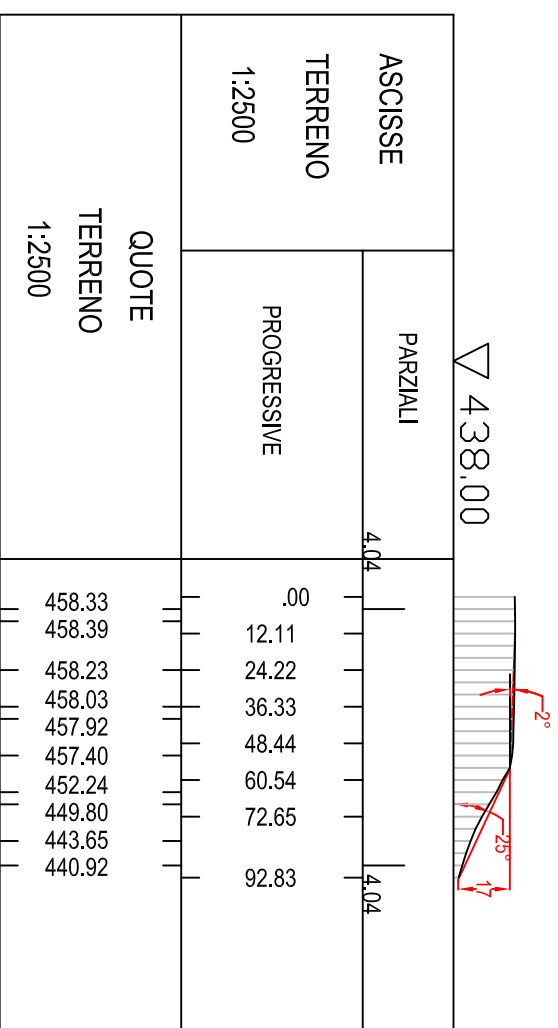
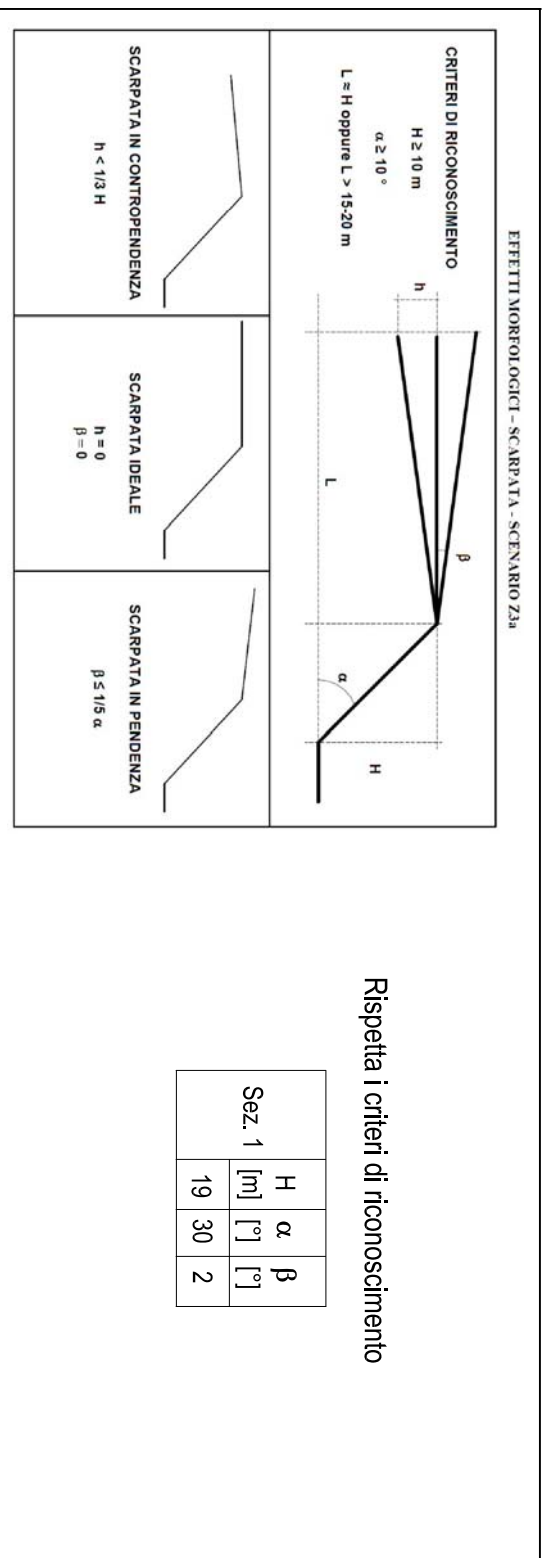


Figura A/2: Sezione S6



SEZIONE S7

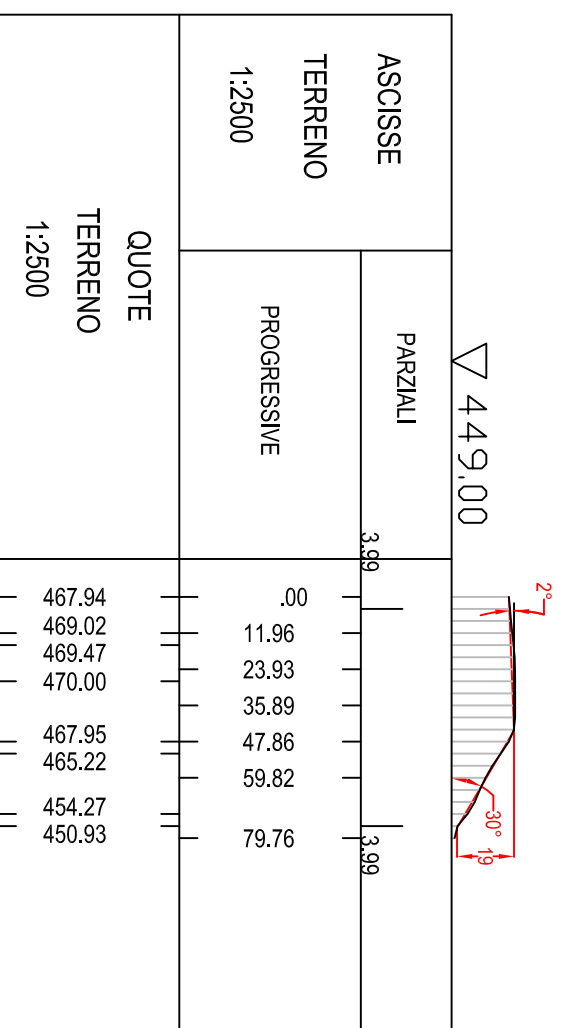
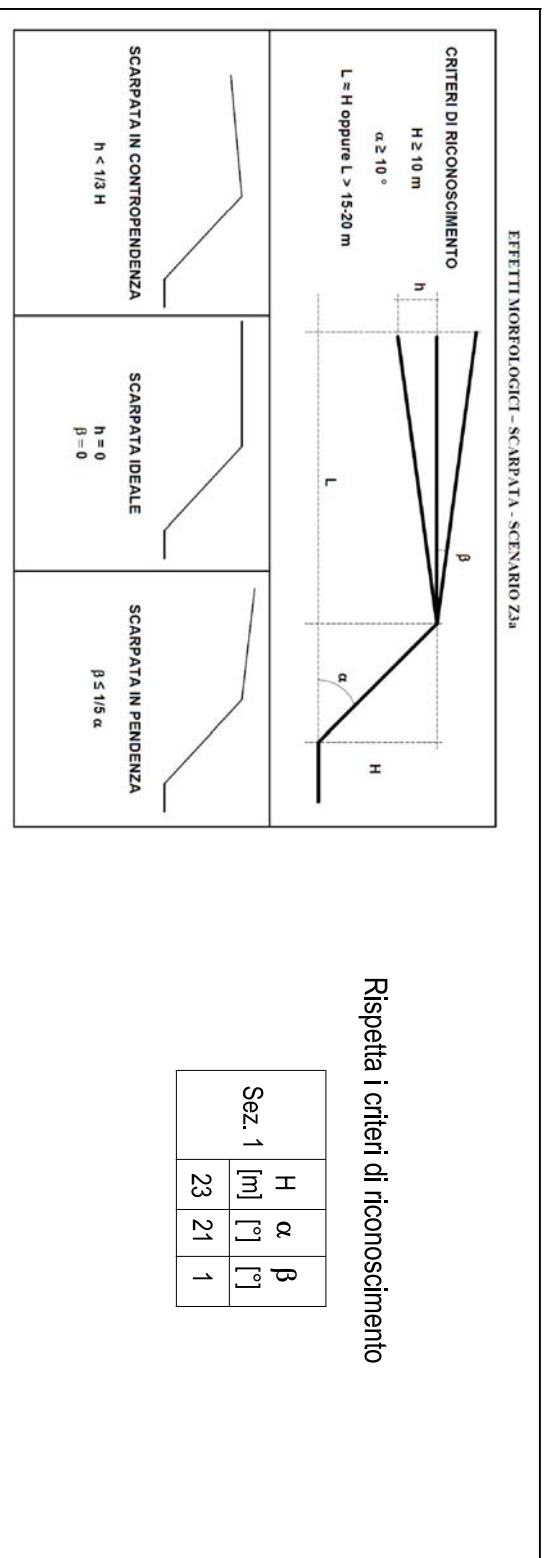
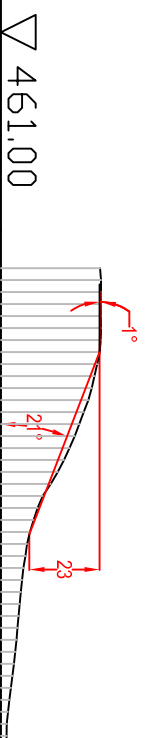


Figura A/2: Sezione S7

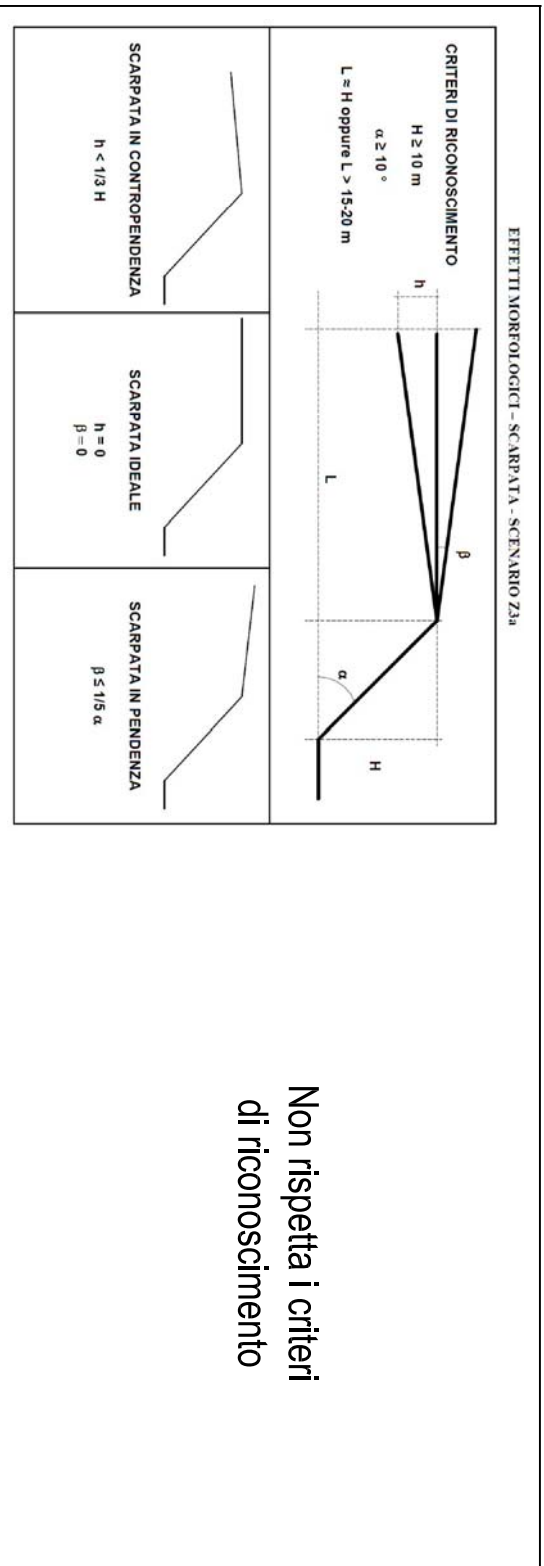


SEZIONE S8



ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE TERRENO 1:2500
	3.96	493.75
		494.06
		494.00
		492.82
		489.88
		488.33
		483.65
		477.44
		474.81
		470.55
		468.39
		467.96
		466.82
		465.69
		464.32
		463.77
		462.82
	158.60	
	3.96	

Figura A/2: Sezione S8

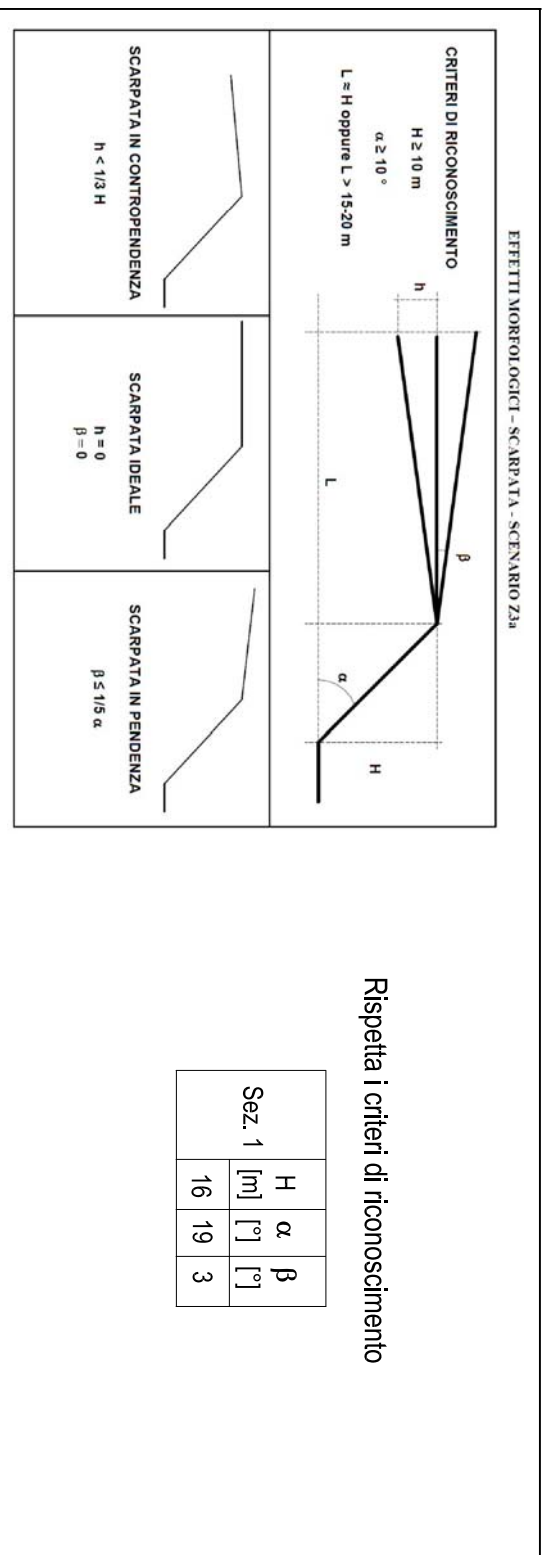


SEZIONE S9

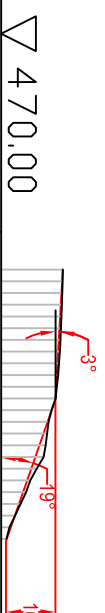


ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE TERRENO 1:2500
	3,97	
		.00
		11.93
		23.85
		35.78
		47.70
		59.63
		71.55
		83.47
		95.40
		107.32
		119.25
		131.18
	3,98	
		151.05
		492.31
		492.16
		491.98
		490.99
		490.61
		488.74
		485.63
		484.47
		481.31
		478.52
		477.70
		475.63
		473.45
		472.65
		472.00

Figura A/2: Sezione S9



SEZIONE S10



ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE
	3,87	490.32
		490.16
		489.80
		489.15
		487.99
		486.69
		484.05
		481.78
		476.42
		471.75
	3,87	

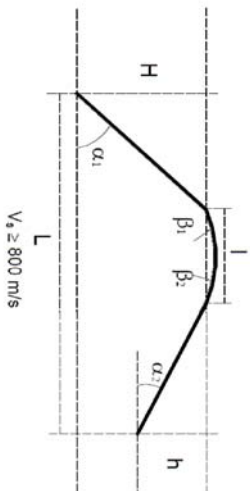
Figura A/2: Sezione S10

CRITERI DI RICONOSCIMENTO

CRESTA
 $\alpha_1 \geq 10^\circ$ e $\alpha_2 \geq 10^\circ$
 $h \geq 1/3 H$

CRESTA ARROTONDATA
 $\beta_1 < 10^\circ$ e $\beta_2 < 10^\circ$
 $l \geq 1/3 L$

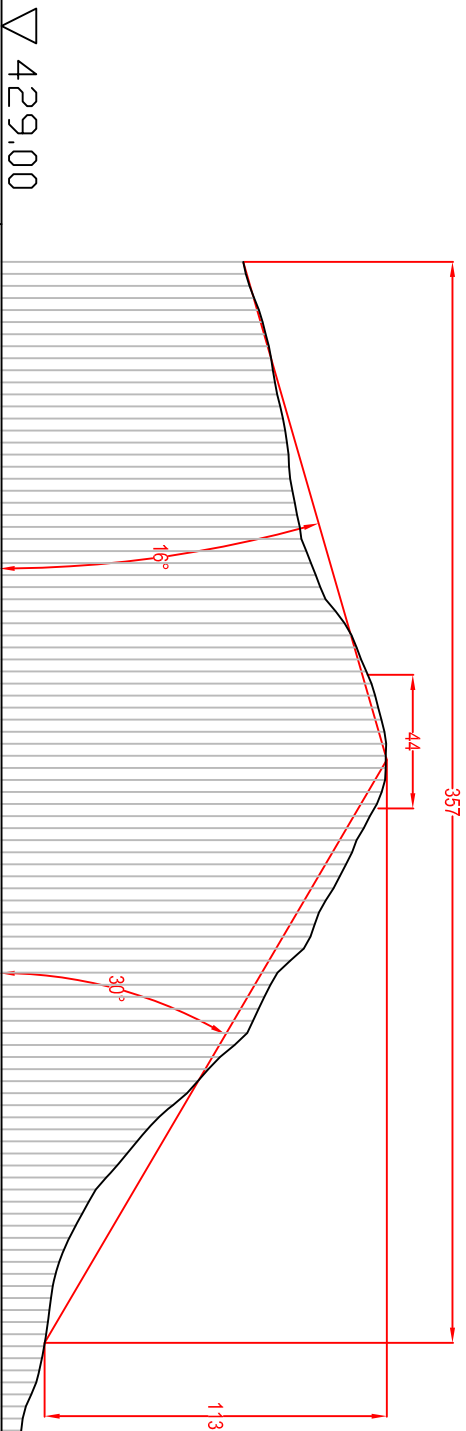
CRESTA APPUNTITA
 $l < 1/3 L$



Rispetta i criteri di riconoscimento

Sez. 11	L [m]	l [m]	H [m]	α_1 [°]	α_2 [°]	H/L [-]
	375	44	113	16	30	0.30

SEZIONE S11



ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE TERRENO 1:2500
	3.98	429.00
		508.93
	11.95	512.51
	23.90	514.09
	35.85	517.38
	47.80	520.16
	59.75	521.13
	71.70	523.39
	83.65	524.43
	95.61	525.19
	107.56	528.14
	119.51	529.76
	131.46	536.15
	143.41	539.47
	155.36	547.88
	167.31	549.62
	179.26	553.54
	191.21	556.17
	203.16	556.00
	215.11	553.13
	227.06	550.76
	239.01	544.89
	250.96	538.78
	262.92	536.18
	274.87	528.92
	286.82	524.50
	298.77	515.91
	310.72	506.08
	322.67	501.24
	334.62	485.70
	346.57	480.92
	358.52	467.14
	370.47	463.62
	382.42	455.70
	394.37	449.60
	406.33	448.14
		444.86
		444.36
		442.38
		438.84
		437.06
		434.01
		431.10
	3.98	

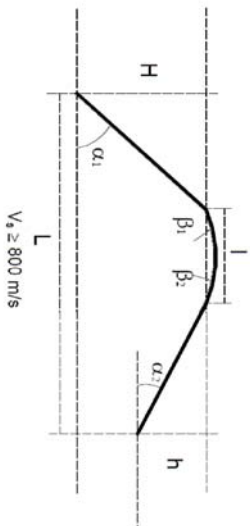
Figura A/2: Sezione S11

CRITERI DI RICONOSCIMENTO

CRESTA
 $\alpha_1 \geq 10^\circ$ e $\alpha_2 \geq 10^\circ$
 $h \geq 1/3 H$

CRESTA ARROTONDATA
 $\beta_1 < 10^\circ$ e $\beta_2 < 10^\circ$
 $l \geq 1/3 L$

CRESTA APPUNTITA
 $l < 1/3 L$



Rispetta i criteri di riconoscimento

Sez. 11	L [m]	l [m]	H [m]	α_1 [°]	α_2 [°]	H/L
	390	48	127	22	27	0.33

SEZIONE S12

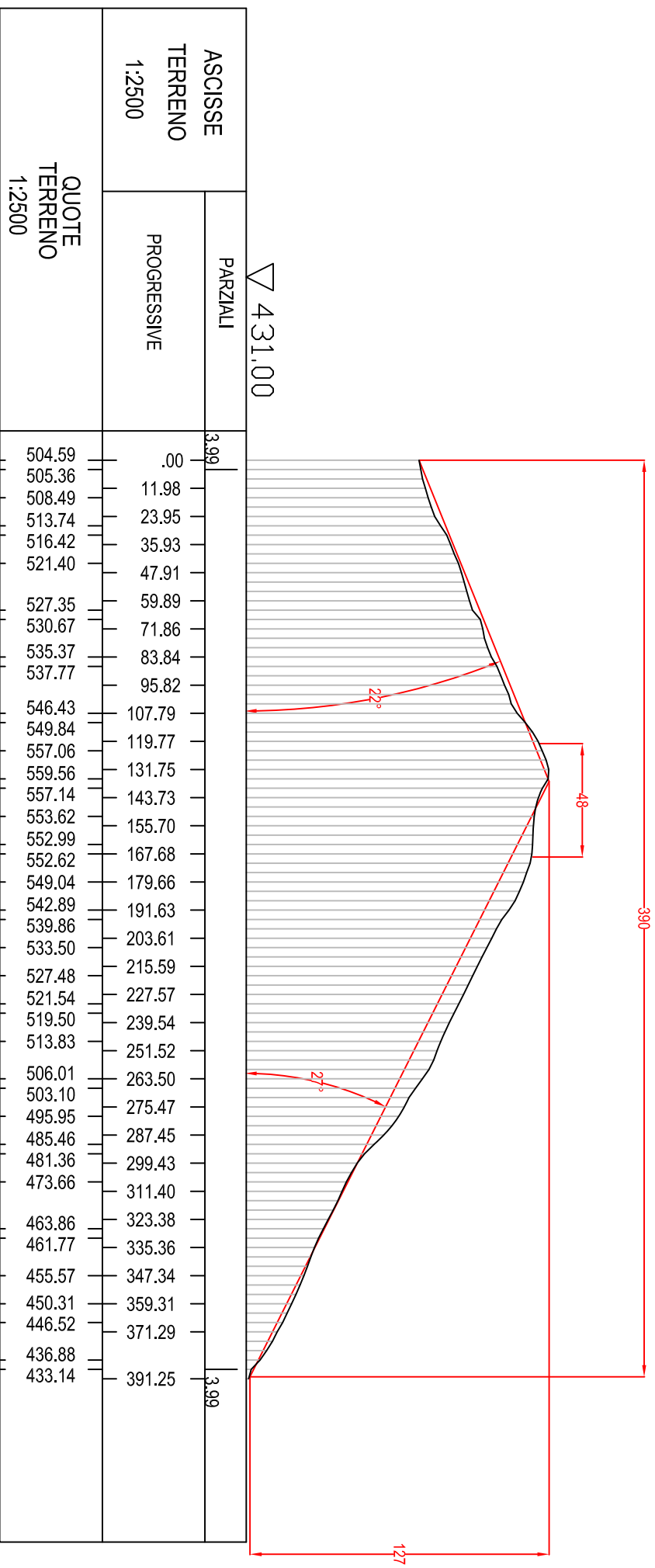
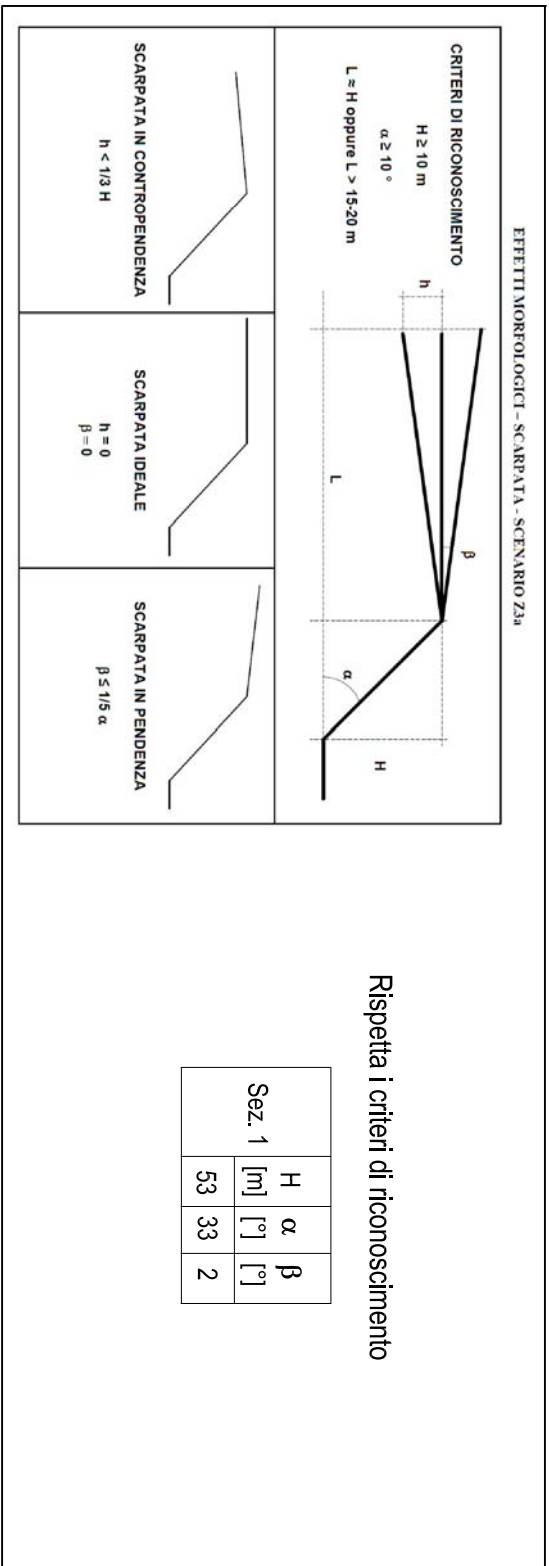


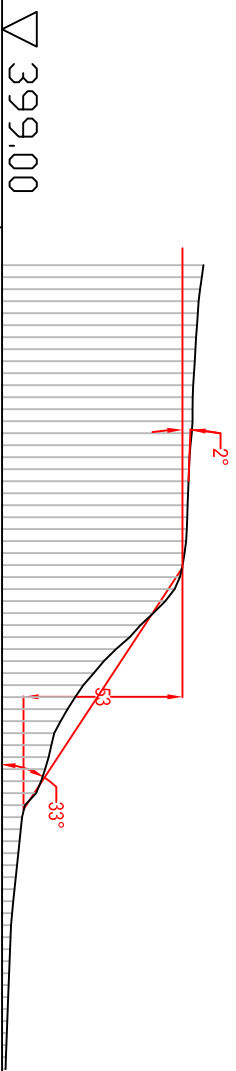
Figura A/2: Sezione S12

APPENDICE 2

Schede di valutazione morfologica: Sezioni topografiche

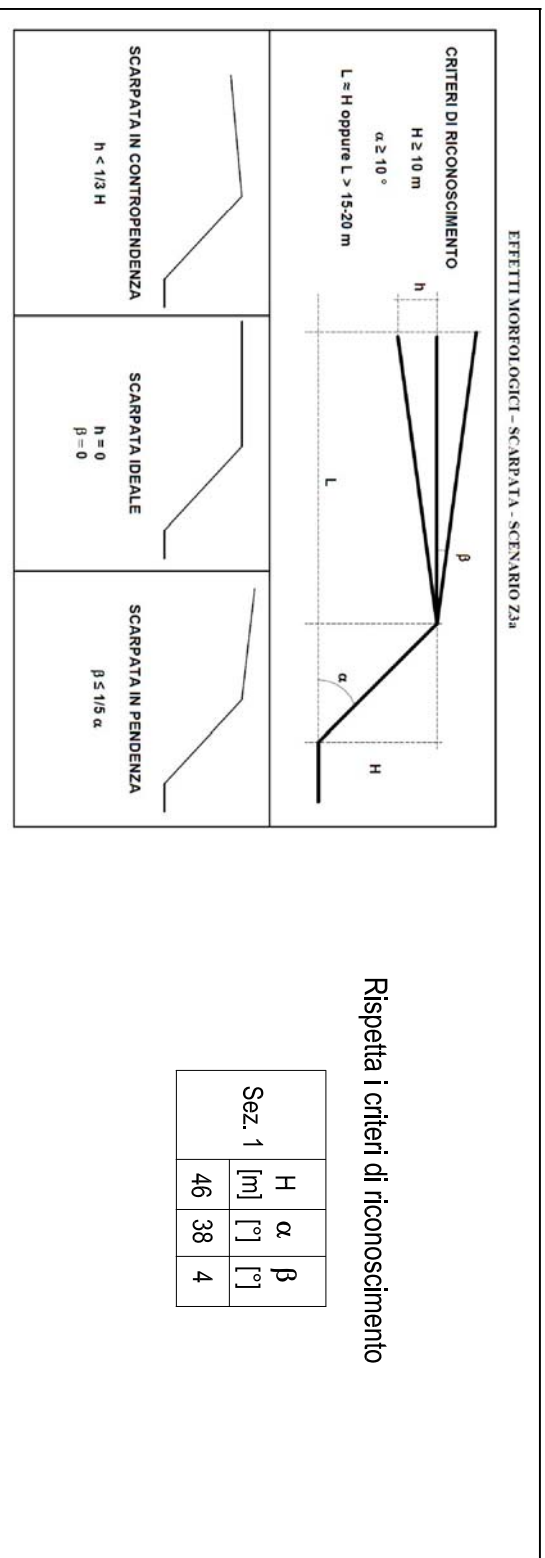


SEZIONE S1



ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE TERRENO 1:2500
	3.97	465.60
		465.03
		463.76
		462.71
		462.44
		461.69
		461.28
		460.64
		460.22
		459.32
		458.71
		453.01
		441.23
		436.70
		425.91
		418.40
		416.26
		410.29
		406.56
		404.79
		403.54
		403.14
		401.98
		401.51
		401.07
		400.88
		400.46
	3.97	265.81

Figura A/2: Sezione S1

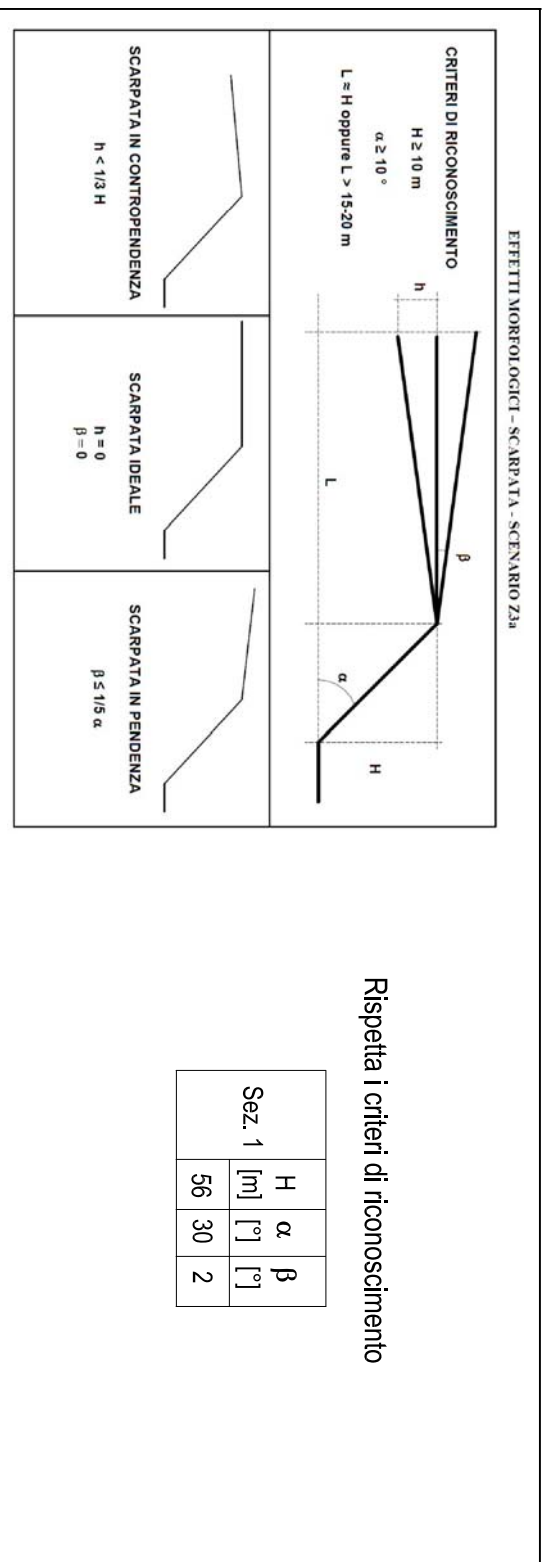


SEZIONE S2

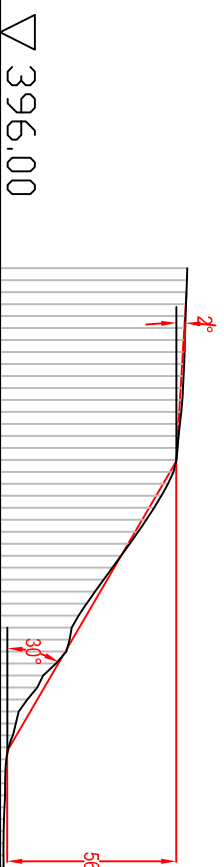


ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE TERRENO 1:2500
	3.96	397.00
		462.37
		462.58
		463.20
		463.21
		462.40
		462.04
		460.60
		458.73
		456.19
		447.04
		437.90
		433.08
		419.77
		416.55
		412.99
		412.09
		411.49
		407.70
		405.84
		403.48
		401.74
		399.65
		398.92
		398.71
		398.60
		398.71
		398.74
	3.96	257.72

Figura A/2: Sezione S2

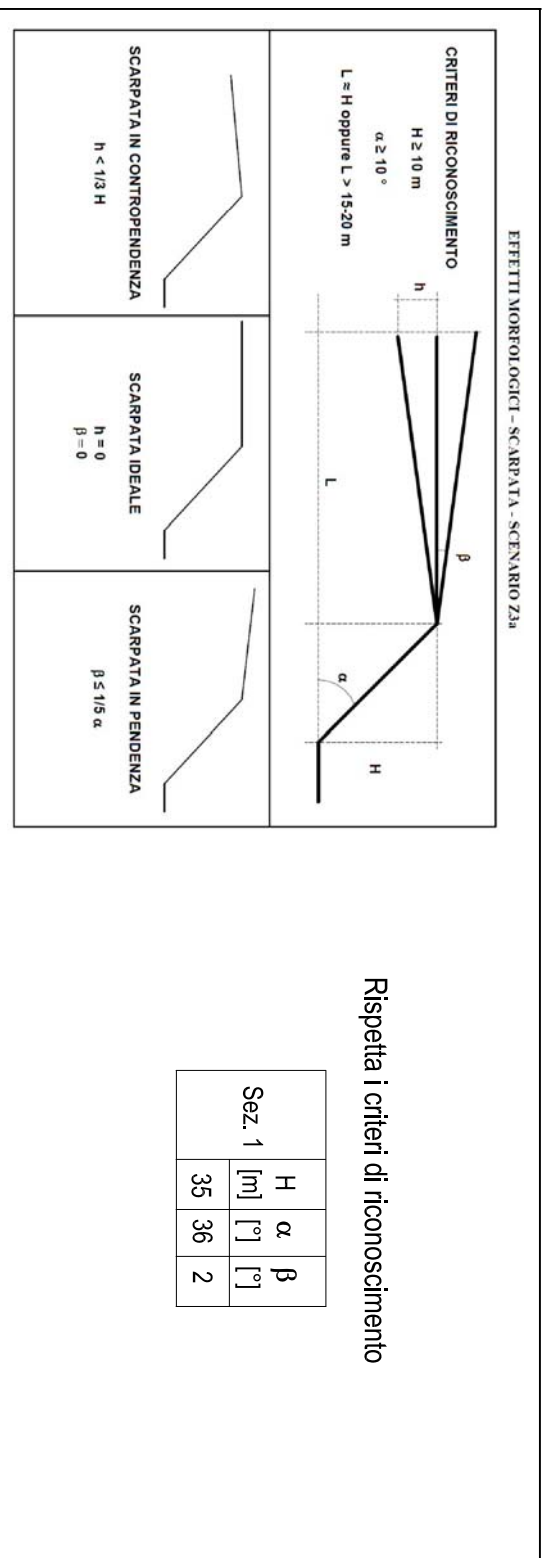


SEZIONE S3

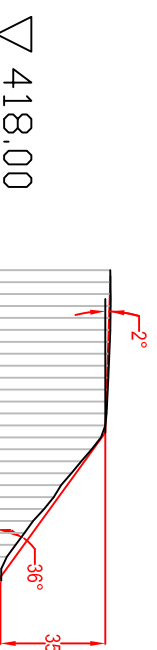


ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE TERRENO 1:2500
	3.96	
		396.00
		457.76
		457.61
		457.20
		456.68
		455.93
		455.47
		454.27
		449.40
		446.96
		438.83
		430.28
		427.32
		419.69
		414.50
		410.24
		402.17
		398.80
		397.99
		397.56
		397.20
		397.14
		397.16
		397.21
		397.23
	3.96	

Figura A/2: Sezione S3

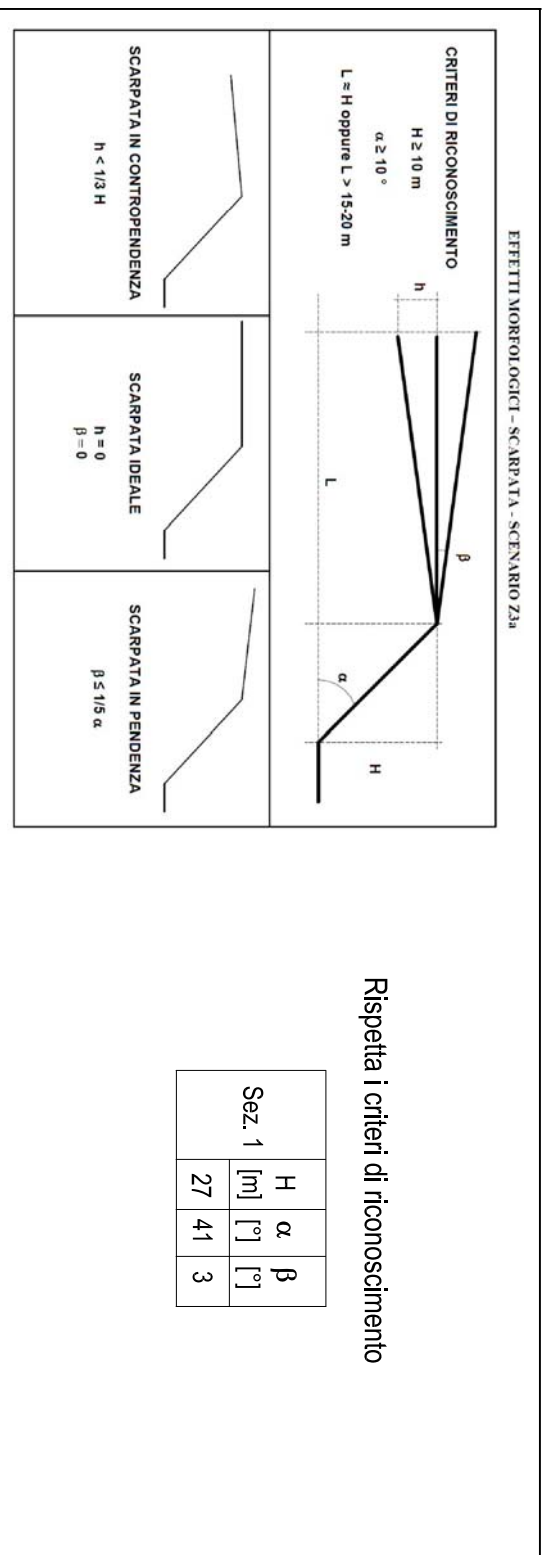


SEZIONE S4

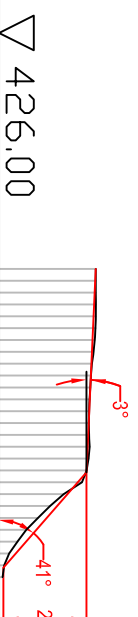


ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE TERRENO 1:2500
	3,95	455.59
		455.64
	11.85	455.65
	23.69	455.14
	35.54	454.93
	47.39	454.37
	59.23	449.43
	71.08	446.01
	82.93	433.75
	102.67	430.09
		421.40

Figura A/2: Sezione S4

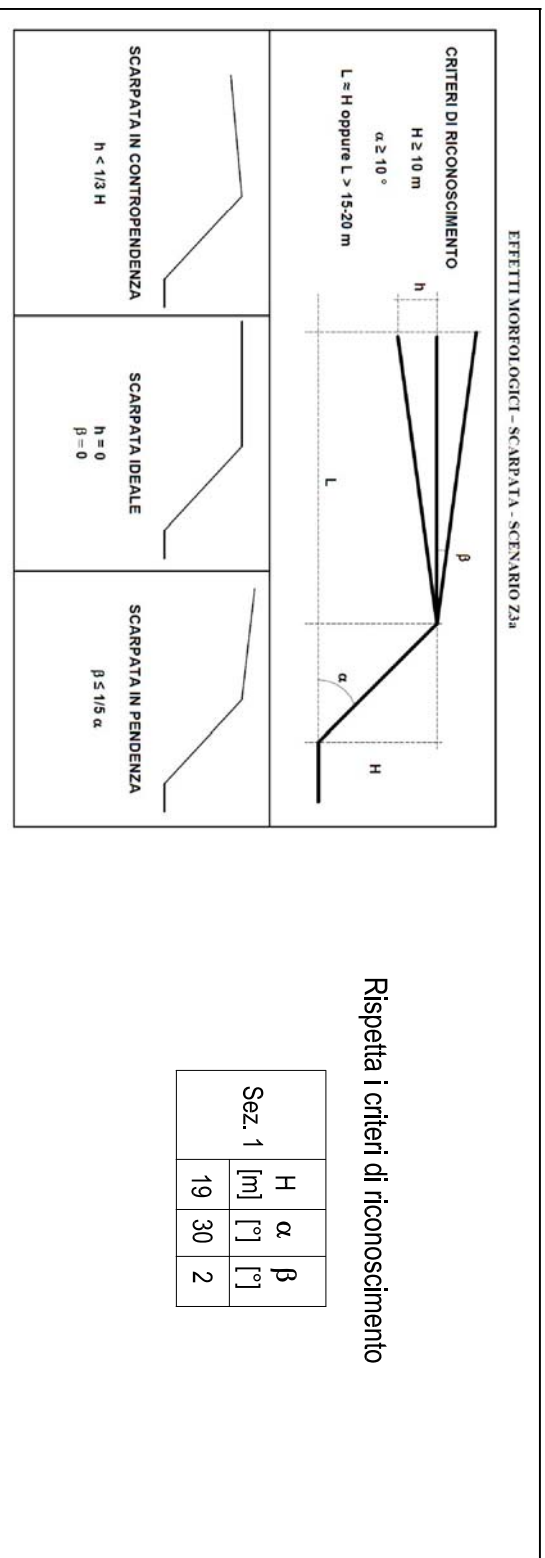


SEZIONE S5



ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE TERRENO 1:2500
	3.92	
		.00
	11.76	
	23.52	
	35.28	
	47.05	
	58.81	
	70.57	
	82.33	
	101.93	
	3.92	
		458.00
		458.00
		457.63
		457.17
		456.01
		455.71
		455.95
		453.43
		447.40
		435.01
		427.69
		427.17

Figura A/2: Sezione S5



SEZIONE S7

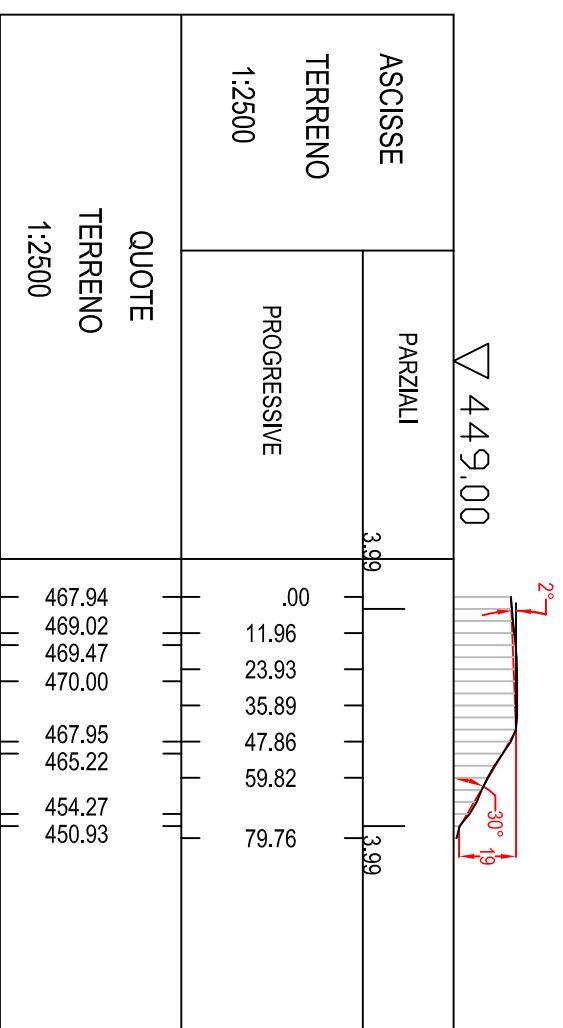
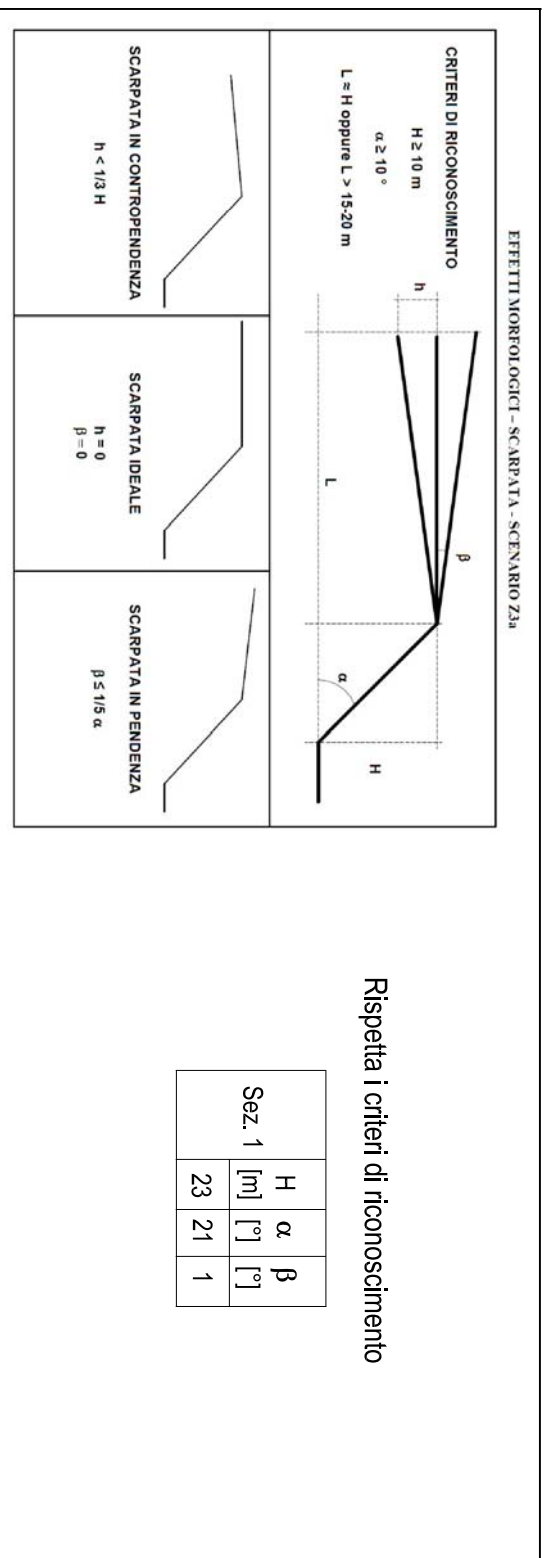
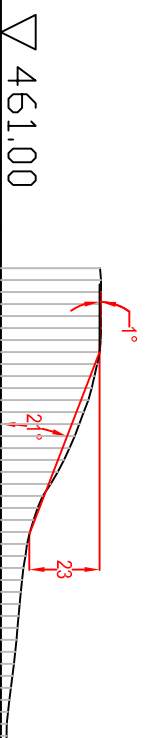


Figura A/2: Sezione S7

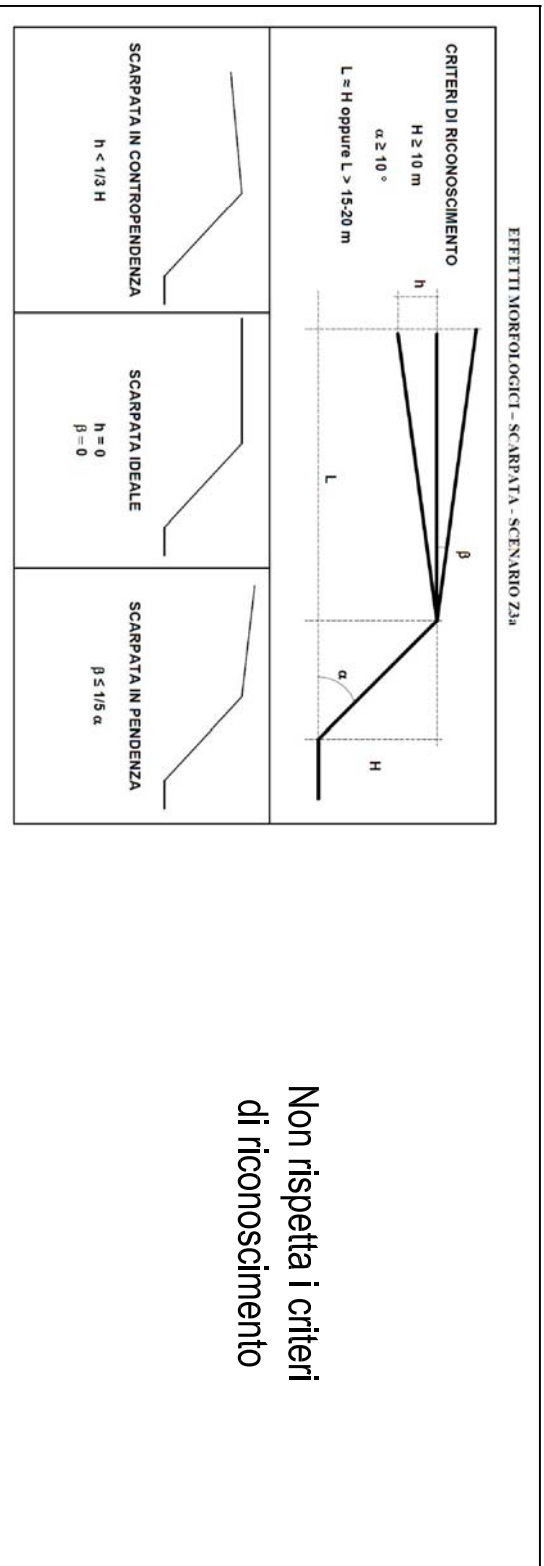


SEZIONE S8



ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE TERRENO 1:2500
	3,96	
	.00	
	11.90	
	23.79	
	35.69	
	47.58	
	59.48	
	71.37	
	83.27	
	95.16	
	107.06	
	118.95	
	130.85	
	142.74	
	158.60	
	3,96	

Figura A/2: Sezione S8

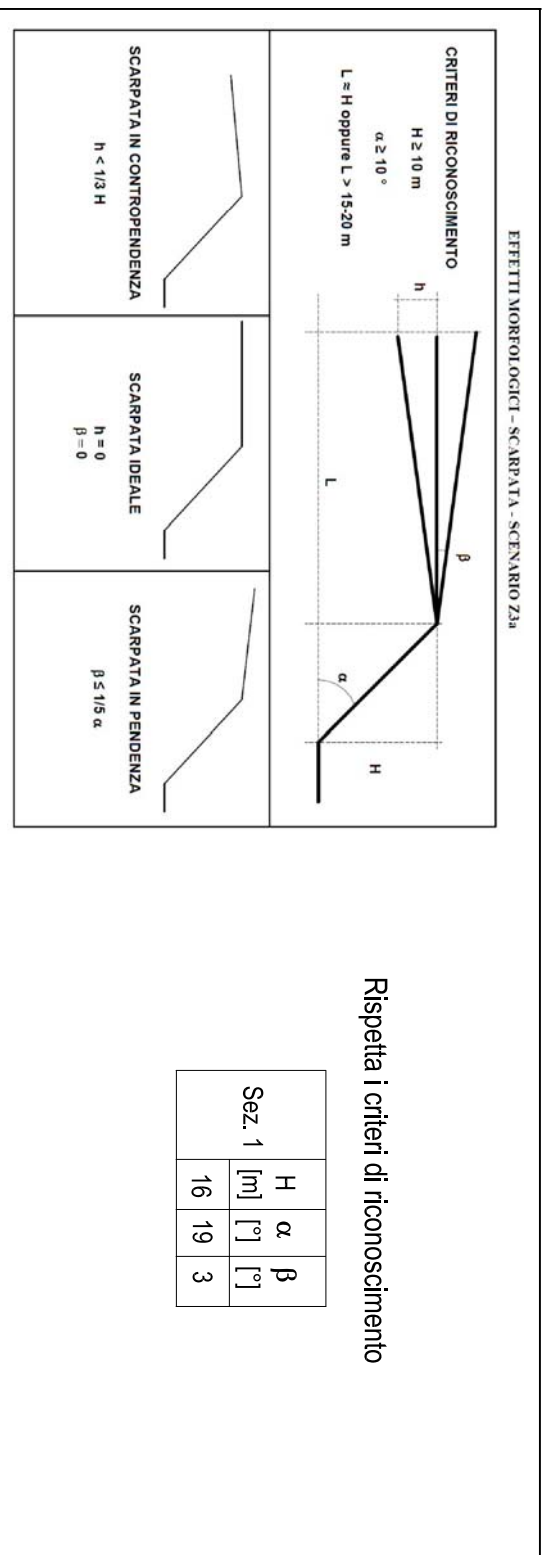


SEZIONE S9

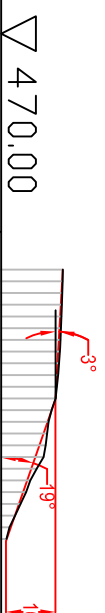


ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI		QUOTE TERRENO 1:2500
	PROGRESSIVE		
	3.97		492.31
		11.93	492.16
		23.85	491.98
		35.78	490.99
		47.70	490.61
		59.63	488.74
		71.55	485.63
		83.47	484.47
		95.40	481.31
	107.32		478.52
	119.25		477.70
	131.18		475.63
	151.05	3.98	473.45
			472.65
			472.00

Figura A/2: Sezione S9



SEZIONE S10



ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE
	3,87	490.32
		490.16
		489.80
		489.15
		487.99
		486.69
		484.05
		481.78
		476.42
		471.75
	3,87	

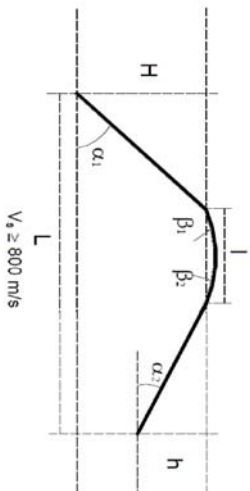
Figura A/2: Sezione S10

CRITERI DI RICONOSCIMENTO

CRESTA
 $\alpha_1 \geq 10^\circ$ e $\alpha_2 \geq 10^\circ$
 $h \geq 1/3 H$

CRESTA ARROTONDATA
 $\beta_1 < 10^\circ$ e $\beta_2 < 10^\circ$
 $l \geq 1/3 L$

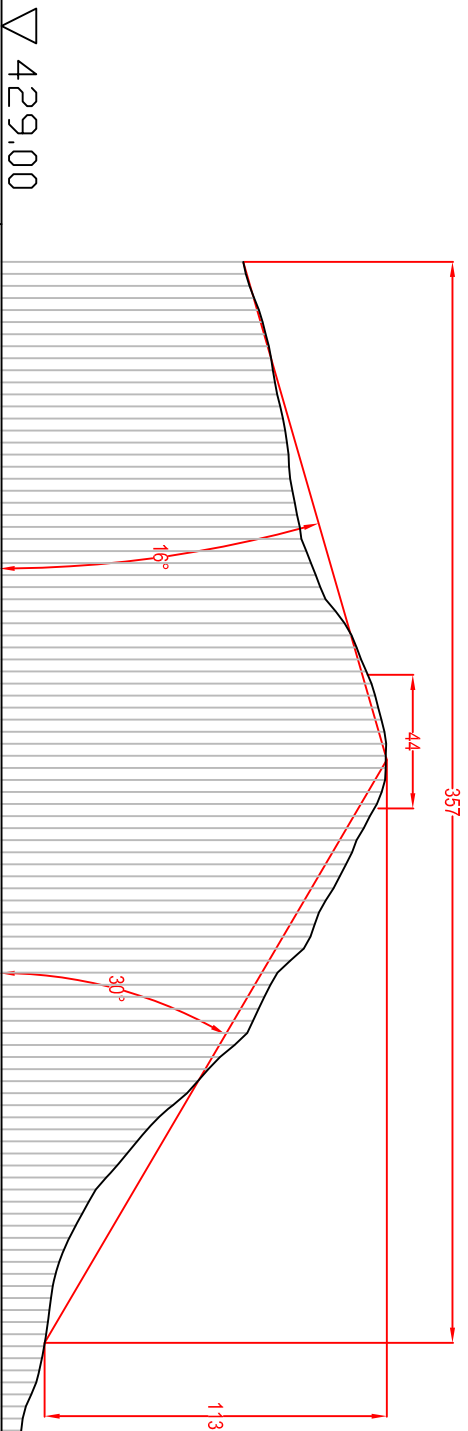
CRESTA APPUNTITA
 $l < 1/3 L$



Rispetta i criteri di riconoscimento

Sez. 11	L [m]	l [m]	H [m]	α_1 [°]	α_2 [°]	H/L [-]
	375	44	113	16	30	0.30

SEZIONE S11



ASCISSE TERRENO 1:2500	PARZIALI	
	PROGRESSIVE	QUOTE TERRENO 1:2500
	3.98	429.00
	.00	508.93
	11.95	512.51
	23.90	514.09
	35.85	517.38
	47.80	520.16
	59.75	521.13
	71.70	523.39
	83.65	524.43
	95.61	525.19
	107.56	528.14
	119.51	529.76
	131.46	536.15
	143.41	539.47
	155.36	547.88
	167.31	549.62
	179.26	553.54
	191.21	556.17
	203.16	556.00
	215.11	553.13
	227.06	550.76
	239.01	544.89
	250.96	538.78
	262.92	536.18
	274.87	528.92
	286.82	524.50
	298.77	515.91
	310.72	506.08
	322.67	501.24
	334.62	485.70
	346.57	480.92
	358.52	467.14
	370.47	463.62
	382.42	455.70
	394.37	449.60
	406.33	448.14
		444.86
		444.36
		442.38
		438.84
		437.06
		434.01
		431.10
	3.98	

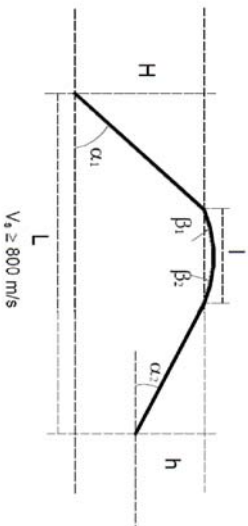
Figura A/2: Sezione S11

CRITERI DI RICONOSCIMENTO

CRESTA
 $\alpha_1 \geq 10^\circ$ e $\alpha_2 \geq 10^\circ$
 $h \geq 1/3 H$

CRESTA ARROTONDATA
 $\beta_1 < 10^\circ$ e $\beta_2 < 10^\circ$
 $l \geq 1/3 L$

CRESTA APPUNTITA
 $l < 1/3 L$



Rispetta i criteri di riconoscimento

Sez. 11	L [m]	l [m]	H [m]	α_1 [°]	α_2 [°]	H/L
	390	48	127	22	27	0.33

SEZIONE S12

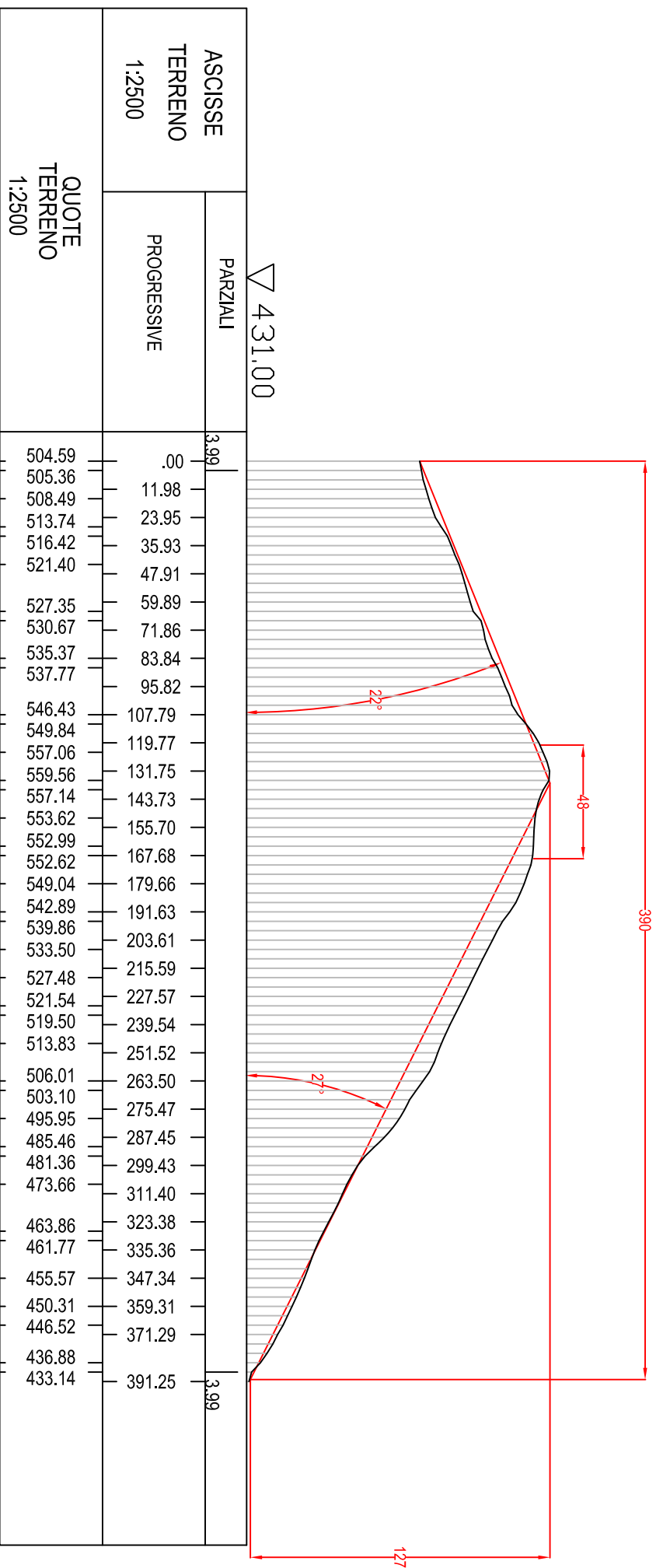


Figura A/2: Sezione S12