



Comune di Montecopiolo

AREA TECNICA - SPORTELLO UNICO EDILIZIA
P.za San Michele Arcangelo, 7 - Montecopiolo

AREA SPECIALE - art. 11 NTA DEL PARCO NATURALE REGIONALE DEL SASSO SIMONE E SIMONCELLO Area dell'Eremo della Madonna del Faggio

B.U.R. Marche n.67 del 26/07/2007

D.C.R. n.61 del 10/07/2007

PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PUBBLICA

ADOTTATO CON DELIBERA DEL CONSIGLIO COMUNALE N.5 DEL 16/04/2014
INTEGRATO CON DELIBERA DI CONSIGLIO COMUNALE N.11 DEL 30/03/2018
A SEGUITO DI DELIBERA ASSEMBLEA LEGISLATIVA REG.MARCHE N.39/2016

ELABORATO INTEGRATIVO CONTENENTE MODIFICHE E INTEGRAZIONI
RICHIESTE DALLA CONFERENZA DEI SERVIZI - VERBALE 2903217 E DALLA
DELIBERA ASSEMBLEA LEGISLATIVA REG.MARCHE N.39/2016

OGGETTO: INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Arch. Marco Arlotti (progetto urbanistico)
Geol. Cristiano Guerra (indagini geologiche)
Dott. Leonardo Marotta (sostenibilità ambientale)

13bis

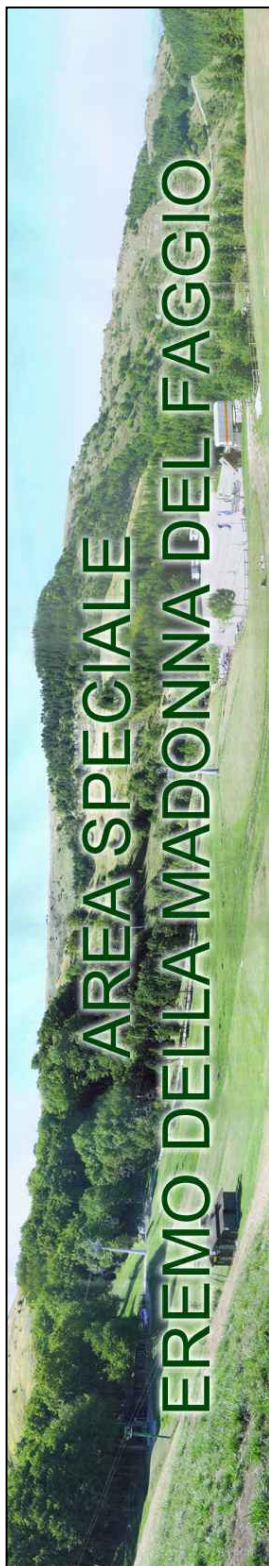
nome file

data

rev.

scala

27/12/2018



ARC27 LABORATORIO DI ARCHITETTURA
via Circonvallazione Occ. 27 - 47900 - RIMINI
tel. 054/1780551 fax. 054/1635136 - info@arc27.com www.arc27.com



Committente:	FONDAZIONE EREMO DELLA MADONNA DEL FAGGIO
Oggetto:	Realizzazione di un edificio polifunzionale
Località:	Eremo Monte Carpegna Comune di Montecopiolo (PU)

INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA

Rif: CG0115npi

San Marino

8 agosto 2018

Dott. Geol. Cristiano Guerra

Albo Geologi Emilia Romagna Sez. A n. 775

Dott. Geol. Cristiano Guerra. *Albo dei Geologi Rep. San Marino n. 10 – Albo dei Geologi dell'Emilia Romagna n. 775 sez A*

Docente a contratto (*Tutor didattico*)
di Geologia Applicata GEO/05

Scuola di Ingegneria e Architettura, Univ. di Bologna

EurGeol 1540



FÉDÉRATION EUROPÉENNE DES GÉOLOGUES
EUROPEAN FEDERATION OF GEOLOGISTS
FEDERACIÓN EUROPEA DE GEÓLOGOS

Rep. di San Marino - CENTRO POLIEDRO - Via XXVIII Luglio 218 Borgo Maggiore Tel 0549 906850 Fax 0549 944515

email: its@omniway.sm; cristiano.guerra3@unibo.it - PEC: cguerra-its@spaziopec.it

Tutti i diritti per la riproduzione anche parziale del presente elaborato in ogni sua parte sono riservati e protetti dalle leggi di copyright, ai sensi della normativa italiana, europea e sammarinese (Legge 25 Gennaio 1991 n.8)

INDICE

1 – Premessa

2 – Documentazione di riferimento

3 - Analisi geomorfologica

- 3.1 RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO
- 3.2 ANALISI CARTOGRAFIA GEOLOGICA E TEMATICA
- 3.3 ANALISI RIPRESE AEROFOTOGRAMMETRICHE
ANALISI FOTOGEOLOGICA MULTITEMPORALE COMPARATA
Volo G.A.I., 1955
Volo 1978 (Ortofoto)
Volo 1988 reperito dal Portale Cartografico Nazionale
Volo 1994 reperito dal Portale Cartografico Nazionale
Volo 2000 reperito dal Portale Cartografico Nazionale
Volo 2006 reperito dal Portale Cartografico Nazionale
Volo 2012 reperito dal Portale Cartografico Nazionale
Volo 2017 reperito da Google Earth
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
- 3.4 SINTESI DELL'ANALISI GEOMORFOLOGICA

4 – Stratigrafia (Modello geologico)

5 - Caratterizzazione geotecnica (Modello geotecnico)

6 – Sintesi della Caratterizzazione sismica

7 – Analisi di stabilità

- 7.1 Analisi di stabilità del pendio in condizioni di breve termine
- 7.2 Analisi di stabilità del pendio in condizioni di lungo termine
- 7.3 Analisi di stabilità del pendio in condizioni sismiche e post sismiche

8 – Sintesi e conclusioni.

- Figura 1.1: Cartografia Tematica - Cartografia geologica
- Figura 1.2: Cartografia Tematica - Cartografia geomorfologica, P.A.I.
- Figura 2: Schema geomorfologico da rilievo di dettaglio
- Figura 3.1: *Volo G.A.I., 1955*
- Figura 3.2: *Volo 1978 (Ortofoto)*
- Figura 3.3: *Volo 1988 reperito dal Portale Cartografico Nazionale*
- Figura 3.4: *Volo 1994 reperito dal Portale Cartografico Nazionale*
- Figura 3.5: *Volo 2000 reperito dal Portale Cartografico Nazionale*
- Figura 3.6: *Volo 2006 reperito dal Portale Cartografico Nazionale*
- Figura 3.7: *Volo 2012 reperito dal Portale Cartografico Nazionale*
- Figura 3.8: *Volo 2017 reperito da Google Earth*
- Figura 4: Planimetria con punti di vista delle riprese fotografiche
- Figura 5: Planimetria con traccia sezione di analisi integrativa
- Figura 6: Sezione stratigrafica schematica con geometrie di progetto
- Figura 7.1: Analisi parametriche di stabilità con geometrie di progetto - breve termine
- Figura 7.2: Analisi parametriche di stabilità con geometrie di progetto. Lungo termine - superfici circolari (condizioni statiche e sismiche)
- Figura 7.3: Analisi parametriche di stabilità con geometrie di progetto. Lungo termine - superfici composite (condizioni statiche e sismiche)
- Allegato 1 Tabulati di calcolo Analisi parametriche di stabilità integrative

1 - PREMESSA

Il presente elaborato è stato redatto al fine assolvere alle richieste di integrazione di natura geologica espresse in occasione della CONFERENZA DI SERVIZI ISTRUTTORIA DEL 08/03/2017- ex art. 14 Legge n. 241/90 e s.m.i. - PROCEDURA DI VAS – artt. da 13 a 18 D.Lgs 152/06 e s.m.i. - PIANO PARTICOLAREGGIATO DELL'AREA SPECIALE DELL'EREMO DELLA MADONNA DEL FAGGIO, ALL'INTERNO DEL PIANO DEL PARCO DEL SASSO SIMONE – SIMONCELLO – COMUNE DI MONTECOPIOLO, di cui il verbale è stato trasmesso in data 29/03/2017 (prot. N. Class. 009-7-33 Fasc. 1/2015 Cod. Proc. 15MM201).

Nello specifico, il presente elaborato è finalizzato ad assolvere alle richieste espresse da Tiziana Diambra, P.O. della P.F. Tutela del Territorio di Pesaro e Urbino e riportate nel suddetto verbale.

Queste richieste possono essere sintetizzate come segue:

- caratterizzazione e valutazione della pericolosità del fenomeno gravitativo “attivo”, che presenta un potenziale sviluppo evolutivo gravitativo in direzione della zona da edificare;
- implementazione delle analisi di stabilità considerando i profili di progetto.

In data 27/09/2019 si è tenuto un sopralluogo sul posto tra lo scrivente ed i rappresentanti del della P.F. Tutela del Territorio di Pesaro e Urbino (Tiziana Diambra e Massimo Del Prete), a seguito del quale sono stati chiariti alcuni aspetti relativi alle integrazioni richieste.

Nel presente elaborato si andranno a sviluppare alcuni punti rivolti a soddisfare le richieste di integrazione.

Si è quindi eseguito un approfondimento dello studio geomorfologico, aggiornando ed ampliando quanto già riportato nella relazione geologica del 28/11/2012, eseguendo un'analisi e valutazione geomorfologica della parte posta a monte ed a Sud-Ovest del sito di intervento, ricorrendo ad un nuovo rilevamento geomorfologico di dettaglio e ad una *analisi fotogeologica multitemporale comparata* (in parte già sviluppata nello studio del 28/11/2012).

Per quanto riguarda l'inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'area, il regime delle acque nel sottosuolo e la caratterizzazione sismica del sito e dei terreni, vale quanto già espresso ed illustrato nello studio del 28/11/2012.

Nella seconda parte del presente elaborato si è proceduto all'implementazione delle analisi di stabilità considerando le geometrie di progetto, mantenendo l'approccio tenuto nella relazione geologica del 28/11/2012.



Al momento della redazione del presente elaborato sono entrate in vigore le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (Aggiornamento delle “Norme tecniche per le Costruzioni”, D.M. 17/01/2018, pubblicato G.U. 20/03/2018, entrata in vigore 22/03/2018), ma non è stata ancora pubblicata la relativa Circolare con le Istruzioni per l’applicazione.

2 - DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Nella stesura del presente studio si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

- Decreto Ministeriale 11/3/1988 n. 47 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, la esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ.Min. del 24 Settembre 1988 n. 30483.
- AGI: raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, Giugno 1977.
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, gennaio 1994.
- EUROCODICE EC7 per l'ingegneria geotecnica.
- Decreto Ministeriale 24/01/1986 *Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche.*
- Decreto Ministeriale 16/01/1996 *Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche.*
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/03 *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.*
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316/03 Allegato A.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e gli aggiornamenti degli elenchi delle medesime zone.*
- **NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI** - Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti D.M. 14 gennaio 2008 e Circolare Min. 2 febbraio 2009 "**Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni**".
- **AGGIORNAMENTO DELLE "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"**. - Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti D.M. 17 gennaio 2018
- *Direttiva inerente i criteri per l'individuazione dell'area oggetto di verifica e i contenuti minimi dello studio geologico-geomorfologico-geotecnico (lett. A comma 3 art.17)*, elaborata dal Comitato Tecnico dell'Autorità interregionale di bacino Marecchia-Conca (appr. Del.Com. Ist. N. 4 del 20/11/2011)

Come già ricordato in premessa, al momento della redazione del presente elaborato sono entrate in vigore le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (Aggiornamento delle "Norme tecniche per le Costruzioni", D.M. 17/01/2018, pubblicato G.U. 20/03/2018, entrata in vigore 22/03/2018), ma non è stata ancora pubblicata la relativa Circolare con le Istruzioni per l'applicazione.

Nel testo i riferimenti alle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 sono riportati con la sigla NTC2008, quelli relativi alla Circolare per la loro applicazione, riferiti ancora alla versione 2008 con la sigla CircNTC2008.

I riferimenti all'Aggiornamento delle NTC sono indicati con la sigla NTC2018

Si sono consultate diverse carte tematiche della zona e si sono inoltre confrontati i risultati ottenuti con i dati di indagini geognostiche svolte in aree limitrofe.

In particolare si è fatto riferimento alla seguente cartografia geologica e tematica:

- Carta Geologica d'Italia – APAT Servizio Geologico d'Italia, Foglio 266 Mercato Saraceno (in corso di Pubblicazione) e Foglio 267 San Marino
- Carta Geomorfologica Regionale della Regione Marche, edizione 2000, sezione CTD 266160 – Pennabilli, sezione CDT 267130 Montecopiolo
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, variante 2016 – Autorità di Bacino Marecchia Conca (cartografie comunali – Montecopiolo Sud)

nonché alle risorse disponibili in rete.

3 - ANALISI GEOMORFOLOGICA

Per formulare una valutazione sulla stabilità geomorfologica dell'area oggetto di integrazione si è sviluppata l'analisi geomorfologica nei seguenti punti:

- *rilevamento geomorfologico integrativo;*
- *analisi della cartografia geologica e tematica;*
- *analisi delle riprese aerofotogrammetriche - analisi fotogeologica multitemporale comparata;*

aggiornando ed implementando quanto già eseguito nello studio del 29/11/2012.

Le analisi si sono concentrate nell'intorno dell'area in cui è riportato il fenomeno espressamente citato nella richiesta di integrazione, come riassunto nella seguente figura.

Nel seguito, l'area in cui è riportato il fenomeno espressamente citato nella richiesta di integrazione viene indicata come *area definita in dissesto*.



3.1 RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO

Il rilevamento geomorfologico eseguito nel 2012, pur essendosi spinto ad un livello di minor dettaglio ed essendosi concentrato nell'area di più stretta pertinenza dell'intervento, non aveva evidenziato elementi correlabili a fenomeni deformativi.

Il rilevamento geomorfologico di dettaglio eseguito nell'ambito del presente studio integrativo si è esteso come precedentemente definito.

Nell'area in esame si evidenziano alcune forme tipiche, che costituiscono un carattere ricorrente nel paesaggio della zona in oggetto e più in generale dell'area sommitale del massiccio del Monte Carpegna.

Nell'area indagata il reticolo di drenaggio si evidenzia in maniera marcata nella parte più a Nord, dove si osserva un rapido approfondimento degli impluvi principali con la presenza di scarpate incise nel substrato (Documentazione Fotografica: Foto 5, Foto 6).

Queste forme sono da correlare con ogni probabilità anche alla presenza di fasce maggiormente tettonizzate.

Le scarpate sono particolarmente evidenti nel corso d'acqua posto ad Est del parcheggio degli impianti sciistici (Foto 5 e Foto 6) dove si osservano anche piccole pareti rocciose, mentre risultano meno evidenti nel corso d'acqua che si sviluppa immediatamente ad Est dell'Eremo, dove appaiono meno acclivi e diffusamente interessate da vegetazione arborea ed arbustiva (Foto 41, Foto 42, Foto 43).

Nella parte orientale dell'area rilevata sono presenti alcune scarpate di chiara origine strutturale, caratterizzate da altezze fino a 4 metri (Foto 14).

Alla base di una di queste scarpate si osserva chiaramente l'affioramento di un piano di strato debolmente inclinato verso Nord-Nord-Est (Foto 12, Foto 13), del quale è possibile misurare la giacitura ($340^{\circ}/15^{\circ}$).

Questo tipo di scarpate si osserva anche nella fascia più ad Est, al di fuori dell'area rilevata, dove mantengono quasi sempre un'orientazione Nord-Sud, analoga a quella delle scarpate associate agli impluvi.

All'estrema parte Sud-Est dell'area rilevata si incontra il ciglio della grande scarpata che borda la sommità del Monte Carpegna sul lato Sud-Est, degradando verso l'abitato di Carpegna (Foto 18).

La parte centro-orientale dell'area indagata è caratterizzata dalla presenza di un pendio interessato da prati, marcata dall'alternarsi di forme concave e convesse della superficie topografica e da diverse contropendenze (Foto 4, Foto 8, Foto 9, Foto 10, Foto 11, Foto 15, Foto 16, Foto 17, Foto 19, Foto 20, Foto 21, Foto 22, Foto 26, Foto 27, Foto 28, Foto 29).

Questo “stile” morfologico si ripete lungo il pendio, in un area che corrisponde in gran parte con l'*area definita in dissesto*.

In generale queste forme non sono mai molto accentuate.

In corrispondenza delle parti più in rilievo si osserva spesso l'affioramento di materiali di substrato (Foto 40); più in generale si osserva la presenza di suoli e coperture costituite da materiale pelitico alterato e detrito calcareo marnoso o marnoso, verosimilmente con spessori ridotti (<2,0 m).

Procedendo verso Ovest si assiste ad un accentuamento delle forme, con la progressiva diminuzione delle irregolarità più dolci, mentre aumentano le contropendenze e la presenza di scarpate e gradini morfologici con affioramento del substrato (fermo restando che quest'area è stata interessata da interventi antropici con sterri), fino all'estremo Sud-Ovest dell'area rilevata, dove si osserva una scarpata molto acclive con affioramento del substrato in piccole pareti sub verticali (Foto 15, Foto 17).

La parte centrale della zona posta ad Ovest del pendio interessato da prati è occupata dal piccolo bosco di faggi alle spalle del Rifugio. In questa fascia sono presenti alcune contropendenze molto marcate (Foto 21, Foto 32).

E' interessante osservare come le essenze arboree, ed in particolare quelle più isolate poste ad Est, non presentino in alcun modo gli indicatori che tipicamente si osservano in presenza di deformazioni di versante come fusti inclinati e/o direzioni di crescita anomale (Foto 33, Foto 34).

Ciò è particolarmente significativo, poiché gli indicatori sopra ricordati si manifestano anche in presenza di movimenti molto lenti. Inoltre, alcune alberi hanno un'età di oltre 70 anni, essendo ben individuabili nelle riprese aeree del 1955, per cui dovrebbero presentare tali indicatori qualora sussistessero deformazioni di versante, anche lente.

Alcuni di queste essenze isolate sono state quindi considerate come elementi importanti nell'analisi fotogeologica multitemporale, come meglio specificato nel seguito (Foto 29, Foto 22, Foto 23, Foto 27).

L'area interessata dal rilievo termina in corrispondenza dell'impluvio che poi si sviluppa a fianco dell'Eremo della Madonna del Faggio.

Questa zona comprende il “canalone” lungo il quale si estendono gli impianti di risalita e la pista sciistica principale, ed è stata interessata da interventi antropici di rimodellamento (Foto 36, Foto 37, Foto 38).

La scarpata che delimita il canalone verso Nord-Ovest rappresenta un significativo elemento morfologico.

Lungo questa scarpata esiste un'importante sorgente (Sorgente dell'Arpina della Madonna) captata e convogliata nella rete locale (Foto 36).

In definitiva, il rilevamento geomorfologico non ha riconosciuto elementi o evidenze associabili a deformazioni del versante nell'*area definita in dissesto*.

Le irregolarità topografiche, come specificato meglio nel seguito, non sono ascrivibili a fenomeni deformativi attivi o quiescenti.

Nell'*area definita in dissesto*, è più in generale nella zona rilevata, sono presenti coperture di spessore modesto, rappresentate da suoli o Coperture Eluvio Colluviali.

Sempre nell'*area definita in dissesto* si osservano fasce di affioramento o sub affioramento del substrato.

Gli elementi morfologici sopra descritti e rilevati in sito sono riportati nello schema geomorfologico di Figura 2.

Il rilievo geomorfologico non ha quindi evidenziato la presenza di **movimenti di versante attivi né di movimenti quiescenti**.

I punti di vista delle riprese fotografiche sono riportati nella Figura 4.

3.2 ANALISI CARTOGRAFIA GEOLOGICA E TEMATICA

Nella Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Progetto CARG), l'area indagata si localizza a cavallo del Foglio 266 Mercato Saraceno, ad Ovest, e del Foglio 267, ad Est.

Non sono segnalati fenomeni di dissesto o depositi associabili a movimenti di versante (Figura 1.1).

Nella Carta Geologica Regionale delle Marche alla scala 1:10.000 (edizione CARG), l'area indagata si localizza a cavallo della sezione 266160 Pennabilli, ad Ovest, e della sezione 267130 Montecopiolo, ad Est.

Compare il *fenomeno gravitativo "attivo"* oggetto della presente integrazione, che viene classificato come *frana in evoluzione* (Figura 1.1).

Nella parte più meridionale viene segnalata una giacitura della stratificazione localizzata lungo la grande scarpata che scende verso l'abitato di Carpegna, che appare coerente con quella rilevata durante il rilevamento geomorfologico di dettaglio eseguito nell'ambito del presente studio (cfr. punto 3.1), posizionata poco più a Nord, sul versante opposto.

Anche nella Carta Geomorfologica Regionale delle Marche alla scala 1:10.000, l'area indagata si localizza sempre a cavallo della sezione 266160 Pennabilli, ad Ovest, e della sezione 267130 Montecopiolo, ad Est.

In questo elaborato viene riportato il *fenomeno gravitativo "attivo"* oggetto della presente integrazione, con la medesima estensione e configurazione della Carta Geologica Regionale, ed è classificato come *frana di scorrimento attiva*.

Gran parte del il *fenomeno gravitativo "attivo"* oggetto della presente integrazione è classificato come facente parte anche di una zona più estesa interessata da *deformazione gravitativa profonda*, a cui vengono associate diverse *trincee*, poste sia all'interno dell'area occupata dal *fenomeno gravitativo "attivo"* oggetto della presente integrazione, sia più ad Ovest (Figura 1.2).

Di queste ultime forme non è stato trovato un riscontro oggettivo durante il rilevamento geomorfologico di dettaglio, se non una certa corrispondenza con alcune contropendenze (vedi Figura 2).

Sono riportati gli impluvi incisi, definiti con il termine *solco di ruscellamento concentrato*, anche se nelle parti più alte la estensione cartografata non corrisponde alla situazione riscontrata durante il rilevamento geomorfologico di dettaglio (vedi Figura 2).

E' riportata anche la scarpata presente a Nord Est dell'impluvio più vicino all'Eremo, nel tratto a monte dell'eremo stesso.

Nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), variante 2016, l'area indagata è compresa nell'elaborato cartografico alla scala 1:10.000, pertinente al territorio del comune di Montecopiolo.

In questo elaborato viene riportato il *fenomeno gravitativo "attivo"* oggetto della presente integrazione, con la medesima estensione e configurazione della Carta Geologica Regionale e della Carta Geomorfologica Regionale, e viene

classificato come *area in dissesto attiva da assoggettare a verifica*, ai sensi dell'art. 17 del medesimo Piano (Figura 1.2).

Gli elaborati cartografici tematici presi in esame lasciano intendere che per la zona in cui è compresa l'area in oggetto del presente studio sussistano difficoltà interpretative, viste le difformità non trascurabili riscontrate tra le varie cartografie.

Inoltre non è stato sempre possibile un riscontro effettivo ed univoco tra quanto cartografato e quanto osservato durante il rilevamento di dettaglio.

3.3 ANALISI RIPRESE AEROFOTOGRAMMETRICHE ANALISI FOTOGEOLOGICA MULTITEMPORALE COMPARATA

Per ricostruire l'evoluzione morfologica dell'area oggetto di integrazione si è eseguita un'analisi temporale sulla base delle foto aeree disponibili, in particolare tramite il confronto tra le varie riprese in successione (*analisi fotogeologica multitemporale comparata*), con particolare attenzione alle evoluzioni apprezzabili in alcuni elementi, morfologici e non, ritenuti significativi in quanto riconoscibili con continuità.

Nel dettaglio si è eseguita l'analisi sulle seguenti riprese aeree:

- Volo G.A.I, 1955
- Volo 1978 (visionato e valutato su ortofotocarta)
- Volo 1988 reperito dal Portale Cartografico Nazionale
- Volo 1994 reperito dal Portale Cartografico Nazionale
- Volo 2000 reperito dal Portale Cartografico Nazionale
- Volo 2006 reperito dal Portale Cartografico Nazionale
- Volo 2012 reperito dal Portale Cartografico Nazionale
- Volo/ripresa 2017 disponibile in rete sulla piattaforma Google Earth

Per ogni ripresa, nelle Figure da 3.1 a 3.8 è riportata l'immagine così come reperita ed a fianco la relativa interpretazione.

Gli elementi individuati ed analizzati sono denominati con sigle e diversi colori. I colori sono stati scelti in modo da associare forme ed elementi simili (blu – elementi del reticolo di drenaggio; verde – scarpate; rosso – irregolarità morfologiche e topografiche; bianco – elementi antropici)

Esiste un altro volo, datato 1974, che riprende anche la zona del massiccio del Monte Carpegna. Purtroppo, in corrispondenza dell'area indagata la copertura aerea risulta mancante.

Volo G.A.I, 1955 – Figura 3.1

Questa ripresa restituisce l'assetto geomorfologico dell'area su cui si basa l'individuazione degli elementi significativi principali.

L'immagine è la più antica e rappresenta l'area in un momento in cui l'unica struttura antropica presente è il complesso architettonico dell'Eremo della Madonna del Faggio (sigla E colore giallo), e le forme del rilievo sono particolarmente evidenti, in ragione anche della scarsissima presenza di vegetazione arborea e arbustiva.

L'area appare caratterizzata da estese superfici a prato, con ogni probabilità utilizzate a pascolo, con sporadica presenza di essenze arboree, concentrate attorno all'Eremo della Madonna del Faggio a formare la storica *faggeta*.

Il reticolo idrografico è ben individuabile. Si riconoscono tre impluvi principali denominati (a, b, c *colore blu*) da Ovest verso Est.

L'impluvio (a) è il più marcato e si sviluppa passando in prossimità del complesso architettonico dell'Eremo, dove per un tratto risulta tombinato (T1a *colore blu*).

L'impluvio (b) e l'impluvio (c) sono meno marcati e presentano nei tratti iniziali tracce di probabili regimazioni antropiche.

Nella ripresa sono ben evidenti ed individuabili numerose scarpate, suddivisibili in scarpate poligeniche o strutturali principali (sp *verde*), scarpate poligeniche o strutturali secondarie (ss *verde*) e scarpate con componente erosiva fluviale (se *verde*).

E' ben identificabile la scarpata (sp1) che corre con andamento SudOvest - NordEst in sinistra idrografica dell'impluvio (a) che termina alle spalle dell'Eremo, così come la grande scarpata che scende verso l'abitato di Carpegna (sp3).

Al limite Sud-Ovest dell'area analizzata si estende un'altra importante scarpata (sp2), disposta ortogonalmente rispetto alla scarpata (sp1).

Nella parte più ad Est dell'area analizzata si individuano alcune scarpate secondarie, (ss1), (ss2), (ss3) e (ss4), caratterizzate da altezze ridotte ed andamenti prevalentemente orientati Nord – Sud.

Nei tratti più a valle dell'impluvio (a) sono identificabili scarpate con componente erosiva fluviale su entrambe le sponde (se-a), così come nella parte più a valle dell'impluvio (c) dove risultano particolarmente sviluppate (se-c).

L'ultimo gruppo di elementi morfologici significativi è rappresentato dalle irregolarità topografiche più marcate, rappresentate da contropendenze (cp *colore rosso*), concavità (co *colore rosso*) e convessità (cv *colore rosso*), particolarmente chiare ed evidenti nella zona centrale ed orientale dell'area analizzata, in cui si estende anche l'*area definita in dissesto*.

In particolare si sono riconosciute in maniera più chiara ed evidente 6 contropendenze (cp1, cp2, cp3, cp4 e cp5), 4 concavità (co1, co2, co3, co4) e 2 convessità (cv1 e cv2).

Il limite dell'*area definita in dissesto* nella Carta Geologica Regionale, nella Carta Geomorfologica Regionale e nel Piano di Assetto Idrogeologico, è riportata con tratteggio rosa.

Come ulteriori elementi significativi si sono identificate due essenze arboree isolate, denominate (x1 *colore verde chiaro*) e (x2 *colore verde chiaro*).

Volo 1978 – Figura 3.2

La ripresa aerea del 1978, come già accennato, è stata reperita come ortofotocarta con curve di livello, per cui non è stato possibile effettuare l'interpretazione stereoscopica. Inoltre la definizione è decisamente inferiore rispetto alle altre riprese considerate.

E' stato comunque possibile operare alcune valutazioni significative, nonostante non sia stato possibile riconoscere in maniera soddisfacente gran parte degli elementi significativi riconosciuti nella ripresa del 1955.

Sono evidenti, nonostante la qualità mediocre dell'immagine, gli interventi antropici eseguiti negli anni immediatamente precedenti. Le denominazioni degli interventi antropici sono riportate in *colore bianco*.

E' visibile il parcheggio realizzato a servizio degli impianti sciistici (S1), di cui si distingue una parte con pavimentazione realizzata verosimilmente in pietrisco e stabilizzato (P₁) ad Est, ed una parte su suolo (P₂). In corrispondenza della parte (P₁) si riconosce anche il riporto antropico utilizzato per rendere pianeggiante l'area a parcheggio.

Sono riconoscibili anche gli estesi interventi di piantumazione immediatamente a valle del parcheggio, caratterizzati da essenze conifere.

E ben visibile la nuova viabilità di accesso all'area (V₁) ed alla zona posta più a monte, fino all'Eremo ed al Rifugio (R).

La realizzazione della viabilità di accesso (V₁) ha determinato il tombinamento di un altro tratto dell'impluvio (a), indicato come (T2a).

Anche se non appare in maniera chiara, si possono riconoscere importanti modifiche per l'impluvio (b) ed in parte per l'impluvio (c), che saranno meglio definibili nella ripresa del 1988.

Sono individuabili anche le due essenze arboree isolate (x1) ed (x2).

Volo 1988 reperito dal Portale Cartografico Nazionale – Figura 6.3

Questa ripresa presenta un buon dettaglio ed è stata reperita dal Portale Cartografico Nazionale (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>), che rende disponibili le immagini con georeferenziazione.

Sono quindi ben riconoscibili gli elementi significativi individuati nella ripresa del 1955 e si apprezzano in maniera più chiara molte delle evidenze evolutive riscontrate già nella ripresa del 1978.

Il reticolo idrografico è sempre ben individuabile, anche se si osserva un generale aumento della vegetazione in prossimità dei solchi erosivi.

L'impluvio (a) in particolare è interessato un chiaro aumento della vegetazione sulle proprie rive nel tratto a valle dell'Eremo.

L'impluvio (b) appare fortemente modificato a seguito della realizzazione del parcheggio, risultando sostanzialmente cancellato nella parte a monte del parcheggio stesso, mentre a valle il solco erosivo è sempre ben rilevabile.

L'impluvio (c) non sembra essere stato interessato da modificazioni sostanziali.

Tutte le scarpate (scarpate poligeniche o strutturali principali, scarpate poligeniche o strutturali secondarie e scarpate con componente erosiva fluviale) individuate nella ripresa del 1955 sono ben evidenti ed individuabili, e non mostrano evoluzioni significativi o rilevabili.

Le modifiche che si osservano sono correlate agli interventi antropici, che hanno in parte ridotto l'estensione delle scarpate (se-a) in corrispondenza del tombinamento (T2a) dell'impluvio (a).

Anche le irregolarità topografiche più marcate, rappresentate dalle contropendenze (cp), dalle concavità (co) e convessità (cv), e riconosciute nella ripresa del 1955 sono sempre ben evidenti ed individuabili, e non mostrano evoluzioni significativi o rilevabili.

Le due essenze arboree isolate (x1) e (x2), sono sempre facilmente riconoscibili e non mostrano variazioni di posizione apprezzabili.

Sono individuabili altre due essenze arboree isolate, denominate (x3) e (x4), localizzate nella parte Sud dell'area in esame, rispettivamente all'interno (x3) ed al limite (x4) dell'area *definita in dissesto* nella Carta Geologica Regionale, nella Carta Geomorfologica Regionale e nel Piano di Assetto Idrogeologico.

Gli interventi antropici eseguiti negli anni precedenti, e in parte già osservabili nella ripresa del 1978, sono ora meglio individuabili.

Il parcheggio realizzato a servizio degli impianti sciistici risulta interessato per la quasi totalità da pavimentazione realizzata in pietrisco e/o stabilizzato.

Il riporto antropico eseguito per rendere l'area pianeggiante è ben evidente sia nella parte più ad Ovest (P₁) che in quella più ad Est (P₂).

A valle del parcheggio si osserva molto chiaramente la piantumazione a conifere, così come in altre zone dell'area in esame.

In generale nell'area si osserva una decisa espansione delle aree con vegetazione arborea, sia nel nucleo della faggeta storica dell'Eremo, sia con la formazione di numerosi macchietti spontanei, e non dovuta alle sole piantumazioni di conifere.

Si osservano nuovi impianti di risalita (S2) e la creazione di una viabilità di servizio per la manutenzione degli impianti stessi e l'effetto di sparsi interventi di rimodellamento funzionali alle piste da sci.

Volo 1994 reperito dal Portale Cartografico Nazionale – Figura 6.4

Il reticolo idrografico è sempre ben individuabile, e si osserva un ulteriore aumento della vegetazione in prossimità dei solchi erosivi.

Non si rilevano modifiche fuorché per l'impluvio (c) che sembra essere stato interessato da modifiche correlabili ai piccoli ampliamenti della parte orientale del parcheggio, che ne hanno coinvolto le scarpate (se-c).

Tutte le altre scarpate e tutte le irregolarità topografiche più marcate, sono sempre ben evidenti ed individuabili, e non mostrano evoluzioni significative o rilevabili rispetto alla ripresa del 1988.

Non sono apprezzabili evoluzioni per le essenze arboree isolate, sia quelle già individuate nella ripresa del 1955 (x1) e (x2), sia quelle rilevate nella ripresa del 1988 (x3) e (x4).

Il parcheggio mostra ora una uniformità tra parte ad Ovest (P₁) e parte ad Est (P₂), unitamente ad ampliamenti nella parte più orientale, come in parte già descritto.

Le aree occupate da vegetazione arborea mostrano una sostanziale stabilizzazione.

Volo 2000 reperito dal Portale Cartografico Nazionale – Figura 6.5

Rispetto alla ripresa precedente non si apprezzano variazioni rilevabili.

L'immagine è a colori, per cui la definizione risulta migliorata rispetto alle riprese precedenti.

Tutti gli elementi morfologici significativi appaiono sostanzialmente invariati.

Anche gli elementi antropici non mostrano modifiche apprezzabili.

Volo 2006 reperito dal Portale Cartografico Nazionale – Figura 6.6

L'immagine presenta un notevole aumento di definizione rispetto a quella precedente. Il reticolo idrografico è sempre ben individuabile, anche se il forte aumento della vegetazione in prossimità dei solchi erosivi ne maschera spesso l'andamento.

Si osservano nuove modifiche per l'impluvio (c), sia nelle scarpate (se-c) sia nel tratto più o monte che risulta essere stato cancellato e/o intubato.

L'impluvio (a) appare interessato da forti interventi di regimazione che ne hanno rettificato quasi tutto il tratto a monte rispetto all'Eremo, coinvolgendo anche la fascia alla base della scarpata principale (sp1).

Tutte le altre scarpate e tutte le irregolarità topografiche più marcate, sono sempre ben evidenti ed individuabili e non si rilevano evoluzioni significative rispetto alla ripresa del 2000.

Continuano a non essere apprezzabili evoluzioni per le essenze arboree isolate.

Sono invece osservabili importanti interventi antropici.

Il parcheggio risulta essere stato interessato da modesti ampliamenti nella parte centrale, mentre al limite orientale si osservano nuovi interventi, rappresentati da strutture per gli impianti di risalita e manufatti di servizio (S3 e S4). Questi interventi hanno determinato le modifiche all'impluvio (c) descritte in precedenza.

In tutta la parte meridionale dell'area analizzata sono visibili gli effetti di estesi interventi di rimodellamento, costituiti essenzialmente da sterri, regolarizzazioni della topografia e ampliamenti della viabilità di servizio, correlabili in parte alla creazione dell'invaso artificiale a servizio degli impianti di innevamento artificiale, posto appena al di fuori del limite occidentale dell'area analizzata.

Questi interventi hanno determinato le modifiche interessanti l'impluvio (a) e la scarpata (sp1), come già illustrato.

Le aree occupate da vegetazione arborea non sembrano essersi modificate in maniera apprezzabile, mentre è rilevabile un aumento delle aree occupate da vegetazione arbustiva, a spese delle superfici a prato.

Volo 2012 reperito dal Portale Cartografico Nazionale – Figura 6.7

In questa ripresa non sono evidenti variazioni degli elementi morfologici significativi, rispetto all'immagine del 2006.

La vegetazione arborea e arbustiva non mostra variazioni di ampiezza. Le aree interessate dagli estesi interventi di rimodellamento osservabili nella ripresa del 2006 appaiono in gran parte rinverdite.

Le essenze arboree isolate non risultano essere state interessate da alcuna variazione.

Per quanto riguarda gli interventi antropici, si osserva la creazione di nuove strutture sciistiche (S5), nella parte orientale dell'area analizzata.

Volo/ripresa 2017 disponibile in rete sulla piattaforma Google Earth – Figura 6.8

Questa ripresa presenta una elevatissima risoluzione.

Non sono evidenti variazioni di alcun tipo degli elementi morfologici significativi, rispetto all'immagine del 2012.

Le essenze arboree isolate, distinguibili in modo molto dettagliato, non risultano essere state interessate da alcuna variazione.

Le uniche variazioni apprezzabili sono rappresentate dalle nuove strutture sciistiche (S6) e (S7) che hanno rimpiazzato la struttura (S5) visibile nell'immagine del 2012.

L'analisi fotogeologica multitemporale comparata, abbracciando un periodo di oltre 60 anni, ha permesso di valutare l'evoluzione geomorfologica dell'area al fine di esprimere un giudizio sulla pericolosità dell'area.

In sintesi, dall'analisi eseguita si può dedurre quanto riportato nei seguenti punti:

- le modificazioni più marcate individuabili dal confronto tra le varie riprese aeree sono di origine antropica;
- gli elementi morfologici significativi individuati a partire dalla ripresa del 1955 non hanno mostrato evoluzioni apprezzabili, se non quando interessati da interventi antropici.

Nell'*area definita in dissesto* nella Carta Geologica Regionale, nella Carta Geomorfologica Regionale e nel Piano di Assetto Idrogeologico, non si sono osservate evoluzioni apprezzabili, in particolare nei numerosi elementi morfologici ricadenti all'interno di essa.

Significativo è il fatto che le essenze arboree isolate comprese nell'*area definita in dissesto* non abbiamo mostrato alcuna variazione di posizione, sia assoluta che reciproca.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO 1: Visione panoramica del massiccio del Monte Carpegna, ripresa da Nord Est



FOTO 2: Ripresa ravvicinata dell'immagine precedente. Si osserva l'area in esame, al centro, spostate verso sinistra. Sono riconoscibili le scarpate principali, a partire dalla grande scarpata che scende verso l'abitato di Carpegna, posta sulla sinistra, quella situata al limite meridionale dell'area indagata e quella che si sviluppa a lato delle piste da sci, a monte dell'Eremo (quest'ultimo non è visibile perché inglobato nella vegetazione arborea)



FOTO 3: Foto aerea invernale (reperita dal sito web delle sciovie del Monte Carpegna) che riprende la parte più ad Ovest dell'area indagata. Si osservano le scarpate principali e molte delle irregolarità topografiche rilevate.



FOTO 4: Ripresa sulla parte medio-bassa dell'area indagata, immediatamente a monte del parcheggio. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate.



FOTO 5: Ripresa sull'impluvio posto più a Nord-Est nell'area indagata, ad Est del parcheggio.
Si osservano le scarpate in parte erosive incise nel substrato.



FOTO 6: Particolare sugli affioramenti del substrato presenti nei pressi dell'impluvio posto più a Nord-Est nell'area indagata, ad Est del parcheggio.



FOTO 7: Ripresa sul parcheggio a servizio degli impianti sciistici.



FOTO 8: Ripresa sulla parte medio-bassa dell'area indagata, vista dal parcheggio. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate.



FOTO 9: Ripresa sulla parte medio-orientale dell'area indagata, vista da Nord. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate.



FOTO 10: Ripresa sulla parte medio-bassa dell'area indagata, vista da Nord-Est. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate.



FOTO 11: Ripresa sulla parte centrale dell'area indagata, vista da Est. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate.



FOTO 12: Particolare sull'affioramento di substrato presente alla base delle scarpate presenti al limite orientale dell'area indagata (vedi Foto 14).



FOTO 13: Particolare ravvicinato di Foto 12, in cui si osserva l'aspetto dettagliato del piano di strato affiorante.



FOTO 14: Ripresa sulle scarpate presenti al limite orientale dell'area indagata, viste da Sud



FOTO 15: Visione d'insieme sulla parte più meridionale dell'area indagata. Al centro dell'immagine la scarpata principale al limite Sud dell'area indagata, sulla destra la scarpata che si sviluppa a monte dell'Eremo. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate.



FOTO 16: Ripresa sulla parte mediana dell'area indagata, vista da Est. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate.



FOTO 17: Ripresa sulla parte medio alta dell'area indagata, vista da Est. Sulla sinistra dell'immagine la scarpata principale al limite Sud dell'area indagata, poco più a destra la scarpata che si sviluppa a monte dell'Eremo. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate.

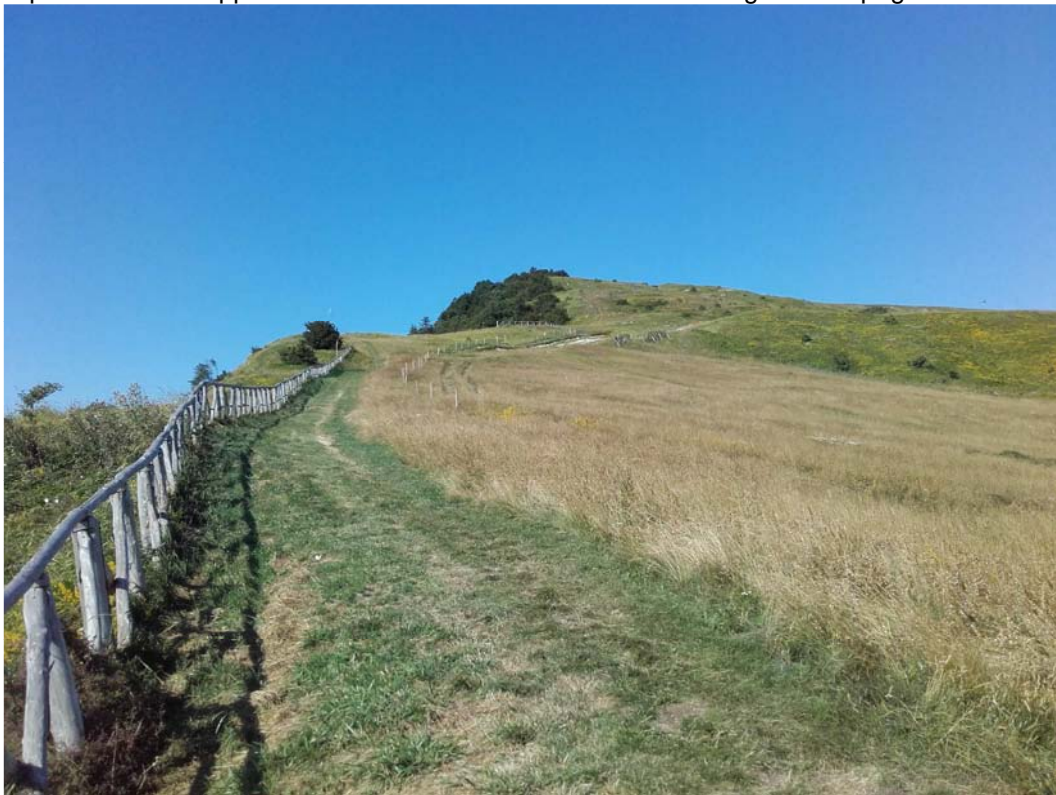


FOTO 18: Ripresa sul ciglio della grande scarpata che scende verso l'abitato di Carpegna



FOTO 19: Ripresa sulla parte mediana dell'area indagata, vista da Est. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate.



FOTO 20: Ripresa su una delle essenze arboree ritenute significative nell'*analisi fotogeologica multitemporale comparata*. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate, in particolare la contropendenza presente immediatamente a monte dell'essenza arborea e la concavità posta in primo piano.



FOTO 21: Ripresa sulle irregolarità topografiche rilevate, nella parte centro occidentale dell'area indagata.



FOTO 22: Ripresa sulla parte mediana dell'area indagata, vista da Nord-Est. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate. Nella parte destra sono riprese due delle essenze arboree ritenute significative nell'*analisi fotogeologica multitemporale comparata*.



FOTO 23: Ripresa ravvicinata sulla parte mediana dell'area indagata, vista da Sud-Est. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate. Al centro destra sono ancora riprese due delle essenze arboree ritenute significative nell'*analisi fotogeologica multitemporale comparata*, visibili nella Foto 22.



FOTO 24: Ripresa ravvicinata sulla parte mediana e nord-occidentale dell'area indagata, vista da Sud-Est. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate.



FOTO 25: Ripresa ravvicinata sulle irregolarità topografiche presenti nella parte mediana dell'area indagata, vista da Ovest.



FOTO 26: Vista sulla parte medio-bassa dell'area indagata, vista da Sud. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate.



FOTO 27: Ripresa essenze arboree ritenute significative nell'*analisi fotogeologica multitemporale comparata*, sullo sfondo al centro dell'immagine ed in posizione ravvicinata sulla destra. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate.



FOTO 28: Vista sulla parte medio-bassa dell'area indagata, vista da Sud-Est. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate, con in primo piano una convessità con affioramento del substrato (vedi Foto 40).



FOTO 29: Vista più ravvicinata sulla parte medio-bassa dell'area indagata, vista da Sud-Est. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate ed in particolare la contropendenza posta immediatamente a monte del parcheggio.



FOTO 30: Ripresa sulla strada di accesso all'Eremo ed al Rifugio.

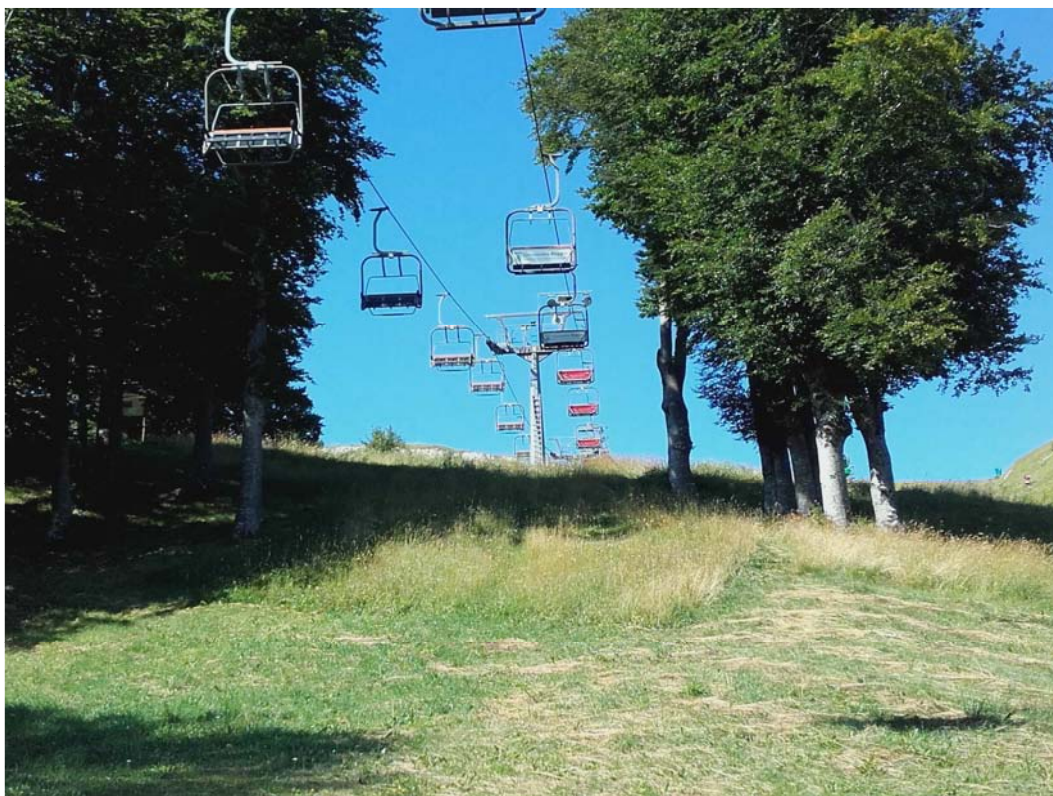


FOTO 31: Ripresa sulla fascia immediatamente a monte del Rifugio.



FOTO 32: Ripresa ravvicinata su una delle contropendenze situate nell'area a monte del Rifugio.



FOTO 33: Particolare sui fusti delle essenze arboree (faggi con età anche maggiore di 70 anni) presenti nell'area a monte del Rifugio.



FOTO 34: Particolare sui fusti delle essenze arboree (faggi con età anche maggiore di 70 anni) presenti nell'area a monte del Rifugio.



FOTO 35: Ripresa ravvicinata su una delle contropendenze situate nell'area a monte del Rifugio.



FOTO 36: Ripresa sulla parte medio alta della scarpata che si sviluppa a monte dell'Eremo, vista da Est. Si osservano gli effetti dei rimodellamenti più recenti. Al centro della foto il manufatto di captazione della Sorgente della Arpina della Madonna



FOTO 37: Ripresa sulla parte medio bassa della scarpata che si sviluppa a monte dell'Eremo, vista da Est. Si osservano gli effetti dei rimodellamenti più recenti.



FOTO 38: Ripresa del "canalone" su cui si estendono le piste principali, visto da Nord-Est. Sullo sfondo si osserva la scarpata principale al limite Sud dell'area indagata.



FOTO 39: Vista sulla parte medio-bassa dell'area indagata, vista da Sud-Ovest. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate.



FOTO 40: Particolare sull'affioramento del substrato in corrispondenza di una convessità in rilievo posta nella parte centrale dell'area indagata.



FOTO 41: Ripresa sull'impluvio presente ad Est dell'Eremo, nel tratto a valle dell'Eremo stesso, vista da Nord.



FOTO 42: Particolare sul tratto in cui l'impluvio presente ad Est dell'Eremo è interessato da tombinatura.



FOTO 43: Ripresa sull'impluvio presente ad Est dell'Eremo, nel tratto a valle dell'Eremo stesso, vista da Sud.



FOTO 44: Vista sulla parte medio-bassa dell'area indagata, vista da Nord-Ovest. Si osservano le irregolarità topografiche rilevate.

3.4 - SINTESI ANALISI GEOMORFOLOGICA

Sulla base delle analisi eseguite, si ritiene che nell'*area definita in dissesto* nella Carta Geologica Regionale, nella Carta Geomorfologica Regionale e nel Piano di Assetto Idrogeologico non sussistano deformazioni del versante tali da poter essere apprezzabili in maniera chiara ed univoca.

Si ritiene comunque che le possibili deformazioni siano poco estese e poco profonde, nonché discontinue e inattive, o comunque caratterizzate da velocità estremamente ridotte.

Appare più probabile la presenza di fenomeni tipo soliflusso superficiale, anch'essi verosimilmente discontinui e poco attivi.

Le forme osservabili nell'area in esame potrebbero essere interpretabili in ragione della struttura geologica dell'area, nonché considerando il regime morfoclimatico attivo fino all'ultimo post-glaciale, responsabile del modellamento del rilievo sull'intero massiccio del Monte Carpegna.

Come in parte già accennato, alcuni elementi morfologici mostrano un chiaro allineamento secondo alcune direzioni preferenziali, distinguibili in tre andamenti principali.

Il primo andamento va da circa 0° a 20° Nord, il secondo va da circa 30° a 55° Nord, il terzo da circa 125° a 150° Nord.

Al primo andamento, rappresentato in *giallo* nella Figura seguente, sono allineati gli impluvi e le scarpate secondarie presenti nella parte orientale dell'area indagata.

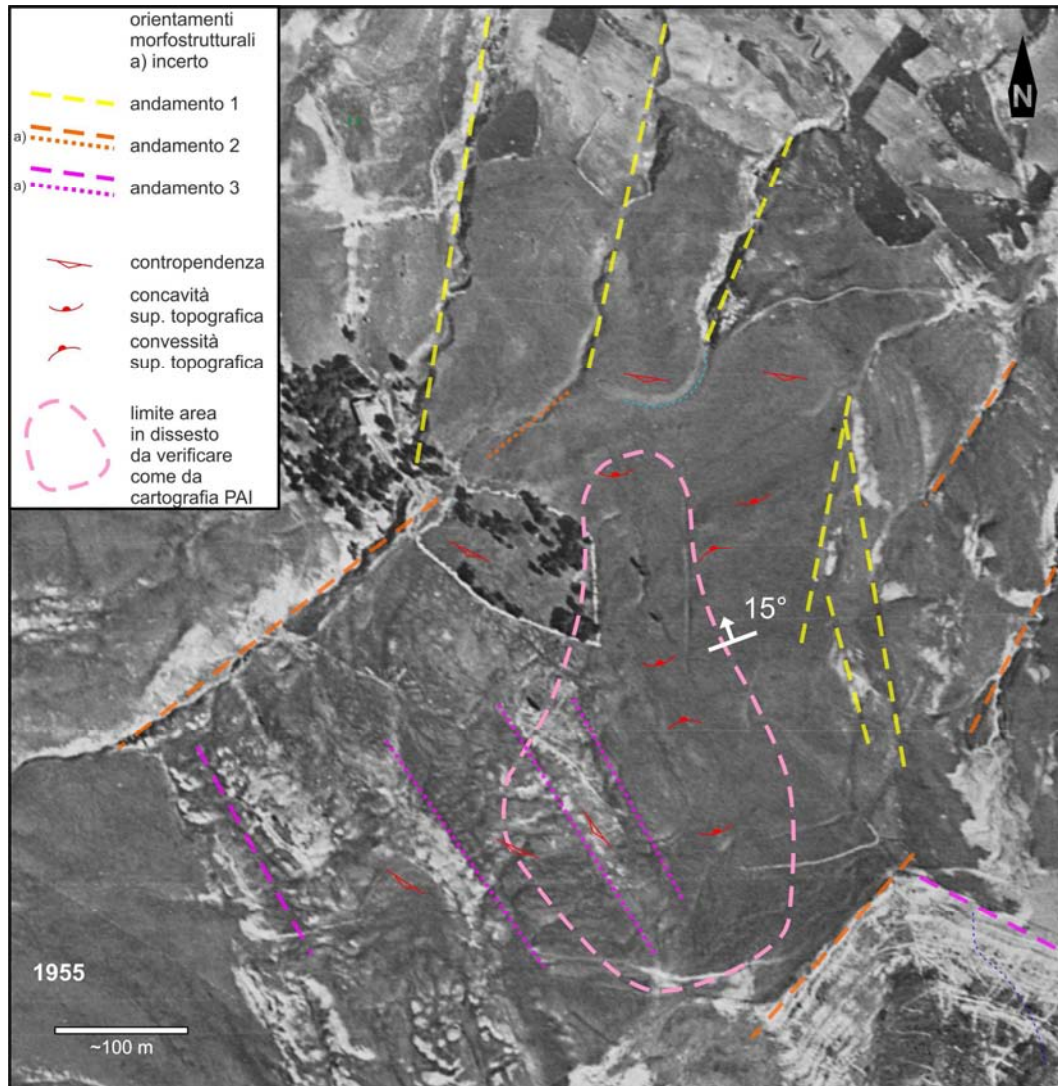
Al secondo andamento, rappresentato in *fucsia*, è allineata la scarpata principale posta al limite meridionale dell'area in esame ed il tratto più orientale della scarpata principale che degrada verso l'abitato di Carpegna, nonché altri gradini morfologici, visibili chiaramente solo nella ripresa aerea del 1955.

La scarpata presente a monte dell'Eremo ed altri impluvi posti al limite orientale dell'area indagata seguono il terzo andamento, indicato in *arancio*.

Si può infatti notare come gran parte delle irregolarità topografiche rilevate tendano a mostrare la massima curvatura orientata lungo una direzione concorde con la direzione di immersione della stratificazione.

Le contropendenze tendono ad individuare piani antitetici alla stratificazione.

Ciò è particolarmente evidente all'interno dell'*area definita in dissesto*.



INTERPRETAZIONE STRUTTURALE DELL'AREA INDAGATA

E' quindi possibile interpretare le forme come correlate alla differente risposta morfologica rispetto ai processi di modellamento (weathering) tra le porzioni maggiormente competenti del substrato, rappresentate prevalentemente dai calcari marnosi, e le porzioni meno competenti, costituite tipicamente da marne e argilliti.

Le fasce di versante caratterizzate dalle concavità ben si associano alle porzioni più erodibili, dove si può supporre un maggiore spessore delle coperture eluvio colluviali.

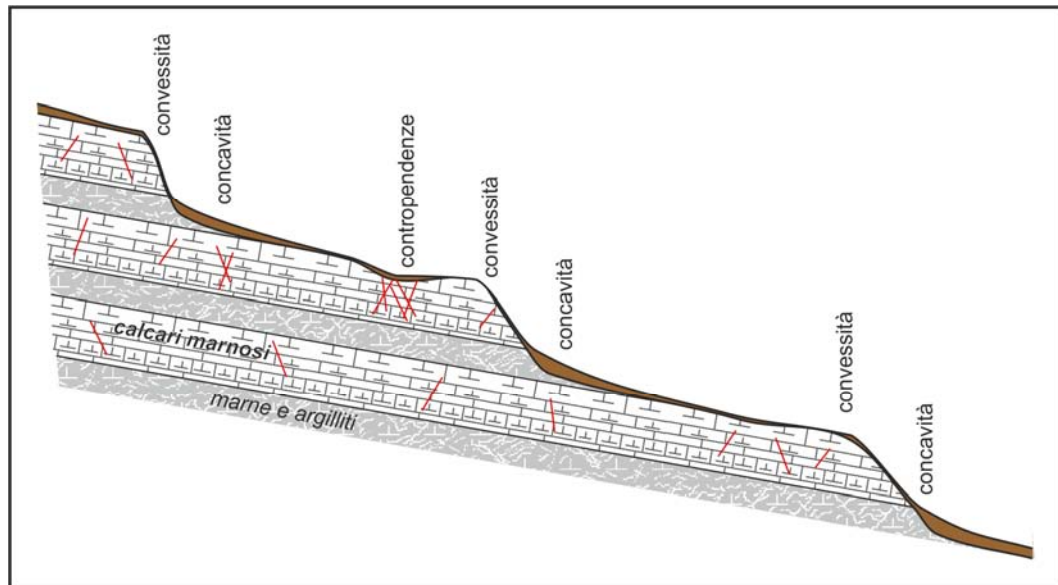
Le convessità sono invece associabili alle litologie più competenti, che a luoghi affiorano chiaramente.

Le contropendenze sono quasi sempre poste immediatamente a monte delle convessità e potrebbero essere interpretabili come depressioni di origine periglaciale, dovute a fenomeni di pseudocarsici tipici degli accumuli nivali, favorite con ogni probabilità dalla presenza di porzioni maggiormente fratturate all'interno delle litologie più competenti.

Tutti questi elementi appaiono orientati concordemente alla stratificazione del substrato.

Questo processo potrebbe essere ancora attivo, ma la creazione delle forme va inquadrata e ricondotta al regime morfoclimatico attivo fino all'immediato post glaciale würmiano.

Uno modello interpretativo ideale di quanto sopra ipotizzato è riportato nel seguito.



MODELLO INTERPRETATIVO MORFOSTRUTTURALE

In ultima analisi, in merito alla richiesta di «caratterizzazione e valutazione della pericolosità del fenomeno gravitativo “attivo”, che presenta un potenziale sviluppo evolutivo gravitativo in direzione della zona da edificare», posta nella richiesta di integrazione riportata in premessa, sulla base di tutti gli elementi e le analisi eseguite, fermo restando quanto espresso in merito alle caratteristiche del fenomeno, si ritiene che:

- la pericolosità in relazione alla zona oggetto di intervento sia da considerarsi trascurabile se non nulla;
- non si riscontano indicatori oggettivi e significativi tali da considerare plausibili o probabili, anche per tempi di ritorno elevati, sviluppi evolutivi in direzione della zona oggetto di intervento.

Una eventuale ripermimetrazione dell'*area definita in dissesto* nella Carta Geologica Regionale, nella Carta Geomorfologica Regionale e nel Piano di Assetto Idrogeologico non è oggetto del presente studio.

Si ritiene comunque che il fenomeno abbia caratteri non assimilabili ad un movimento di versante con limiti definiti come riportato negli elaborati cartografici sopra citati.

Come già descritto, si reputa che le possibili deformazioni siano poco estese e poco profonde, nonché discontinue e inattive, o comunque caratterizzate da velocità estremamente ridotte.

In ragione dell'interpretazione morfostrutturale sopra illustrata potrebbe essere plausibile una assenza di fenomeni di dissesto, perlomeno nella definizione assunte nella Carta Geologica Regionale, nella Carta Geomorfologica Regionale e nel Piano di Assetto Idrogeologico.

4 – STRATIGRAFIA (MODELLO GEOLOGICO)

Ai fini della presente integrazione, come già ricordato, si conferma lo schema proposto nello studio del 26/11/2012 valido nell'immediato sottosuolo del sito in esame, in cui si possono individuare i seguenti livelli o unità litostratigrafiche.

UNITÀ R (fino a 0.50 / 3.50 mt. dal p.c.)

RIPORTO ANTROPICO

Pietrame con argilla e limo

Materiale antropico di diversa natura, costituito in prevalenza da pietrame e detrito con argilla limosa bruna e limo bruno, consistenti per essiccamento.



UNITÀ A (da 0.00 / 3.00 a 1.00 / 4.00 mt. dal p.c.)

COPERTURE ELUVIO COLLUVIALI

Argille limose plastiche con detrito

Argilla limosa da nocciola a grigio, alterata, da moderatamente plastica a plastica, umida, con detrito calcareo e calcareo marnoso in clasti spigolosi, a tratti prevalente.

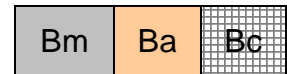


UNITÀ B (oltre 1.00 / 4.00 mt. dal p.c.)

SUBSTRATO (Formazione di Monte Morello)

Argilliti marnose tettonizzate, calcari marnosi e marne fratturate

Alternanze di marna biancastra e grigio beige, fogliettata e tettonizzata, asciutta e consistente (Bm), con passaggi litoidi disarticolati e differenziazioni argillitiche tettonizzate, calcarenite grigio beige molto fratturata (Ba) e calcare e calcare marnoso biancastro da fratturato a molto fratturato (Bc) con passaggi marnosi tettonizzati.



Data la puntualità delle indagini, in considerazione della disomogeneità dei terreni, non si possono escludere eventuali difformità tra situazione reale e schematizzazioni proposte.

Per una migliore comprensione dei rapporti geometrici e litostratigrafici tra le varie unità individuate, si faccia riferimento alla sezione stratigrafica di Figura 6, su cui è riportata la geometria di progetto, nonché alle sezioni stratigrafiche rappresentate nella Figura 5.1 e 5.2 della relazione geologica del 29/11/2012.

Lo schema sopra riportato e le sezioni stratigrafiche citate descrivono il modello geologico del sottosuolo, coerente con quanto illustrato e descritto nello studio del 29/11/2012

La identificazione delle diverse unità litostratigrafiche tiene conto di quanto emerso dalle indagini geognostiche, ed è basata sui caratteri geologici e geomorfologici dell'area in cui è inserito il sito in esame, tenendo conto della

natura dei materiali, della loro genesi e/o della loro storia deposizionale, nonché dei processi in cui sono stati coinvolti.

Nella descrizione si è cercato di illustrare, in maniera sintetica ma il più possibile esaustiva, non solo la litologia ma anche gli altri elementi macroscopici che caratterizzano le unità litostratigrafica individuate (colorazione, tessitura, struttura, grado di alterazione, fratturazione, contenuto in acqua, grado di consistenza, presenza e natura di eventuali inclusioni, ecc.), in modo arrivare ad una descrizione compiuta ed univoca.

L'approccio sopra descritto per la definizione del modello geologico è quindi coerente e conforme a quanto riportato nelle NTC2018 al punto 6.2.1: *«La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.»*, e specificato ulteriormente nella Circolare Esplicativa delle NTC2008, al punto C.6.2.1, dove si precisa che il modello geologico deve riportare *«...la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità; inoltre, deve illustrare i caratteri geostrutturali generali, la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità e fornire lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.(...) Nella descrizione dei caratteri geologici del sito devono essere definite le caratteristiche intrinseche delle singole unità litologiche (terreni o rocce) con particolare riguardo ad eventuali disomogeneità, discontinuità, stati di alterazione e fattori che possano indurre anisotropia delle proprietà fisiche dei materiali. Nelle unità litologiche costituite da alternanze di materiali diversi devono essere descritte le caratteristiche dei singoli litotipi e quantificati gli spessori e la successione delle alternanze. Alla scala dell'ammasso roccioso, che in molti casi è costituito dall'insieme di più unità litologiche, devono essere evidenziate le differenze di caratteristiche fra le diverse unità e devono essere descritte in dettaglio le discontinuità, quali contatti stratigrafici e/o tettonici, piani di stratificazione, fratture, faglie con relativa fascia di frizione, cavità per dissoluzione.»*

5 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA (MODELLO GEOTECNICO)

Come già ricordato, si conferma la caratterizzazione geotecnica ed il modello geologico definiti nello studio del 29/11/2012.

La caratterizzazione geotecnica delle unità litostratigrafiche individuate nel modello geologico ha lo scopo di elaborare tutte le informazioni disponibili, con in primo luogo i dati delle indagini geognostiche ed i caratteri geologici dei materiali, per giungere alla formulazione di un adeguato *modello geotecnico*.

Il modello geotecnico deve tenere necessariamente conto di quanto evidenziato dal modello geologico, considerando quindi che il comportamento del materiale geologico deriva dalla sua genesi e dai processi in cui è stato coinvolto.

L'elaborazione e l'interpretazione delle prove geognostiche non può prescindere dalla conoscenza e dalle considerazioni che hanno determinato la formulazione del modello geologico, senza le quali si può incorrere in valutazioni errate. Questo approccio è coerente con quanto riportato nelle NTC 2018 al punto 6.2.2. e nella circolare esplicativa delle NTC 2008 al punto C.6.2.2

In ragione di quanto sopra illustrato, si conferma l'approccio tenuto nello studio del 29/11/2012, nel quale si era ritenuto opportuno assegnare un modello di comportamento geomeccanico complessivo per ognuna delle unità individuate.

Per l'unità R e per l'unità A è stato ipotizzato un comportamento da con criterio di rottura secondo Mohr-Coulomb.
Il substrato (unità B) è stato assimilato ad una roccia molto fratturata caratterizzabile secondo il criterio di Hoek-Brown.

La caratterizzazione geotecnica considerata nel presente studio è **finalizzata alle analisi parametriche di stabilità del versante**, per cui si è focalizzata sui parametri più significativi a questo scopo.

In considerazione di quanto emerso nell'interpretazione illustrata in dettaglio nello studio del 29/11/2012, si sono definiti i *valori caratteristici* dei parametri geotecnici.

Per *valore caratteristico*, in accordo con le NTC2018 e l'Eurocodice 7, si intende "*una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato*".

Si ritiene corretto ed opportuno, in considerazione della complessità dei materiali geologici, proporre un intervallo di riferimento per ciascun parametro.

UNITÀ R (fino a 0.50 / 3.50 mt. dal p.c.)

RIPORTO ANTROPICO

Pietrame con argilla e limo



$\gamma =$	1,80 ÷ 1,90	t/m ³	peso dell'unità di volume
$C' =$	0.00	t/m ²	coesione efficace
$\phi' =$	28° ÷ 32°		angolo di resistenza al taglio

UNITÀ A (da 0.00 / 3.00 a 1.00 / 4.00 mt. dal p.c.)

COPERTURE ELUVIO COLLUVIALI

Argille limose plastiche con detrito



$\gamma =$	1.90 ÷ 2.00	t/m ³	
$C_u =$	5.00 ÷ 15.00	t/m ²	coesione non drenata
$C' =$	0.00 ÷ 0,25	t/m ²	
$\phi' =$	17° ÷ 19°		
$\phi_R =$	10° ÷ 12°		angolo residuo di resistenza al taglio

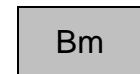
UNITÀ B (oltre 1.00 / 4.00 mt. dal p.c.)

SUBSTRATO (Formazione di Monte Morello)

Argilliti marnose tettonizzate, calcari marnosi e marne fratturate

Sottounità Bm

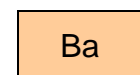
Marne fogliettate e tettonizzate



$\gamma =$	2.05 ÷ 2.15	t/m ³	
$C' =$	3,00 ÷ 5,00	t/m ²	
$\phi' =$	23° ÷ 28°		

Sottounità Ba

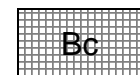
Calcareniti molto fratturate



$\gamma =$	2,15 ÷ 2,25	t/m ³	
$C' =$	8,00 ÷ 12,00	t/m ²	
$\phi' =$	38° ÷ 42°		

Sottounità Bc

Calcari e calcari marnosi fratturati



$\gamma =$	2,25 ÷ 2,35	t/m ³	
$C' =$	15,00 ÷ 25,00	t/m ²	
$\phi' =$	44° ÷ 46°		

Relativamente ai parametri di resistenza al taglio si precisa che i valori di cui sopra vanno considerati rappresentativi dei vari livelli individuati e che la resistenza "operativa" dell'ammasso, andrà valutata di volta in volta in relazione al particolare problema geotecnico che si considera.

Nella seguente tabella sono riportati i *valori caratteristici*, di tutti i parametri valutati e definiti in precedenza e relativamente ai parametri geotecnici individuati dalla normativa (NTC2018 6.2.1 e 6.2.2), i *valori caratteristici* ritenuti *significativi*.

RIASSUNTO PARAMETRI GEOTECNICI

			Unità R	Unità A	Unità B <i>Argilliti marnose tettonizzate, calcari marnosi e marni fratturate</i>		
			<i>RIPORTO ANTROPICO</i>	<i>COPERTURE ELUVIO COLLUVIALI</i>	Sottounità Bm	Sottounità Ba	Sottounità Bc
			<i>Pietrame con argilla e limo</i>	<i>Argille limose plastiche con detrito</i>	<i>Marni fogliettate e tettonizzate</i>	<i>Calcareniti molto fratturate</i>	<i>Calcari e calcari marnosi fratturati</i>
peso dell'unità di volume	γ	t/m ³	1,80 1,90	1,90 2,00	2,05 2,15	2,15 2,25	2,25 2,35
	γ_{SIGN}	t/m ³	1,85	1,90	2,10	2,20	2,30
coesione non drenata	Cu	t/m ²	/	5,00 15,00	/	/	/
	Cu _{SIGN}	t/m ²	/	10,00	<i>1¹</i>	/	/
coesione efficace	C'	t/m ²	0,00	0,00 0,25	3,00 5,00	8,00 12,00	15,00 25,00
	C' _{SIGN}	t/m ²	0,00	0,10	4,00	10,00	20,00
angolo di resistenza al taglio	ϕ'		28° 32°	17° 19°	23° 28°	38° 42°	44° 46°
	ϕ'_{SIGN}		30°	18°	25°	40°	45°
angolo residuo di resistenza al taglio	ϕ_r		/	12° 15°	/	/	/

¹ Nella relazione del 29/11/2012 era stata assegnato un valore di Cu = 25 ÷ 30 t/m² alla sottounità Bm, assimilandola ad una argilla molto sovraconsolidata. Questa approssimazione perde di significato nelle analisi di stabilità, dove l'unità viene caratterizzata secondo il metodo di Hoek-Brown.

6 – SINTESI CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La caratterizzazione sismica estesa del sito in esame è riportata nella relazione geologica del 29/11/2012, a cui si rimanda per i dettagli.

Nel seguito se ne riporta una sintesi, aggiornata alle NTC2018.

Per la caratterizzazione sismica si è fatto riferimento alla normativa vigente in territorio italiano, e si sono adottati i seguenti parametri:

Vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni (Tab. 2.4.I NTC2018)

Classe d'uso = II; $C_U = 1,0$ (Tab. 2.4.II NTC2018)

Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1 = 50$ anni

Se consideriamo lo stato limite di salvaguardia della vita SLV, la probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R è $P_{VR} = 10\%$ (Tab 3.2.I NTC2018), ed il periodo di ritorno da considerare è dato da ([3.2.0] NTC2018):

$$T_R = - V_R / \ln (1- P_{VR}) = - 50 / \ln (1-0,1) = \sim \mathbf{475 \text{ anni}}$$

SISMICITÀ DELL'AREA E CLASSIFICAZIONE SISMICA

Per il sito in esame, relativamente ad un tempo di ritorno di 475 anni, facendo riferimento ai parametri della pericolosità sismica, si ha:

$$\mathbf{a_g = 1,772; \quad F_0 = 2.445; \quad T^*_c = 0.323}$$

L'accelerazione al sito a_g è espressa in $g/10$, F_0 è adimensionale, T^*_c è espresso in secondi.

CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

La velocità media di propagazione delle onde sismiche V_{S30} nei primi trenta metri è stata valutata tramite un'apposita indagine geofisica, da cui è risultato:

$$V_{S30} = 620,0 \text{ m/s.}$$

Considerando i primi trenta metri di profondità, nel suo complesso il terreno al di sotto del sito di intervento è stato considerato di **categoria B**.

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Sulla base di una serie di valutazioni e considerazioni riportate per esteso nella integrazione alla relazione geologica del 01/07/2014, il sito di intervento è stato assimilato alla situazione prevista dalla categoria T1 – *Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$* (cfr. tab. 3.2.III NTC2018). A tale categoria viene assegnato un valore del coefficiente topografico $S_T = \mathbf{1,0}$ (tab. 3.2.V NTC2018).

AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Tenendo conto che il terreno al di sotto del sito in esame, inteso nel suo complesso, si può considerare come ricadente nella categoria B, in base alle

linee riportate nella normativa, per il sito in esame al parametro **S_s** si può assegnare il valore di **1,2**.

ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA NEL SITO.

Ad a_g si è assegnato un valore di 0,1772g corrispondente al tempo di ritorno di 475 anni. L' accelerazione massima attesa al sito, sulla base delle valutazioni eseguite in accordo con la normativa, assume il valore di:

$$a_{max} = \mathbf{0,213g}$$

7 - ANALISI DI STABILITÀ

Come già espresso in premessa, al fine di rispondere alle richieste di integrazione, si è proceduto all'implementazione delle analisi di stabilità introducendo i profili di progetto.

In figura 5 è riportato l'ingombro dell'intervento in oggetto, come indicato dal Progettista.

Risulta chiaro che le tracce delle sezioni riportate nella relazione geologica del 29/11/2012 non permettono una valutazione adeguata, per cui si è proceduto al tracciamento ed alla realizzazione di una nuova sezione stratigrafica, la cui traccia coincide con una delle sezioni di progetto, fornite sempre dal Progettista, adeguatamente ampliata a monte e a valle.

La sezione integrativa così risultata è rappresentata in Figura 6, ed è stata adottata per l'implementazione delle analisi di stabilità.

Condizioni generali

In un'analisi parametrica di stabilità eseguita secondo il *metodo dell'equilibrio limite*, le principali variabili sono rappresentate da:

- (a) geometria del profilo topografico;
- (b) stratigrafia e rapporti geometrici tra le varie unità stratigrafiche – *modello geologico*;
- (c) parametri geotecnici del terreno nelle varie unità stratigrafiche - *modello geotecnico*;
- (d) andamento della superficie piezometrica.

Modello geotecnico

La scelta del modello geotecnico dei terreni è stata eseguita in modo da ottenere un comportamento geomeccanico delle varie unità litostratigrafiche che tenesse conto della natura stessa dei terreni, consentendo quindi di ottenere modelli di valutazione il più aderenti possibile alla realtà, in funzione anche delle condizioni considerate.

Si è mantenuto il medesimo approccio dello studio del 29/11/2012, aggiornandolo alle condizioni di progetto, laddove necessario.

Per il comportamento geotecnico dei terreni delle varie unità stratigrafiche (c) si sono quindi adottati differenti modelli, in ragione di quanto riportato nella normativa ed in considerazione della natura dei materiali.

La scelta è stata eseguita in modo da ottenere un comportamento geomeccanico delle varie unità litostratigrafiche che tenesse conto della natura stessa degli ammassi, consentendo quindi di ottenere modelli di valutazione il più aderenti possibile alla realtà, in funzione anche delle condizioni considerate (breve o lungo termine).

Nella seguente tabella sono riportate le unità litostratigrafiche considerate ed il relativo modello di comportamento geotecnico adottato.

	Unità	Modello geotecnico BREVE TERMINE	Modello geotecnico LUNGO TERMINE	
R	RIPORTO ANTROPICO	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Il riporto antropico è costituito da materiale antropico di diversa natura, rappresentato in prevalenza da pietrame e detrito con argilla limosa bruna e limo bruno. Nel complesso è stato considerato come terreno incoerente, senza distinzione di comportamento tra breve e lungo termine.
A	COPERTURE ELUVIO COLLUVIALI	Modello non drenato	Mohr-Coulomb	Le coperture eluvio colluviali sono costituite da argille limose da nocciola a grigio, alterate, da moderatamente plastiche a plastiche, umide, con detrito calcareo e calcareo marnoso in clasti spigolosi, a tratti prevalente. Nel breve termine è stato considerato un comportamento esclusivamente coesivo, utilizzando come parametro di resistenza la coesione non drenata, opportunamente ridotta. Nel lungo termine si è considerato un modello alla Mohr Coulomb con un valore di coesione molto basso.
B	SUBSTRATO	Hoek-Brown	Hoek-Brown	Si è considerato il substrato come costituito solo dalla componente marnosa tettonizzata (Bm), trascurando a favore di sicurezza le porzioni più competenti. Il comportamento geotecnico è stato associato ad un modello secondo Hoek-Brown, che non prevede distinzione tra breve e lungo termine.

Secondo il criterio di Mohr-Coulomb, la resistenza a rottura del terreno è data dalla somma di due termini²: il primo è la *coesione* c' , indipendente dalla tensione efficace normale σ , ed il secondo che è invece ad essa proporzionale attraverso un coefficiente d'attrito $\tan\phi$ (ϕ è l'*angolo di resistenza al taglio*).

Si sono quindi assegnati i parametri geotecnici riportati nella seguente tabella, che in accordo con la normativa rappresentano i *parametri caratteristici* dei materiali (§ 6.3.3 NTC2018).

		Peso dell'unità di volume	Coesione	Angolo di resistenza al taglio
		γ kN/m ³	C' kPa	ϕ
R	RIPORTO ANTROPICO	18,5	0,0	30°
A	COPERTURE ELUVIO COLLUVIALI	19,0	1,0	18°
B	SUBSTRATO	21,0	variabile	variabile

² $\tau = c' + (\sigma - u) \tan \phi'$

All'unità A, in condizioni di *breve termine*, si è associato un comportamento esclusivamente coesivo, secondo un modello non drenato, nel quale la resistenza a rottura del terreno è data dalla Coesione non drenata C_u .

Nelle simulazioni delle condizioni a breve termine si è quindi considerata una $C_u = 50$ kPa, che rappresenta una riduzione di circa il 50% dei valori medi assegnato al parametro nella caratterizzazione geotecnica.

Il comportamento geotecnico dell'unità B è stato simulato con il criterio generalizzato di Hoek-Brown³, in particolare si è fatto riferimento alla versione relativa agli ammassi rocciosi strutturalmente complessi⁴.

Si è considerato il substrato come costituito solo dalla componente marnosa tettonizzata (unità Bm), trascurando a favore di sicurezza le porzioni più competenti.

Il metodo di Hoek-Brown, come già illustrato al punto 7.2.c, propone la determinazione dei parametri equivalenti (ϕ'_{eq} , c'_{eq}) dell'ammasso roccioso in base a correlazioni complesse che partono dalla valutazione di tre fattori base:

- 1 – resistenza alla compressione della roccia intatta della roccia intatta (σ_{ci});
- 2 – natura della roccia (costante m_i di Hoek-Brown);
- 3 – GSI (Geological Strength Index);

tenendo conto dello **sfuerzo normale efficace** (σ_n).

Il GSI esprime una caratterizzazione della roccia in base al tipo ed all'intensità della fratturazione ed al grado di alterazione delle discontinuità.

Nelle analisi di stabilità quindi i valori di C' e ϕ' equivalenti *vengono valutati in relazione a ciascun concio considerato*.

All'unità B sono stati assegnati i seguenti parametri finalizzati alla successiva valutazione dei parametri equivalenti secondo il criterio di Hoek-Brown, in accordo con quanto già espresso al punto in merito all'unità Bm:

Resistenza alla compressione della roccia intatta σ_{ci} (Kpa)	Costante di Hoek-Brown m_i	Geological Strength Index (G.S.I.)
7500	7	20

Si ricorda inoltre, come illustrato nella sezione stratigrafica, che il substrato, seppure fratturato e tettonizzato, presenta, in base alle giaciture riportate nella cartografia geologica e verificata dal rilievo geomorfologico di dettaglio, una

³ Hoek E (1994) *Strength of rock and rock masses*. News J ISRM 2(2):4–16; Hoek E, Brown ET (1997) *Practical estimates of rock mass strength*. Int J Rock Mech Min Sci Geomech Abstr 34:1165–1186

⁴ Hoek E, Marinos P (2001) *Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as Flysch* Bull. Engg. Geol. Env. 60, 85-92; Hoek E, Marinos P, Benissi M (1998) *Applicability of the geological strength index (GSI). Classification for weak and sheared rock masses—The case of the Athens Schist formation*. Bull Eng Geol Env 57(2):151–160; Hoek E, Marinos P, Marinos V (2005) *Characterization and engineering properties of tectonically undisturbed but lithologically varied sedimentary rock masses*. Int Rock Mech Min Sci

giacitura a leggero franapoggio, generalmente meno inclinate del pendio, rispetto alle sezioni di stabilità considerate.

Poiché le analisi ora riguardano una condizione progettuale, nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018 6.5.3 e 6.8.2), viene indicato che le verifiche della stabilità dei fronti di scavo, delle opere di sostegno e delle opere in materiali sciolti «...devono essere effettuate secondo l'Approccio 1: Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II».

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Nel caso in esame, l'applicazione dei coefficienti parziali non risulta possibile per l'unità di substrato, poiché la normativa non specifica come debbano essere ridotti i parametri che si utilizzano per la caratterizzazione secondo Hoek-Brown.

I valori di C' e ϕ' attribuiti al substrato non sono da intendersi come valori di resistenza di un terreno con criterio di rottura Mohr –Coulomb, applicabile per materiali isotropi, ma come valori di C' *equivalente* e ϕ' *equivalente*, valutati secondo il metodo di Hoek-Brown e riferiti ad una condizione standard, con profondità costante (σ_v).

Il metodo di Hoek-Brown, (Hoek E. e Marinos V. 2001, *Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as Flysch* Bull. Engg. Geol. Env. 60, 85-92) è riconosciuto come il migliore approccio per la caratterizzazione degli ammassi rocciosi a struttura complessa e fratturati, come quelli della Formazione di Monte Morello (unità B).

La caratterizzazione dell'ammasso roccioso avviene secondo i seguenti parametri, già ricordati:

σ_{ci} = resistenza del materiale intatto;

m_i = costante di Hoek e Brown;

G.S.I = Geological Strenght Index;

che non sono previsti e/o citati nelle Norme Tecniche per le Costruzioni e nel relativo aggiornamento.

Inoltre, nelle analisi di stabilità, i valori di C' e ϕ' equivalenti, oltre che in funzione di σ_{ci} , m_i , e GSI, vengono valutati in relazione a ciascun concio considerato, poiché varia la profondità del piano di scorrimento (σ_v).

Applicare i coefficienti riduttivi γ ai valori di C' equivalente e ϕ' equivalente non è quindi possibile, mentre sarebbe più opportuno semmai applicarli ai parametri propri del modello di comportamento geotecnico adottato per il materiale, ma su questo la normativa non dà alcuna indicazione.

In ragione di ciò, si è quindi ritenuto opportuno applicare un coefficiente riduttivo γ_{HB} ai valori di σ_{ci} (resistenza del materiale intatto), m_i (costante di Hoek e Brown) e G.S.I (Geological Strength Index).

In considerazione del significato assunto dai parametri e per quanto possibile applicando un criterio per analogia, al valore di m_i si è applicato un coefficiente riduttivo γ_{HB-m_i} pari a 1,0, mentre al valore di σ_{ci} e di G.S.I si è applicato un coefficiente riduttivo $\gamma_{HB-\sigma_{ci}}$ pari a 1,25 e γ_{HB-GSI} pari a 1,25

In ogni caso ciò si è supposto che il substrato sia costituito sempre da materiale assimilabile alla sola componente marnosa tettonizzata (Bm), trascurando a favore di sicurezza le porzioni più competenti.

Per l'unità B si sono adottati i seguenti parametri di analisi

	valore caratteristico	Coefficiente parziale (NTC2018 Tab. 6.2.II)	Valore utilizzato nelle analisi
peso dell'unità di volume	$\gamma = 21,0 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_\gamma = 1,0$	$\gamma_A = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Resistenza alla compressione della roccia intatta	$\sigma_{ci} = 7500 \text{ Kpa}$	$\gamma_{HB-\sigma_{ci}} = 1,25$	$\sigma_{ci A} = 6000 \text{ Kpa}$
Costante di Hoek-Brown	$m_i = 7$	$\gamma_{HB-m_i} = 1,00$	$m_{iA} = 7$
Geological Strength Index (G.S.I.)	$GSI = 20$	$\gamma_{HB-GSI} = 1,25$	$GSI_A = 16$

I coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (NTC2018Tab. 6.2.II) sono stati applicati all'unità A ed all'unità R in accordo con la normativa

Sempre a favore di sicurezza, i riporti antropici di progetto sono stati assimilati al riporto esistente.

All'unità A, in condizioni di *breve termine*, si è associato un comportamento esclusivamente coesivo, secondo un modello non drenato, nel quale la resistenza a rottura del terreno è data dalla Coesione non drenata C_u .

Nelle simulazioni delle condizioni a breve termine si è quindi considerata una $C_u = 50 \text{ kPa}$, che rappresenta una riduzione di circa il 50% del valore caratteristico. In questo modo il valore considerato risulta minore di quello attenibile applicando il coefficiente parziale secondo la normativa.

Per l'unità R (riporto antropico esistente e di progetto) si sono adottati i seguenti parametri geotecnici di analisi:

	valore caratteristico	Coefficiente parziale (NTC2018 Tab. 6.2.II)	Valore utilizzato nelle analisi
peso dell'unità di volume	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_\gamma = 1,0$	$\gamma_A = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Coesione	$C' = 0,0$	$\gamma_{C'} = 1,25$	$C'_A = 0,0$
Angolo di resistenza al taglio	$\phi = 30^\circ$	$\gamma_\phi = 1,25^5$	$\phi_A = 24,8^\circ$

Per l'unità A si sono adottati i seguenti parametri geotecnici di analisi:

	valore caratteristico	Coefficiente parziale (NTC2018 Tab. 6.2.II)	Valore utilizzato nelle analisi
peso dell'unità di volume	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_\gamma = 1,0$	$\gamma_A = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Coesione	$C' = 1,0 \text{ kPa}$	$\gamma_{C'} = 1,25$	$C'_A = 0,8$
Angolo di resistenza al taglio	$\phi = 18^\circ$	$\gamma_\phi = 1,25$	$\phi_A = 14,6^\circ$
Coesione non drenata	100,0 kPa	$\gamma_{\phi'} = 1,25$ Non applicato. Valore ridotto del 50%	50,0 kPa

I parametri geotecnici utilizzati per la valutazione della stabilità nella configurazione di progetto sono quindi riassunti nella seguente tabella.

		Peso dell'unità di volume	Coesione	Angolo di resistenza al taglio	Coesione non drenata
		γ kN/m ³	C' kPa	ϕ	C_u kPa
R	RIPORTO ANTROPICO ESISTENTE E DI PROGETTO	18,5	0,0	24,8°	/
A	COPERTURE ELUVIO COLLUVIALI	19,0	0,8	14,6°	50,0
B	SUBSTRATO	21,0	variabile $f(\sigma_v; \sigma_{ci A}; m_{iA}; GSI_A)$	variabile $f(\sigma_v; \sigma_{ci A}; m_{iA}; GSI_A)$	/

Superficie piezometrica

L'andamento della superficie piezometrica (d) è stato impostato coerentemente con la morfologia dei versanti e con le caratteristiche dei terreni, nonché per tenere conto dell'effetto delle geometrie di progetto.

In ogni caso l'andamento inserito nelle simulazioni è riferito a condizioni critiche, con superficie piezometrica prossima al piano campagna.

⁵ Nel caso di ϕ' , il coeff. parziale $\gamma_{\phi'}$ si applica a $\tan \phi'$, da cui $\phi'_P = \tan^{-1}((\tan \phi')/\gamma_{\phi'})$

Simulazione strutture esistenti e interventi di progetto

La presenza del parcheggio è stata simulata introducendo un carico uniformemente distribuito di 5 kN/m

I carichi imputabili all'edificio di progetto sono stati simulati come carichi uniformemente distribuiti lungo l'impronta del fabbricato, assegnando ad esso un valore di 20 kN/m (cautelativo, considerando che l'edificio ha un solo solaio e copertura e probabilmente verrà realizzato con materiali leggeri).

Il rilevato di progetto, come già detto, è stato simulato come un materiale avente le medesime caratteristiche geotecniche del rilevato che costituisce il piazzale del parcheggio.

All'atto della redazione del presente elaborato che non sono note le tipologie per le opere di contenimento degli scavi. In ragione delle condizioni geologiche si è supposto che i fronti di scavo siano contenuti e presidiati con muri di sostegno, di cui andrà poi valutata la stabilità in sede progettuale.

Condizioni Sismiche

In accordo con la normativa di riferimento, come già fatto nello studio del 29/11/2012, l'analisi in condizioni sismiche è stata eseguita utilizzando metodi pseudostatici, introducendo quindi coefficienti sismici orizzontali e verticali dipendenti dall'accelerazione massima attesa al sito (NTC2018 7.11.3.5.2).

I coefficienti sismici orizzontali (k_h) e verticali (k_v) dipendenti dall'accelerazione massima attesa al sito (a_{max}), sono valutati secondo le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_s \cdot (a_{max} / g); \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

con β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito e dipendente dalla categoria del sottosuolo e dal valore dell'accelerazione orizzontale su suolo rigido $a_g(g)$, come da NTC2018 Tab. 7.11.I).

Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Nel caso in esame, come illustrato in precedenza, si ha:

$a_g(g) = 0,1772g$, per un tempo di ritorno di 475 anni,

$\beta_s = 0,24$, per terreni categoria B con $0,1 < a_g(g) \leq 0,2$

$a_{max} = 0,213g$, per un tempo di ritorno di 475 anni,

Da cui:

$$k_h = 0,24 \cdot (0,213g / g) = 0,051; \quad k_v = \pm 0,0255$$

Nelle simulazioni di stabilità, un sisma è considerato come una sollecitazione dinamica orizzontale e verticale che va ad agire sui diversi concii nei quali si ipotizza di discretizzare il terreno.

Tali sollecitazioni si possono quantificare come amplificazione del peso dei singoli concii tramite un coefficiente che rappresenta una percentuale dell'accelerazione di gravità.

Le formule considerate nelle simulazioni assumono la seguente forma:

$$F_h = \pm 0.5 \times a_g \times S \times W = K_h \times W$$
$$F_v = \pm 0.5 \times F_h = K_v \times W$$

con F_h , F_v , e W rispettivamente azione sismica orizzontale, verticale e peso del concio.

I coefficienti sismici orizzontali (k_h) e verticali (k_v) dipendenti dall'accelerazione massima attesa al sito (a_{max}), calcolati in precedenza, assumono i valori:

$$k_h = 0,051; \quad k_v = \pm 0,0255$$

In versanti assimilabili a quello in esame o in pendii interessati da frane attive o quiescenti, dove fenomeni deformativi possono essere indotti o riattivati in occasione del sisma, le analisi in termini di tensioni efficaci risultano più appropriate rispetto a quelle in tensioni totali⁶.

Il modello di comportamento del terreno deve fare riferimento alla resistenza al taglio a grandi deformazioni, ed in terreni pelitici coesivi da normal consolidati a sovraconsolidati come quelli in esame (unità A e in parte Bm), spesso caratterizzati da superfici di discontinuità pre-esistenti e comportamento duttile, si è osservato che le condizioni di post-picco descrivono con buona accuratezza le condizioni di stabilità di frane di primo scorrimento.

La normativa impone di tenere conto del possibile aumento delle pressioni interstiziali associabili ad un evento sismico, ma nel caso in esame non si hanno elementi per inserire tale aumento nelle simulazioni.

D'altro canto la natura dei terreni (materiali prevalentemente coesivi, ammasso roccioso strutturalmente complesso, materiale di riporto di grossa pezzatura) suggerisce che l'effetto delle sovrappressioni possa essere trascurato.

Per le analisi in condizioni sismiche si sono mantenuti i parametri geotecnici assunti per le condizioni statiche, si sono introdotti i coefficienti sismici e si sono trascurate sovrappressioni interstiziali.

⁶ C. Madiati, S. Rampello, 2005 *Stabilità dei pendii e dei fronti di scavo* in AGI Aspetti Geotecnici della Progettazione in Zona Sismica

Condizioni post sismiche

In contesti come quello in esame, cioè di versanti con coperture a comportamento coesivo da normal consolidate a sovraconsolidate, substrato sub affiorante o poco profondo, le condizioni post-sismiche sono del tutto analoghe alle condizioni statiche e quindi vale quanto già espresso precedentemente.

Criteria di calcolo e di ricerca

Il grado stabilità di un versante è definito da un Fattore di Sicurezza (F.S.), che rappresenta il rapporto tra le forze stabilizzanti e le forze destabilizzanti.

Il calcolo del Fattore di Sicurezza può essere effettuato seguendo diversi metodi ed è comunque funzione dei parametri elencati precedentemente.

Il Fattore di Sicurezza può essere calcolato considerando superfici di scorrimento a geometria variabile (circolari, a spezzata, logaritmiche, predefinite, ecc.).

Le superfici di scorrimento possono essere generate in modo automatico, specificando limiti e parametri per la ricerca, oppure definendone la geometria punto per punto in considerazione del contesto geologico di riferimento.

Nella ricerca automatica delle possibili superfici di scorrimento vanno imposte condizioni al codice di calcolo, limitando la libertà del sistema in modo che **le simulazioni si inseriscano sempre in un quadro geologico e geomorfologico coerente**, evitando ad esempio superfici di scorrimento poco profonde o con sviluppo troppo ridotto e comunque scartando superfici non plausibili geometricamente e geologicamente.

Quanto sopra è in accordo, con quanto riportato nelle NTC2018 §6.3.4, dove si raccomanda che le analisi devono essere eseguite «...lungo le superfici di scorrimento che meglio approssimano quella/e riconosciuta/e con le indagini...» oppure «...lungo superfici di scorrimento cinematicamente possibili...».

In particolare la valutazione della plausibilità geologica e geomorfologica, oltre che cinematica, delle superfici di scorrimento, costituisce un evidente miglioramento del modello di riferimento per le analisi di stabilità.

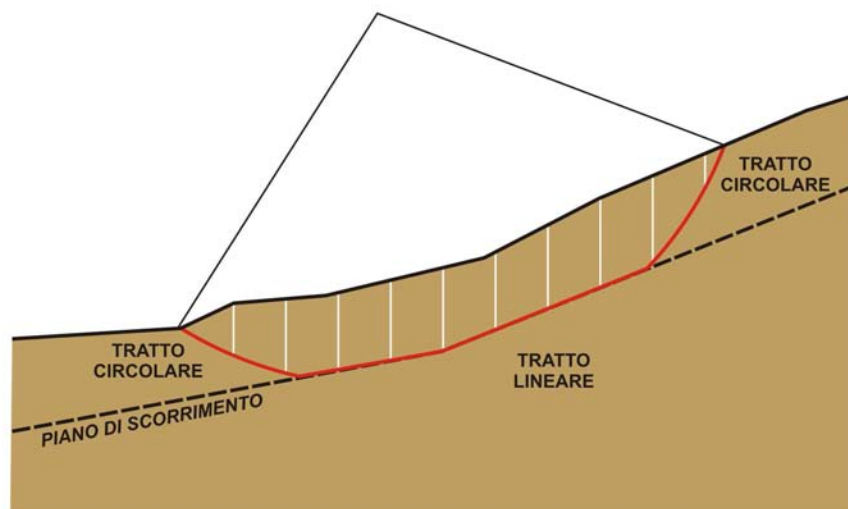
Nel presente studio, tenendo presente la natura dei terreni e dei fenomeni deformativi tipici del contesto, nonché facendo riferimento all'approccio tenuto nella reazione geologica del 29/11/2012, si sono considerate:

- **superfici di scorrimento automatiche circolari** generate imponendo intervalli definiti di entrata ed uscita dalla superficie topografica;
- **superfici di scorrimento automatiche a geometria composta**, circolare e lineare, generate imponendo intervalli definiti di entrata ed uscita dalla superficie topografica e definendo un *piano di scorrimento*, coincidente con un ipotetico interstrato con coesione nulla.

Così come nella relazione del 29/11/2012, l'introduzione nelle simulazioni di un ipotetico interstrato all'interno del substrato, nel quale i parametri geomeccanici risultano scaduti ($\phi' = 25^\circ$, $C' = 0,0$) ha lo scopo di valutare in via teorica la stabilità del versante nel caso in cui si possano verificare quelle condizioni che con ogni probabilità hanno determinato lo sviluppo dei movimenti di versante osservati nelle vicinanze dell'area in esame.

Si precisa comunque che durante le indagini geognostiche eseguite nel 2012 non si sono osservate evidenze di alcun tipo tali da far supporre la reale presenza di un possibile piano di scorrimento associato ad un interstrato con parametri geotecnici scaduti.

Le superfici a generazione automatica a geometria composita, generate imponendo intervalli definiti di entrata ed uscita dalla superficie topografica e definendo un piano di scorrimento, presentano un andamento circolare fra la superficie topografica ed il piano di scorrimento e lineare fra i punti di intersezione della superficie circolare con il piano di scorrimento e seguono in sostanza il piano di scorrimento stesso.



Nelle condizioni di breve termine si sono considerate unicamente superfici di scorrimento automatiche circolari.

Il calcolo del Fattore di Sicurezza può essere effettuato seguendo diversi metodi.

Nelle analisi si è ricorso al metodo di Bishop (B), al metodo di Jambu corretto (J) ed al metodo di Morgenstern & Price o dell'equilibrio limite globale (MP), nelle analisi *sismiche* si è aggiunto anche il metodo di Spencer (S); i metodi hanno mostrato una buona convergenza di risultati, che denota la validità del modello adottato.

Le analisi sono state eseguite utilizzando un software denominato “Slide”, prodotto dalla RocScience Inc.

In letteratura e nella normativa, **il valore di Fattore di Sicurezza minimo accettabile in condizioni statiche è 1.3**, in **condizioni sismiche** il valore del **Fattore di Sicurezza minimo accettabile è 1.1**.

I risultati ottenuti dalle analisi nelle varie condizioni considerate sono riportati per ognuno dei metodi di calcolo, considerando il **valore minimo** assunto dal Fattore di Sicurezza.

L'approccio è coerente e conforme a quanto riportato nelle NTC2018 § 6.3.4.

Le situazioni considerate nelle analisi, con le relative condizioni al contorno e l'introduzione delle geometrie di progetto sono le medesime considerate nella relazione del 29/11/2012, e sono riassunte nel seguito.

- 1) Analisi della stabilità del pendio in condizioni di breve termine
- 2) Analisi della stabilità del pendio in condizioni di lungo termine
- 3) Analisi della stabilità del pendio in condizioni sismiche e post-sismiche

In tutte le simulazioni si sono imposti criteri di ricerca al codice di calcolo tali da far sì che le superfici di scorrimento interessino porzioni significative del versante, fermo restando la plausibilità geomorfologica.

In particolare si sono definiti gli intervalli di entrata ed uscita delle superfici di scorrimento in modo da tenere conto della morfologia e delle geometrie di progetto.

7.1 - Analisi della stabilità del pendio in condizioni di breve termine

Figura 7.1

Come già illustrato, nelle condizioni a breve termine si è adottato per l'unità A un comportamento esclusivamente coesivo, secondo un modello non drenato, nel quale la resistenza a rottura del terreno è data dalla Coesione non drenata opportunamente ridotta.

La superficie piezometrica è stata simulata con un andamento prossimo al piano campagna, ed il substrato è stato considerato come non interessato dalla presenza di acqua.

In via cautelativa sono stati mantenuti tutti i carichi relativi alle strutture esistenti ed agli interventi di progetto.

I risultati delle analisi sono riassunti nella seguente tabella.

<i>BREVE TERMINE</i>	Bishop	Jambu	M&P
	F.S.	F.S.	F.S.
superfici di scorrimento automatiche circolari	3,957	3,817	3,951

In tutti i casi considerati il valore del F.S. supera ampiamente il valore normativo.

7.2 - Analisi della stabilità del pendio in condizioni di lungo termine

Figura 7.2 e 7.3

Nelle condizioni a lungo termine l'unità A è stata assimilata ad un modello di comportamento alla Mohr-Coulomb.

La superficie piezometrica è stata simulata con un andamento prossimo al piano campagna, ed il substrato è stato considerato come non interessato dalla presenza di acqua, ipotizzando comunque condizioni critiche.

Il substrato è stato considerato come non interessato dalla presenza di acqua.

I risultati delle analisi sono riassunti nella seguente tabella.

<i>LUNGO TERMINE</i>	Bishop	Jambu	M&P
	F.S.	F.S.	F.S.
superfici di scorrimento automatiche circolari	3,755	3,709	3,807
superfici di scorrimento automatiche a geometria composita (interstrato con parametri geotecnici scaduti)	2,579	2,531	2,513

Il valore normativo del F.S. è ampiamente raggiunto in tutti i casi considerati.

Le simulazioni confermano sostanzialmente quanto emerso dal rilevamento in sito e dall'analisi geomorfologica.

7.3 - Analisi della stabilità del pendio in condizioni sismiche e post-sismiche

Figura 7.2 e 7.3

A completamento delle analisi di stabilità, si sono valutati gli effetti di un sisma sulla stabilità del versante, in accordo con la Normativa (NTC 7.11.3.5)

Nelle simulazioni di stabilità, un sisma è considerato come una sollecitazione dinamica orizzontale e verticale che va ad agire sui diversi concetti nei quali si ipotizza di discretizzare il terreno, come ricordato in precedenza.

I coefficienti sismici orizzontali (k_h) e verticali (k_v) dipendenti dall'accelerazione massima attesa al sito (a_{max}), calcolati in precedenza, assumono i valori:

$$k_h = 0,051; \quad k_v = \pm 0,0255$$

La stabilità del pendio è stata valutata considerando i criteri di ricerca per le superfici di scorrimento già utilizzati.

I risultati delle analisi sono riassunti nella seguente tabella.

LUNGO TERMINE CONDIZIONI SISMICHE	Bishop	Jambu	Spencer	M&P
	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.
superfici di scorrimento automatiche circolari	3,211	3,262	3,342	3,339
superfici di scorrimento automatiche a geometria composta (interstrato con parametri geotecnici scaduti)	2,179	2,149	2,206	2,137

Il valore normativo del F.S. è ampiamente raggiunto in tutti i casi considerati.

In definitiva dalle analisi di stabilità eseguite si può dedurre che il versante è stabile anche inserendo le geometrie di progetto.

Gli elaborati di calcolo sono riportati nell'allegato 1.

8 – SINTESI E CONCLUSIONI

Riprendendo quanto riportato in premessa, il presente elaborato è finalizzato ad assolvere alle richieste espresse dalla P.F. Tutela del Territorio di Pesaro e Urbino sintetizzate come segue:

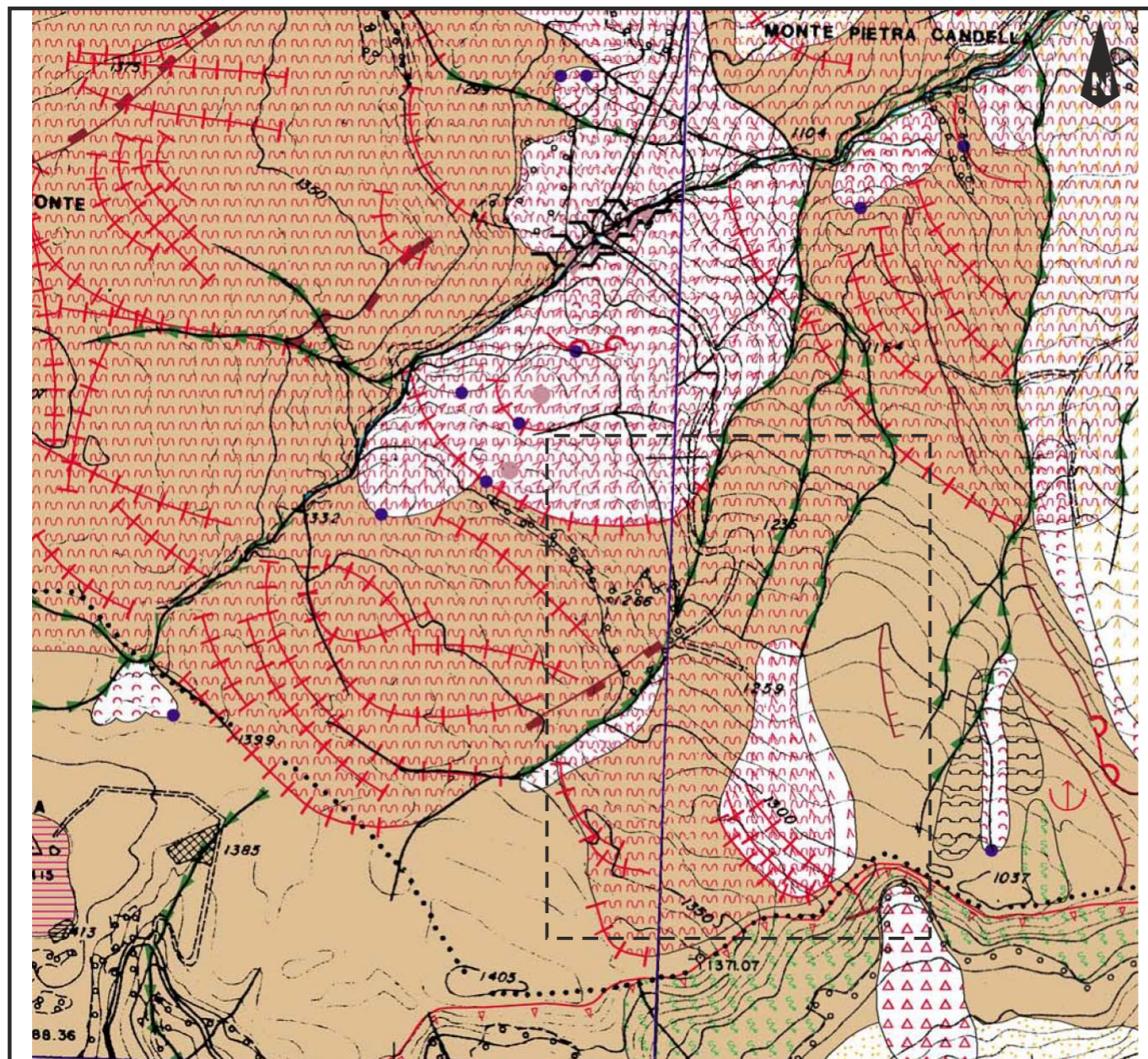
- caratterizzazione e valutazione della pericolosità del fenomeno gravitativo “attivo”, che presenta un potenziale sviluppo evolutivo gravitativo in direzione della zona da edificare;
- implementazione delle analisi di stabilità considerando i profili di progetto.

L’analisi geomorfologica, per i cui dettagli si rimanda al punto 3, ha permesso una caratterizzazione del fenomeno in base alla quale si ritiene che la pericolosità in relazione alla zona oggetto di intervento sia da considerarsi trascurabile e che sviluppi evolutivi in direzione della zona oggetto di intervento siano estremamente improbabili.

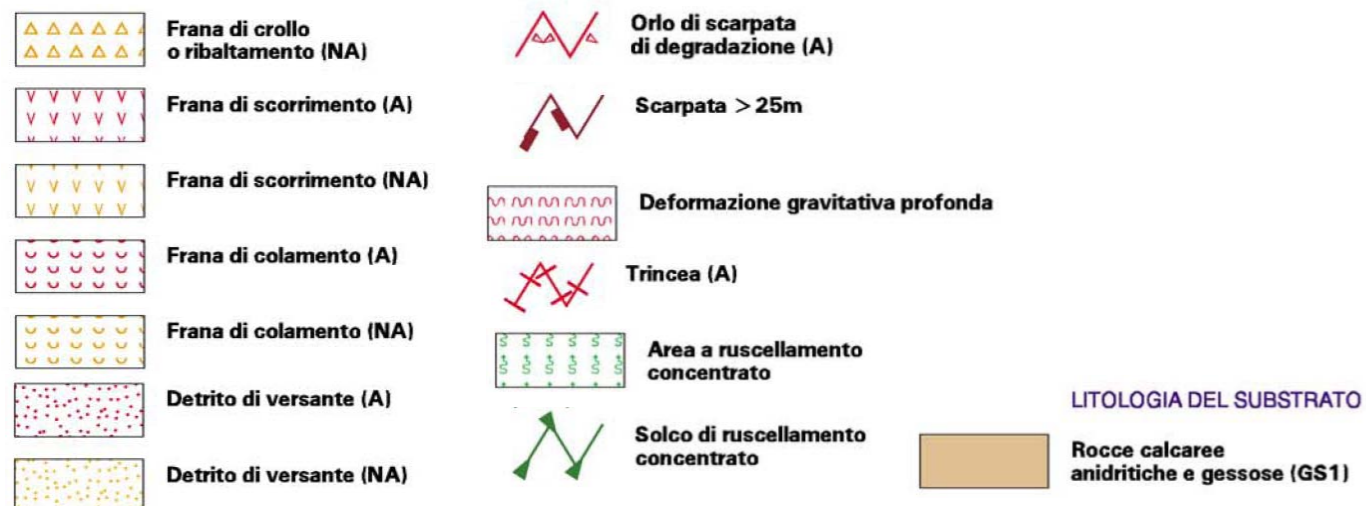
L’aggiornamento delle analisi di stabilità considerando le geometrie di progetto, che andrà comunque rivisto in fase di progettazione strutturale, ha confermato la stabilità del versante nel sito di intervento. Si rimanda al punto 7, per i dettagli.

Dott. Geol. Cristiano Guerra

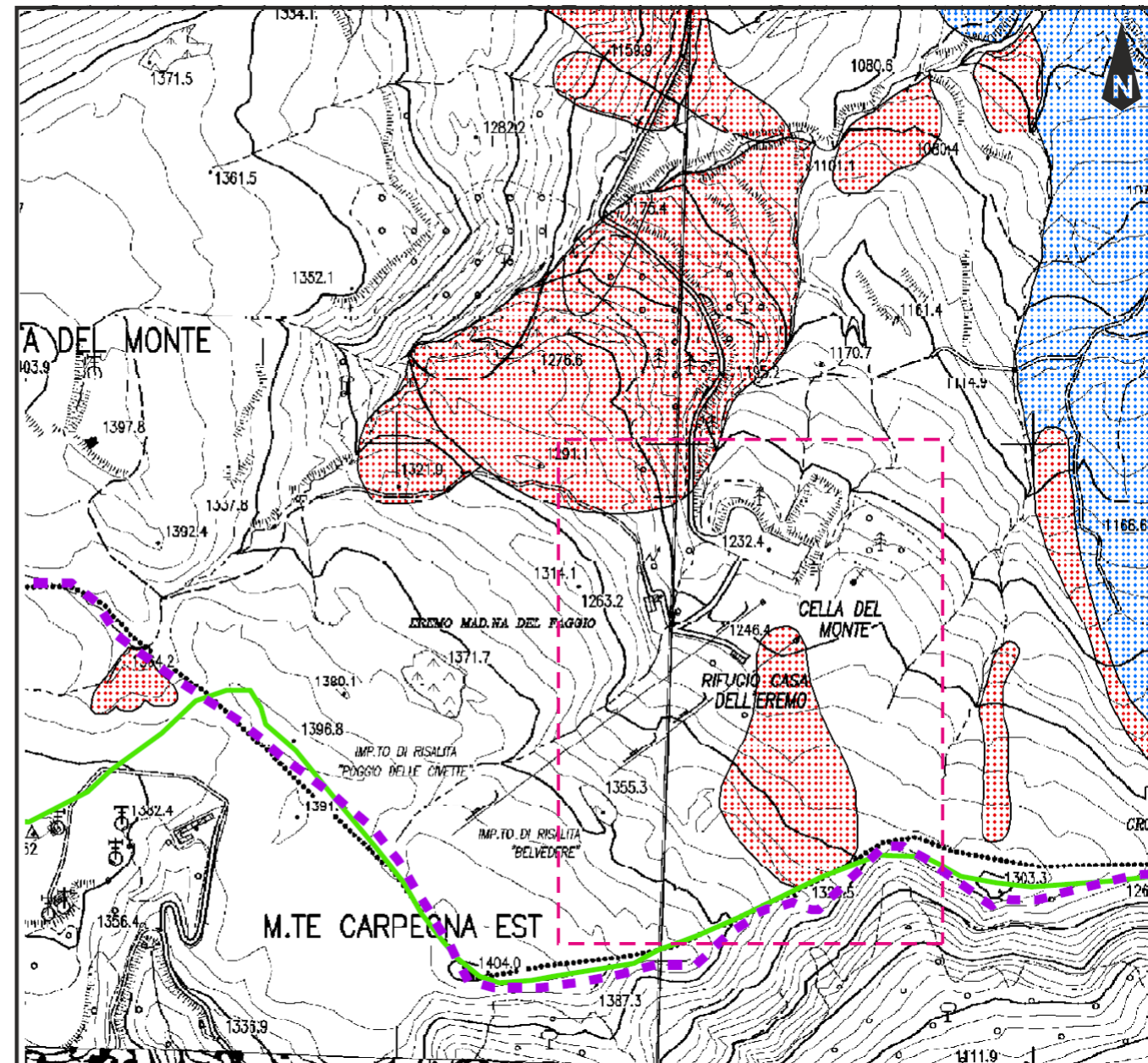
Stralcio Carta Geomorfologica Regionale Regione Marche
Sezione 266160 Pennabilli - Sezione 267130 Montecopiolo



SCALA 1:10.000



Estratto del Piano Stralcio di Bacino
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I) - VARIANTE 2016
Territorio del comune di Montecopiolo Tavola 2



SCALA 1:10.000

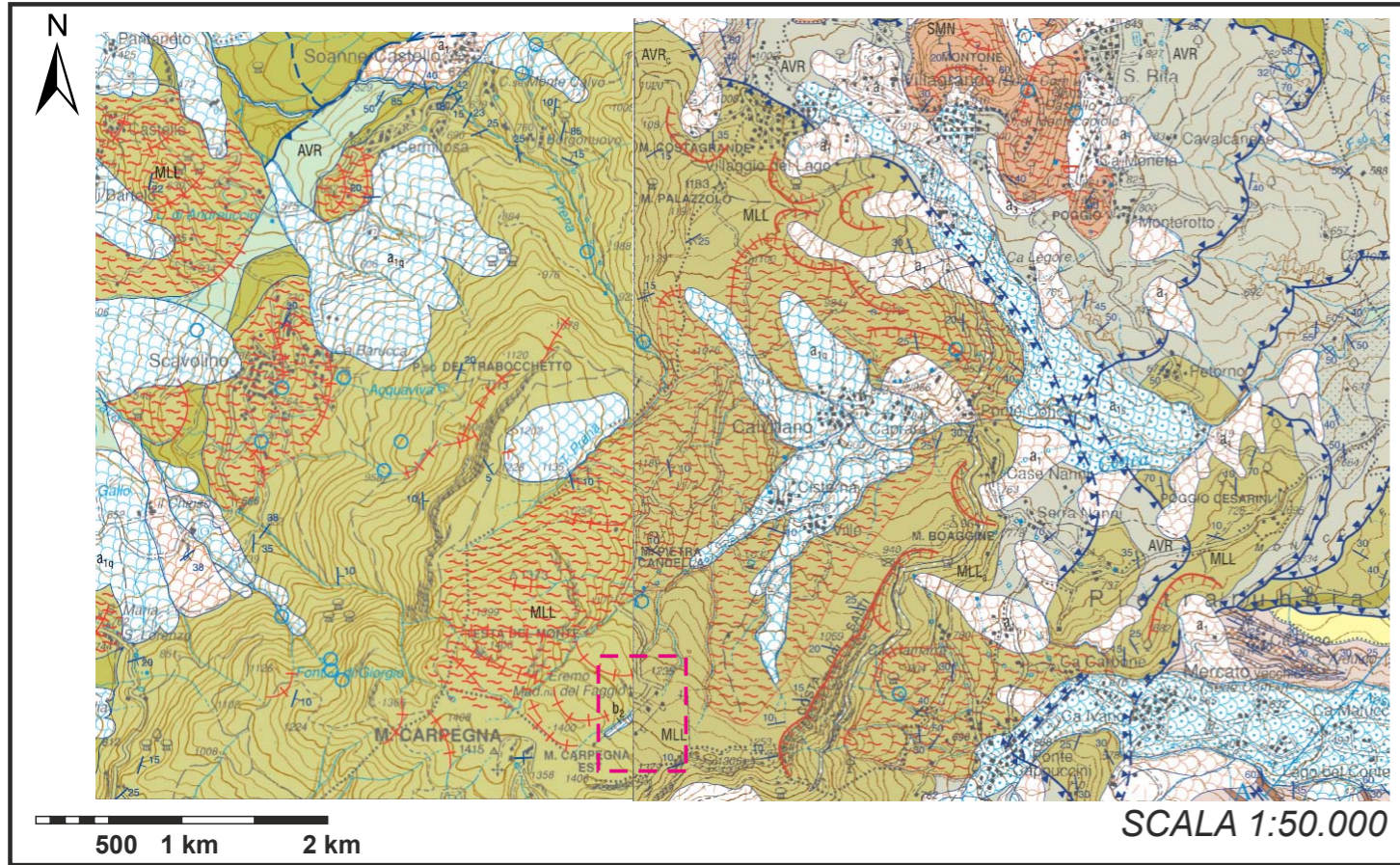


Aree in dissesto da assoggettare a verifica (art. 17)



Figura 1.2: Cartografia Tematica - Cartografia geomorfologica, P.A.I.

Stralcio Carta Geologica d'Italia
Foglio 266 Mercato Saraceno
Foglio 267 San Marino
ISPRA - Servizio Geologico d'Italia



- Depositi di frana in evoluzione**
Accumuli gravitativi eterogenei più o meno caotici, delle dimensioni dei blocchi alle argille, con contenuto in matrice variabile; frane di diverse tipologie con evidenze di movimenti in atto o recenti.
OLOCENE
- Depositi di frana senza indizi di evoluzione**
Accumuli gravitativi eterogenei più o meno caotici, delle dimensioni dei blocchi alle argille, con contenuto in matrice variabile; frane di diverse tipologie senza evidenze di movimenti in atto o recenti.
OLOCENE

SUCCESSIONE EPIIGURE
FORMAZIONE DI SAN MARINO
Calcarei organogeni grigi e calcareniti bianco-grigiastre ricche in bioclasti, con diffusi frammenti di coralli e briciole. Calcareniti intensamente bioturbate, a stratificazione concavo-convessa, talora parallela, con lenticole e incostrazioni. Calcareniti ed arenarie ibride glauconitiche nella parte alta della formazione. Potenza variabile fino a 200 m. La formazione poggia in discordanza stratigrafica quasi ovunque su AVR, talora tramite una breccia od un conglomerato poligenico ad elementi provenienti dalle formazioni liguri, e su MUS. Localmente poggia in discordanza su terreni, non cartografabili, di CTS e di AMT. Il contatto di base con AVR e MUS, è talvolta tettonizzato.
Ambiente deposizionale marino di piattaforma.
BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO INF.

UNITA' LIGURI
FORMAZIONE DI MONTE MORELLO
Alternanze di calcari e calcari marnosi, calcareniti torbiditiche e marne. I calcari hanno colore grigio chiaro e strati medi o spessi; le calcareniti presentano talvolta una base rudificata con nummuliti, stratificazione sottile e bioturbazione. Le marne e marne calcaree hanno una stratificazione sottile e colori che variano dal nocciola al grigio. Le intercalazioni pelliche sono date da siltiti ed argilliti siltose di colore grigio scuro, piuttosto fogliettate. Potenza di circa 700 m. Limite inferiore stratigrafico su AVR e SIL. Limite superiore stratigrafico discordante con la Successione Epiigure e con FAA. Ambiente deposizionale relativo ad un sistema torbiditico basinale.
EOCENE INF. - MEDIO
Itofacies di C. Nuova (MLL)
Marni e calcari marnosi rosa-rossastri alternati ad argilliti scure e policrome, con stratificazione generalmente netta.

FORMAZIONE DI SILLANO
Alternanze di strati di spessore da decimetrico a metrico di peliti grigie e calcari grigio-verdastri. Peliti talvolta policrome, specialmente nella parte basale, dove predominano sui calcari, con locali livelli di marne calcaree rosate ed arenarie fini. La porzione carbonatica è rappresentata da calcareniti torbiditiche a grana fine, calcilutiti in strati da medi a spessi e calcari marnosi. Potenza variabile da pochi metri a 350 m. Limite stratigrafico inferiore su AVR, limite stratigrafico superiore e talora eteropico con MLL, oppure discordante con la Successione Epiigure o con FAA. Ambiente deposizionale marino profondo.
CRETACICO SUP. - EOCENE INF.

ARGILLE VARICOLORI
Argilliti policrome ad assetto anche caotico, variabili da un colore rosso a verde, a grigio scuro. Alle argilliti policrome si intercalano livelli discontinui di calcareniti, calcilutiti grigie o verdastre, arenarie fini, siltiti di colore marrone scuro-rossastro e marne grigio-avane. Sono presenti anche marne e marne argillose di colore nero. L'assetto fortemente scompaginato non consente valutazioni dello spessore. Limite stratigrafico inferiore non presente. Limite stratigrafico superiore con SIL, con la quale vi sono anche rapporti di eteropia, e con MLL, oppure discordante con la Successione Epiigure o con FAA. Ambiente deposizionale marino profondo.
CRETACICO INF. - EOCENE INF.

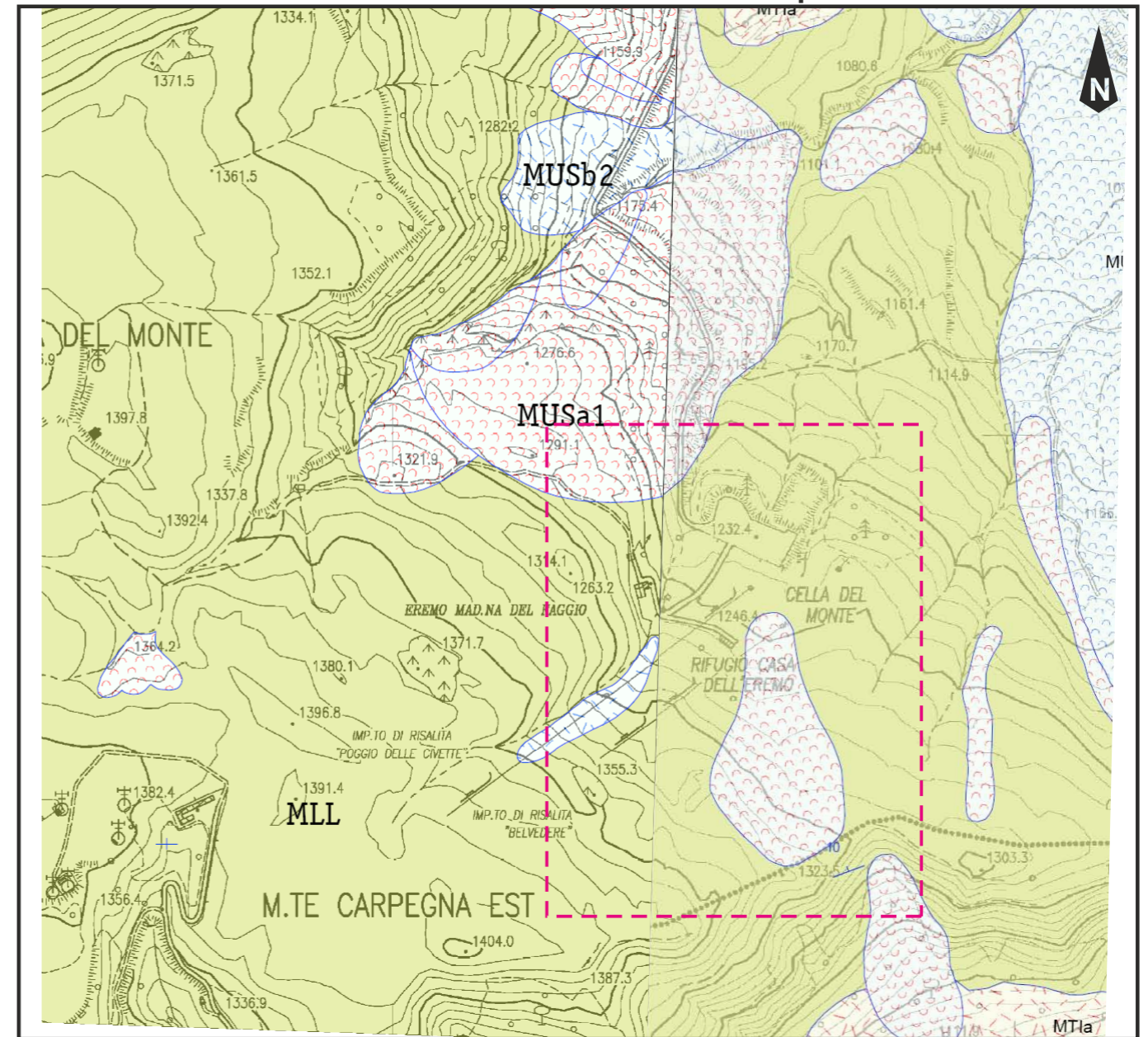
Itofacies marnosa (AVR)
Marni di colore grigio o marroncino chiaro e raramente calcari marnosi grigio-biancastri fini. Le marne e i calcari si presentano in strati decimetrici a cui talvolta si intercalano sottili livelli pellici di colore grigio scuro.

Itofacies calcareo-arenacea (AVR)
Alternanze di calcari chiari, arenarie e marne in strati di spessore variabile da alcuni centimetri a qualche decimetro. I calcari sono rappresentati da calcilutiti, talvolta laminare, mentre le arenarie hanno strutture torbiditiche e composizione silicoclastica e carbonatica.

Itofacies arenacea (AVR)
Arenarie miste silicoclastiche e carbonatiche, a granulometria variabile da sabbia fine a medio-grossolana, di colore grigio brunoastro, in strati bene definiti e regolari. Lo spessore di questi ultimi varia da pochi decimetri ad un massimo di 70-80 cm. Ricorrenti le strutture sedimentarie di tipo torbiditico. Alle arenarie sono alternati livelli decimetrici di siltiti.

- strati diritti
strati rovesciati
strati contorti
stratificazione a polarità sconosciuta
stratificazione verticale con indicazione della polarità (il pallino indica la base)
strati verticali a polarità incerta
stratificazione orizzontale
associazione di pieghe minori (strati contorti)
- contatto stratigrafico
contatto stratigrafico inconforme
faglia
faglia diretta
faglia con prevalente componente trascorrente
faglia inversa
sovrascorrimento
sovrascorrimento secondario
traccia di superficie assiale di anticlinale
traccia di superficie assiale di sinclinale
orlo di terrazzo
traccia di alveo fluviale abbandonato
conoide alluvionale
orlo di scarpata di frana
deformazione gravitativa profonda di versante
linea di deformazione gravitativa profonda di versante

Stralcio Carta
Geologica Regionale Regione Marche
edizione CTR
Sezione 266160 Pennabilli
Sezione 267130 Montecopiolo



SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLA

UNITA' LIGURI

MLL
FORMAZIONE DI MONTE MORELLO
Eocene inferiore medio

Contatto stratigrafico o litologico

Stratificazione diretta

Stratificazione orizzontale diretta

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

SINTEMA DEL MUSONE

(OLOCENE)

MUSa1 Frana in evoluzione

MUSb Frana senza indizi di evoluzione

MUSb2 Deposito eluvio colluviale

Figura 1.1: Cartografia Tematica - Cartografia geologica

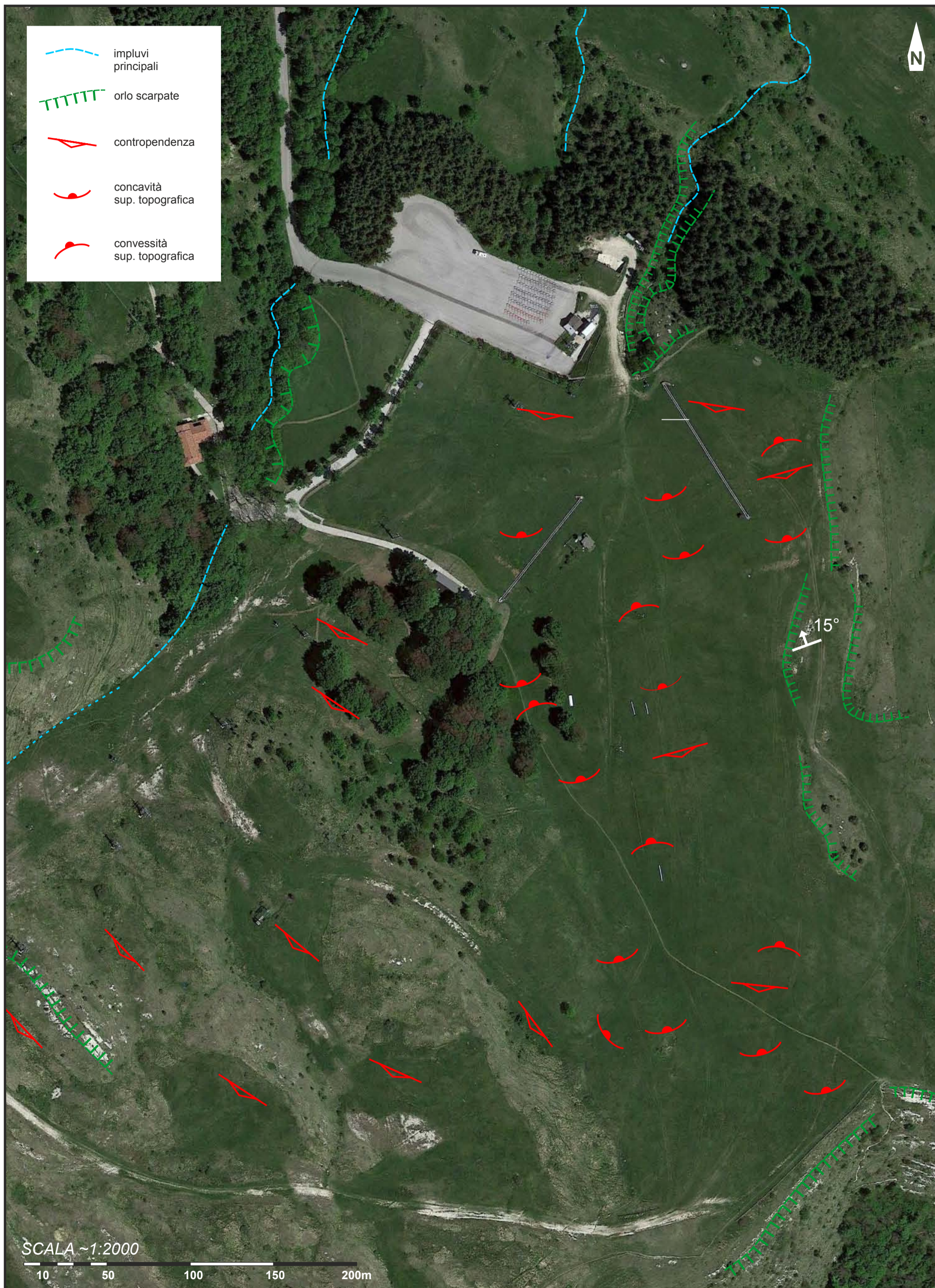
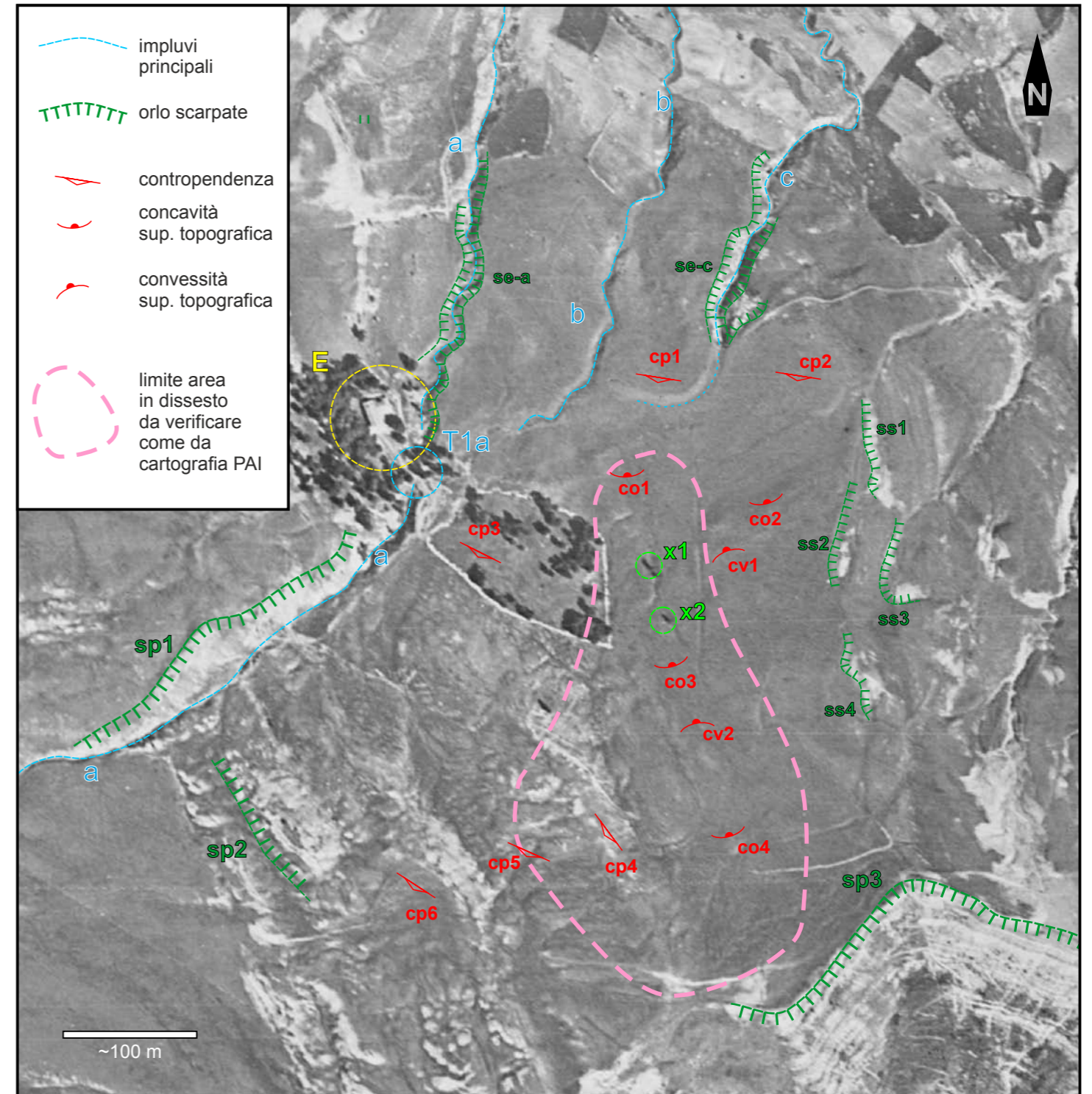
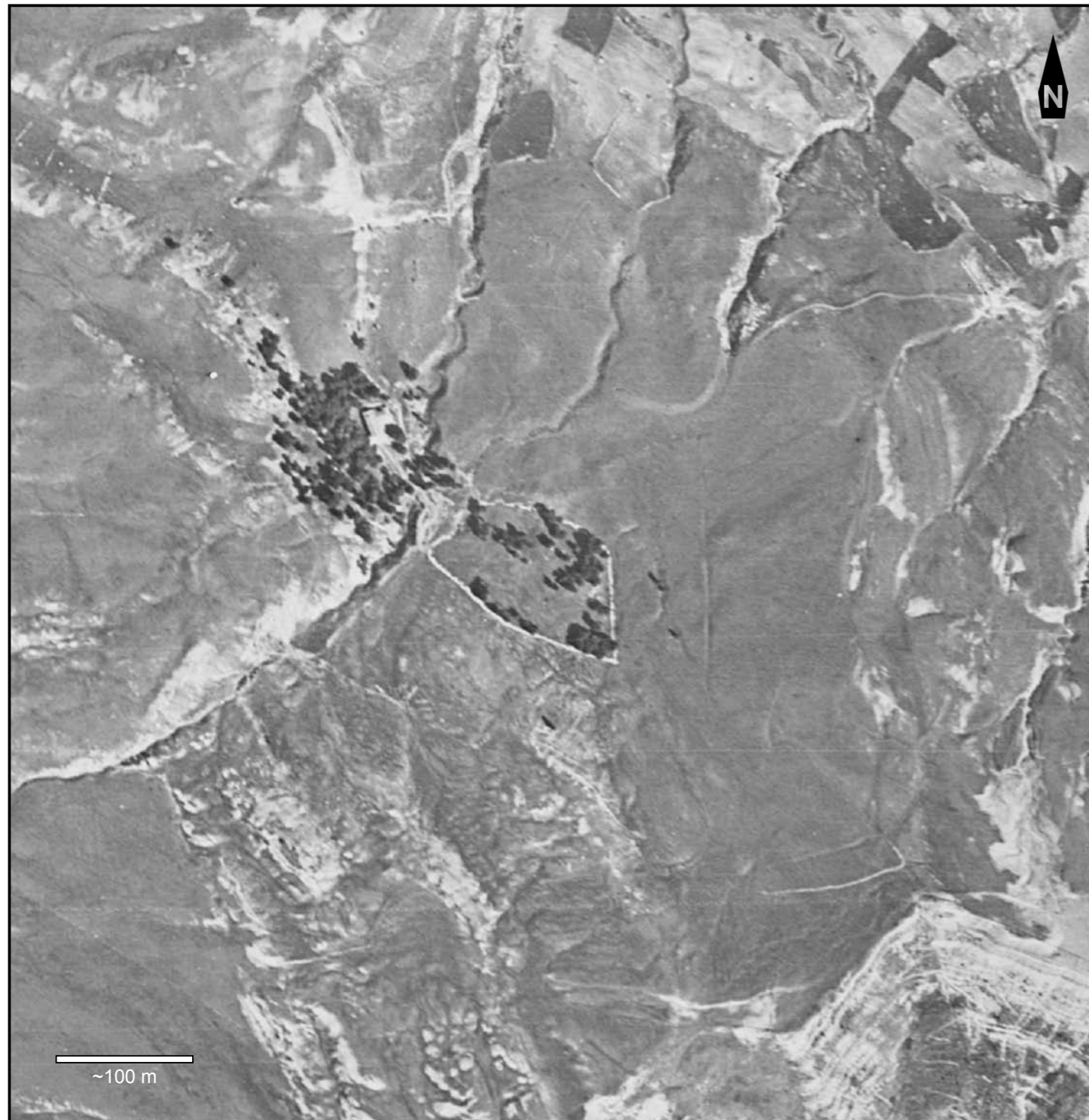
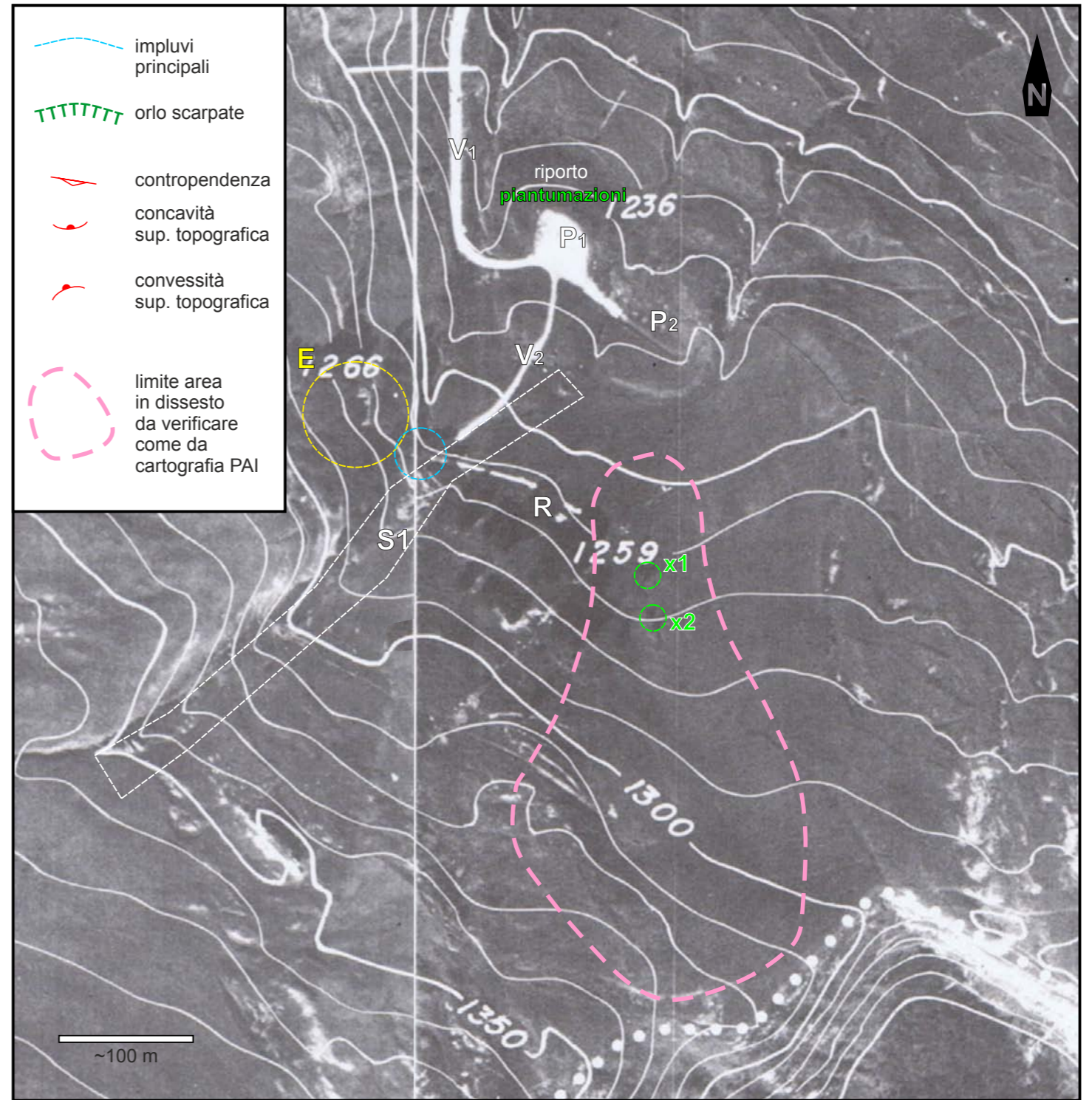
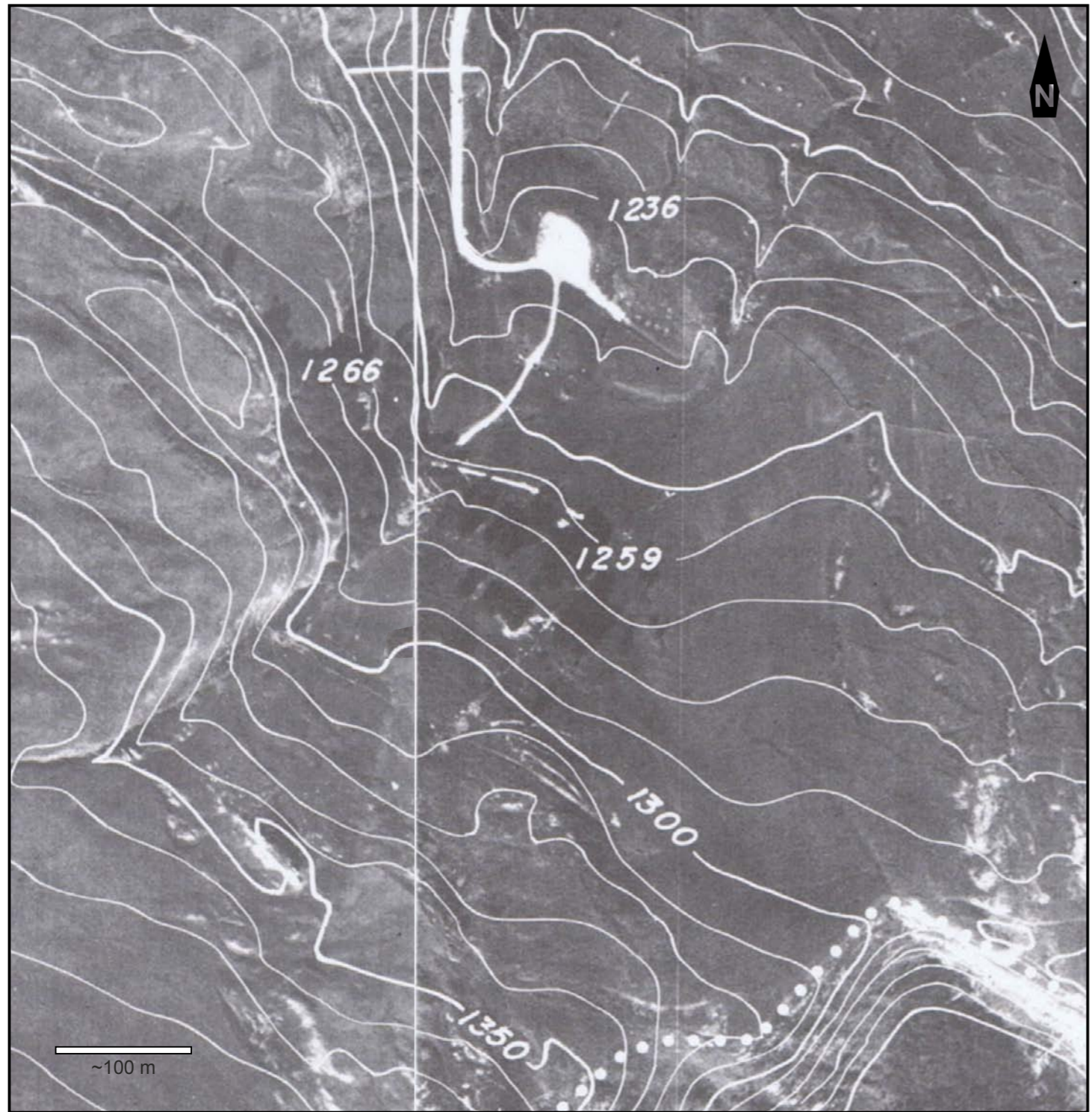


Figura 2: Schema geomorfologico da rilievo di dettaglio



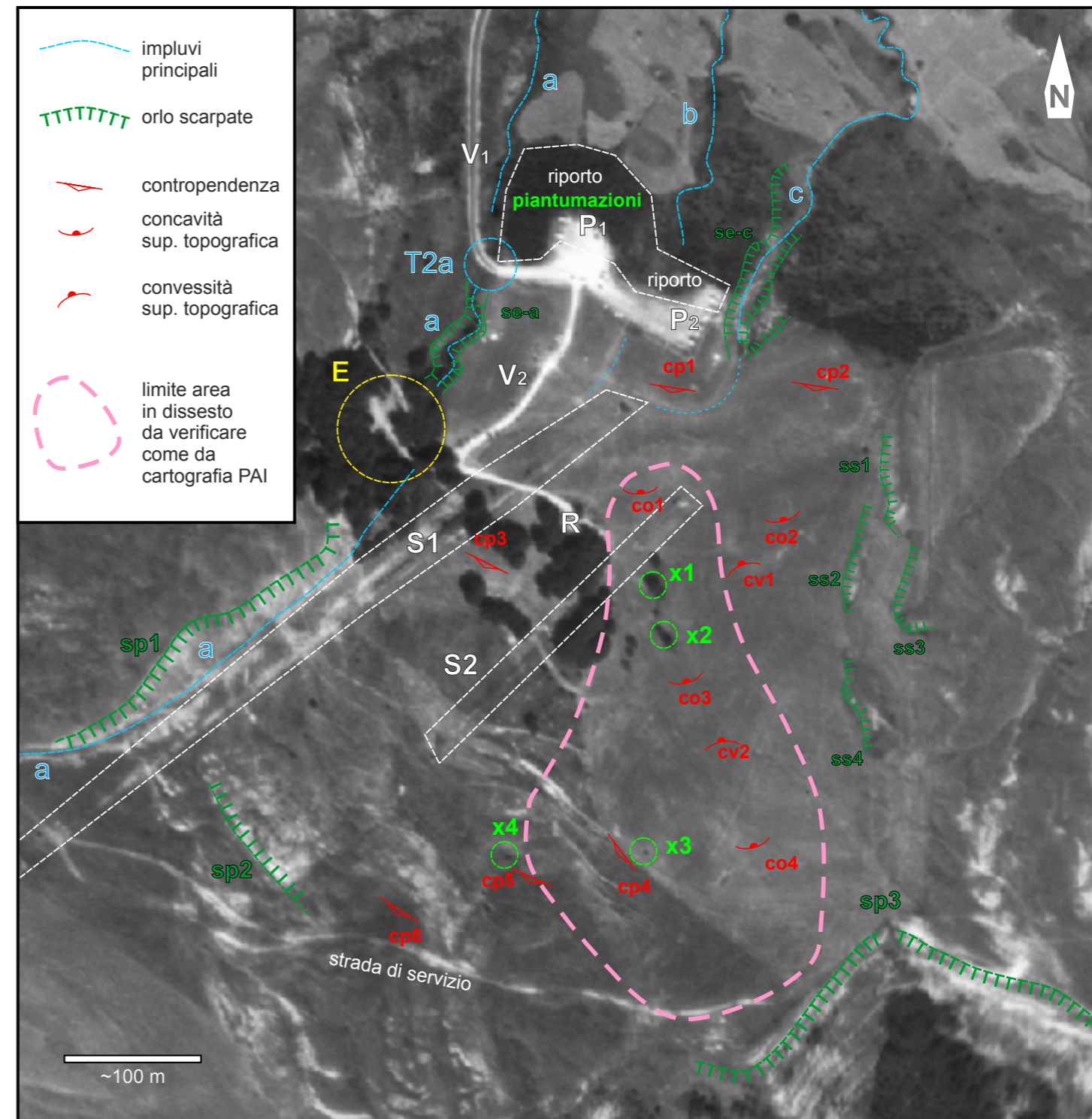
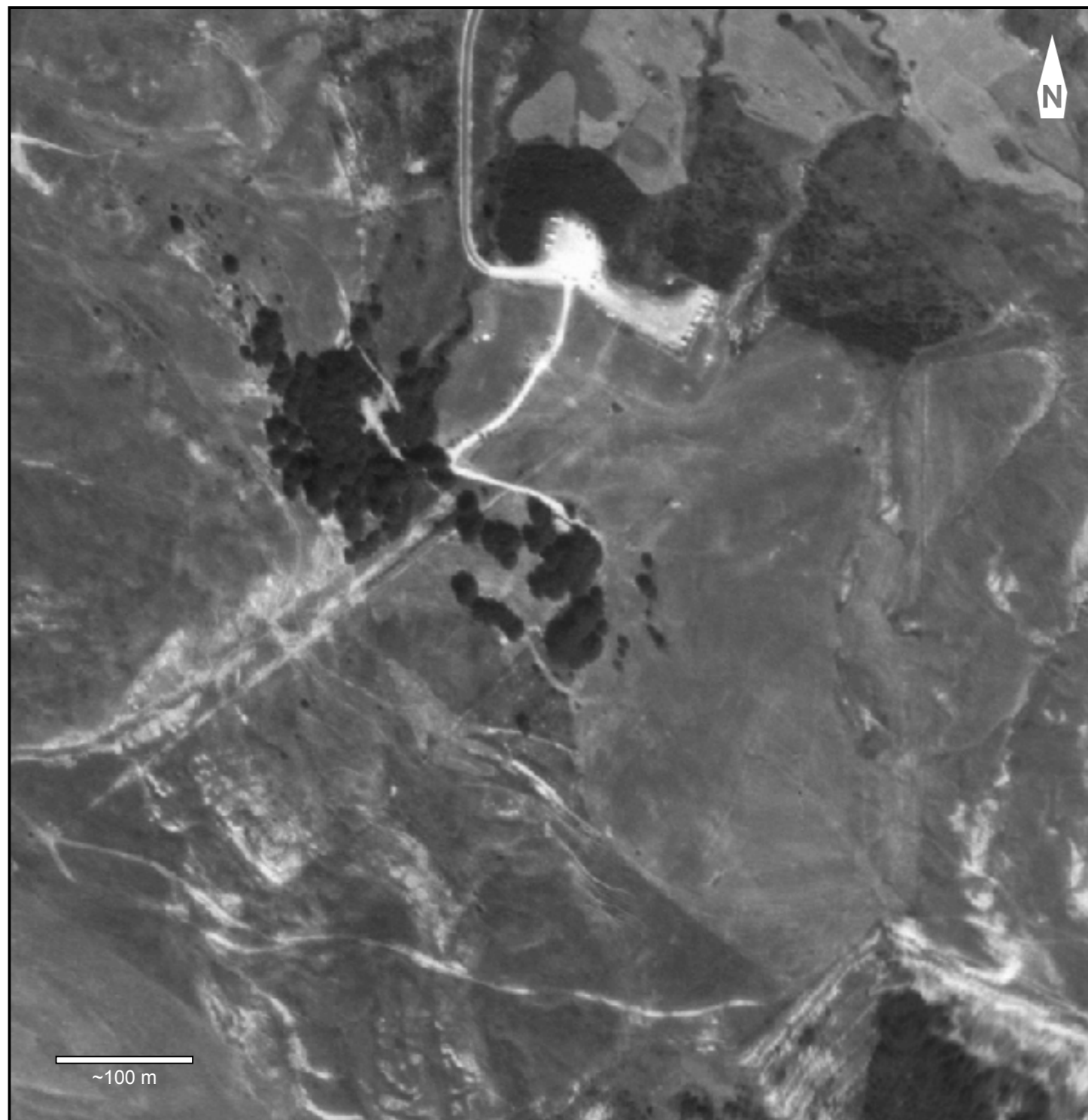
1955

Figura 3.1



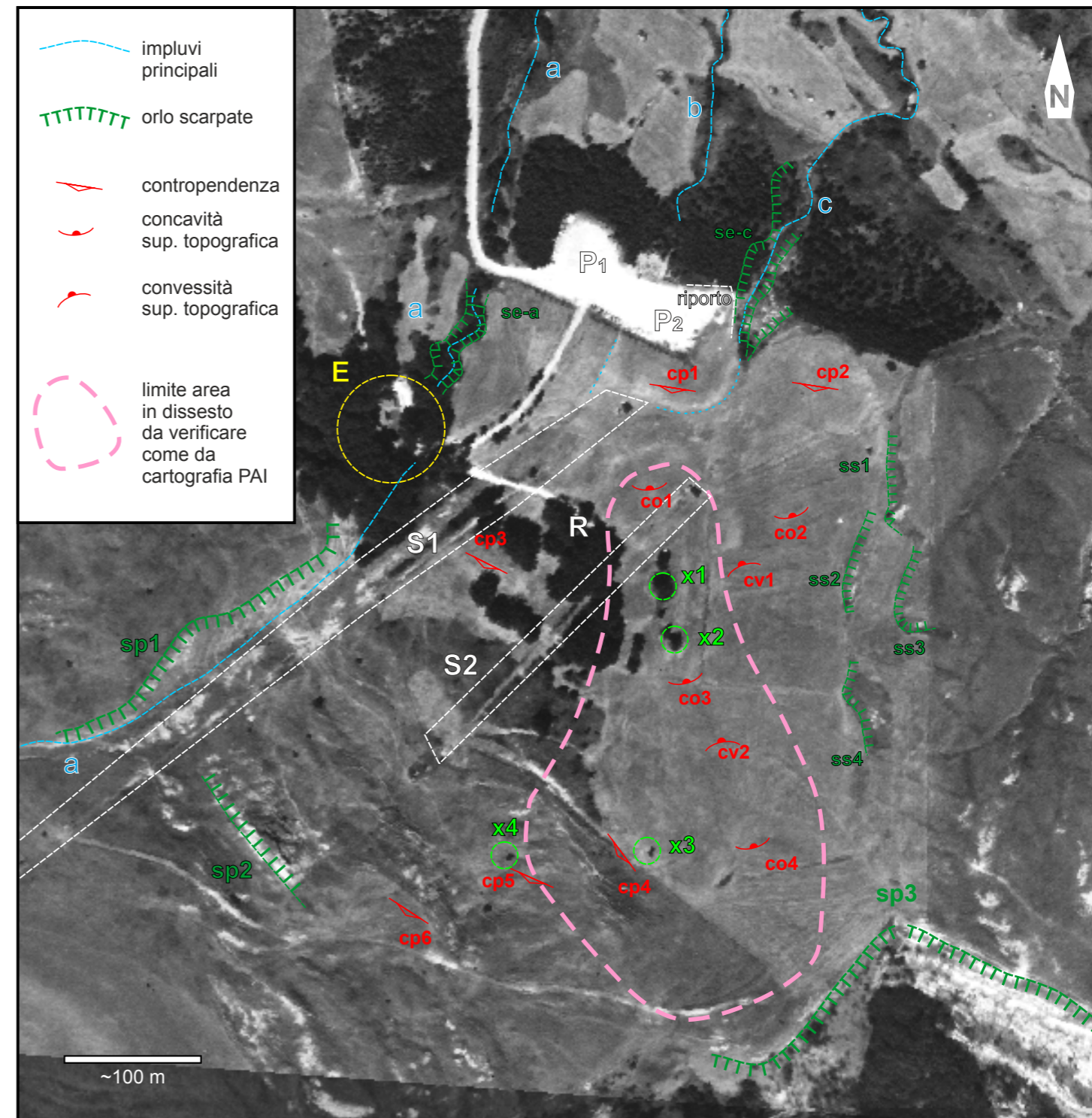
1978

Figura 3.2



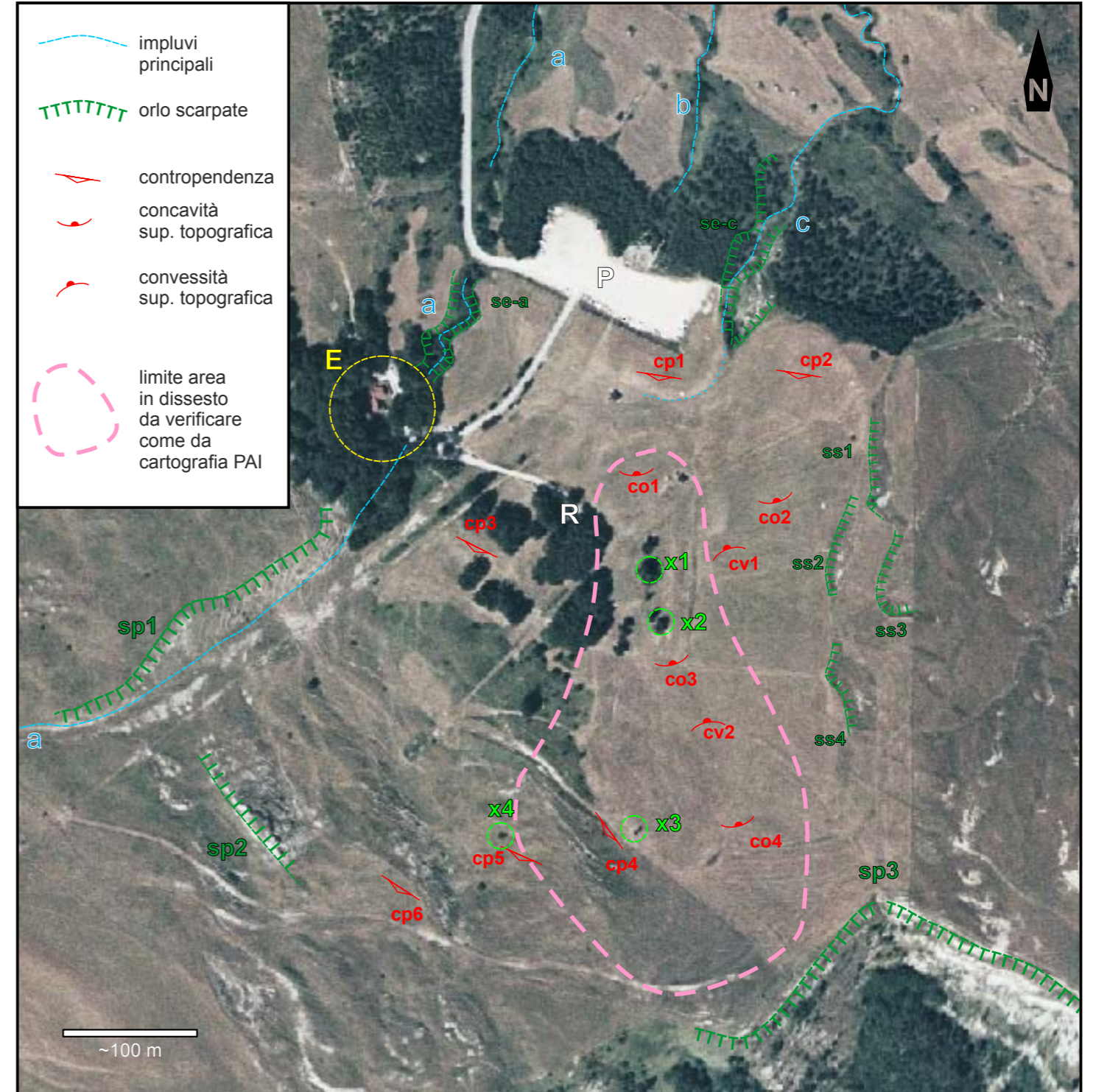
1988

Figura 3.3



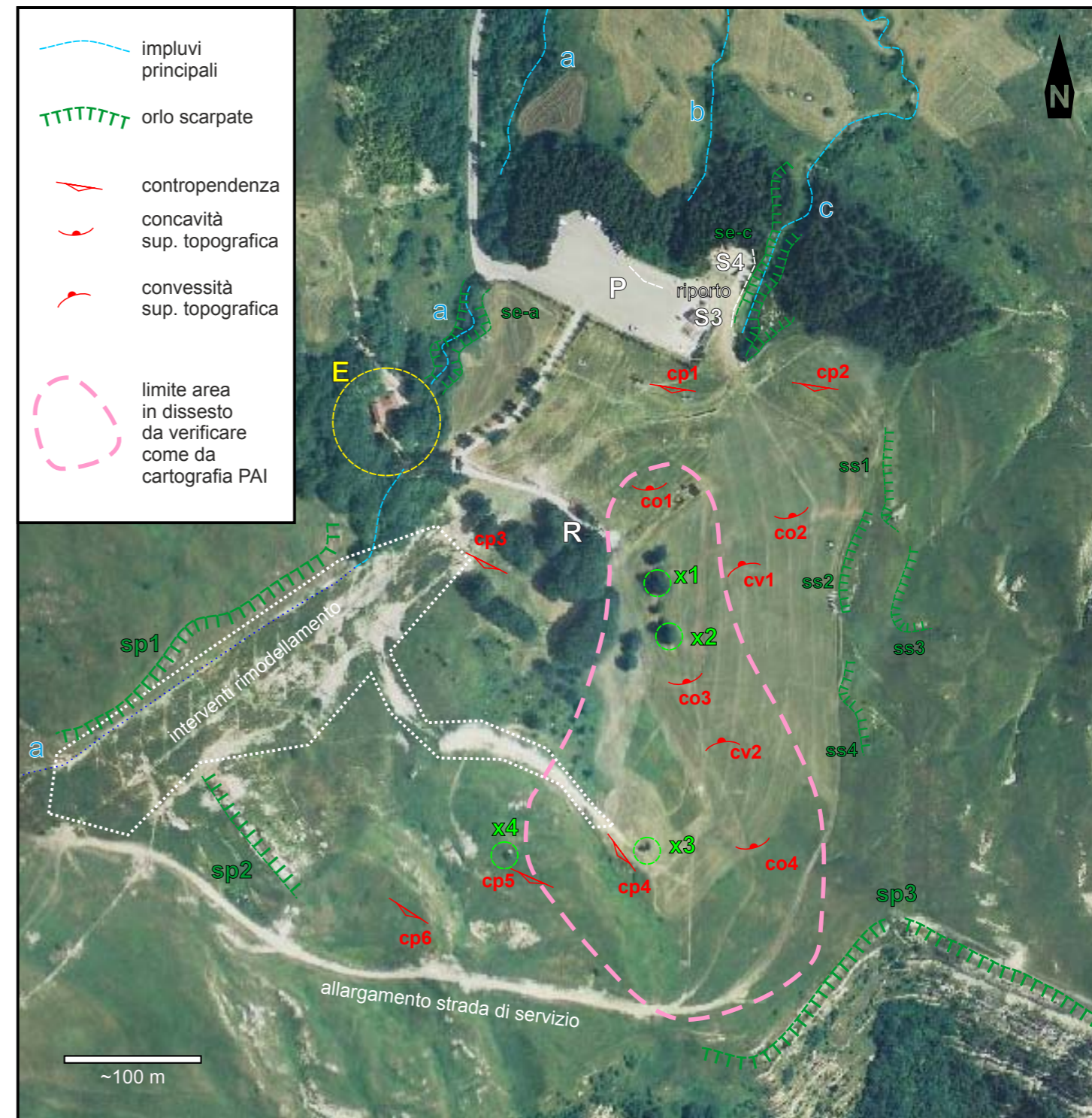
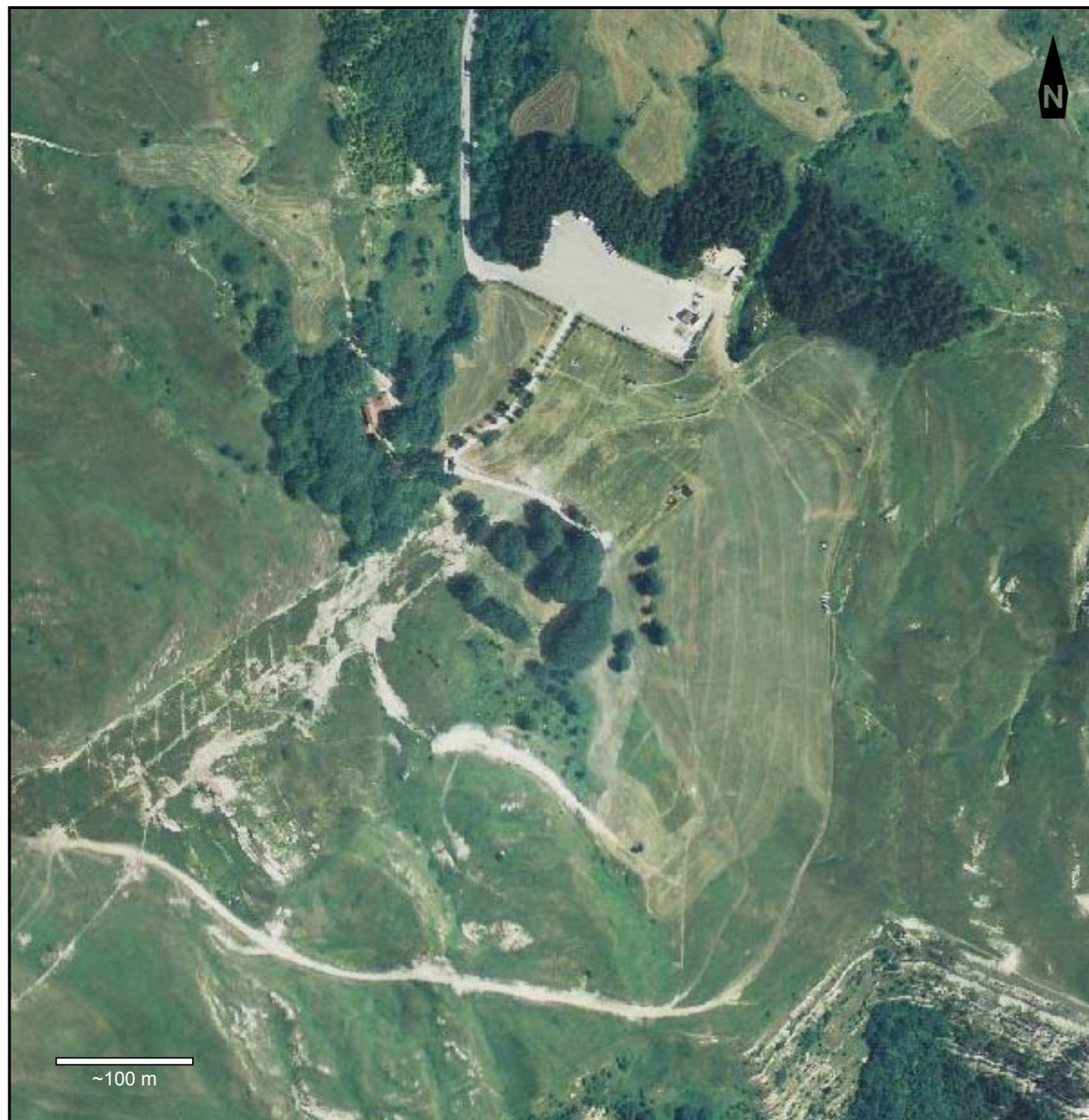
1994

Figura 3.4



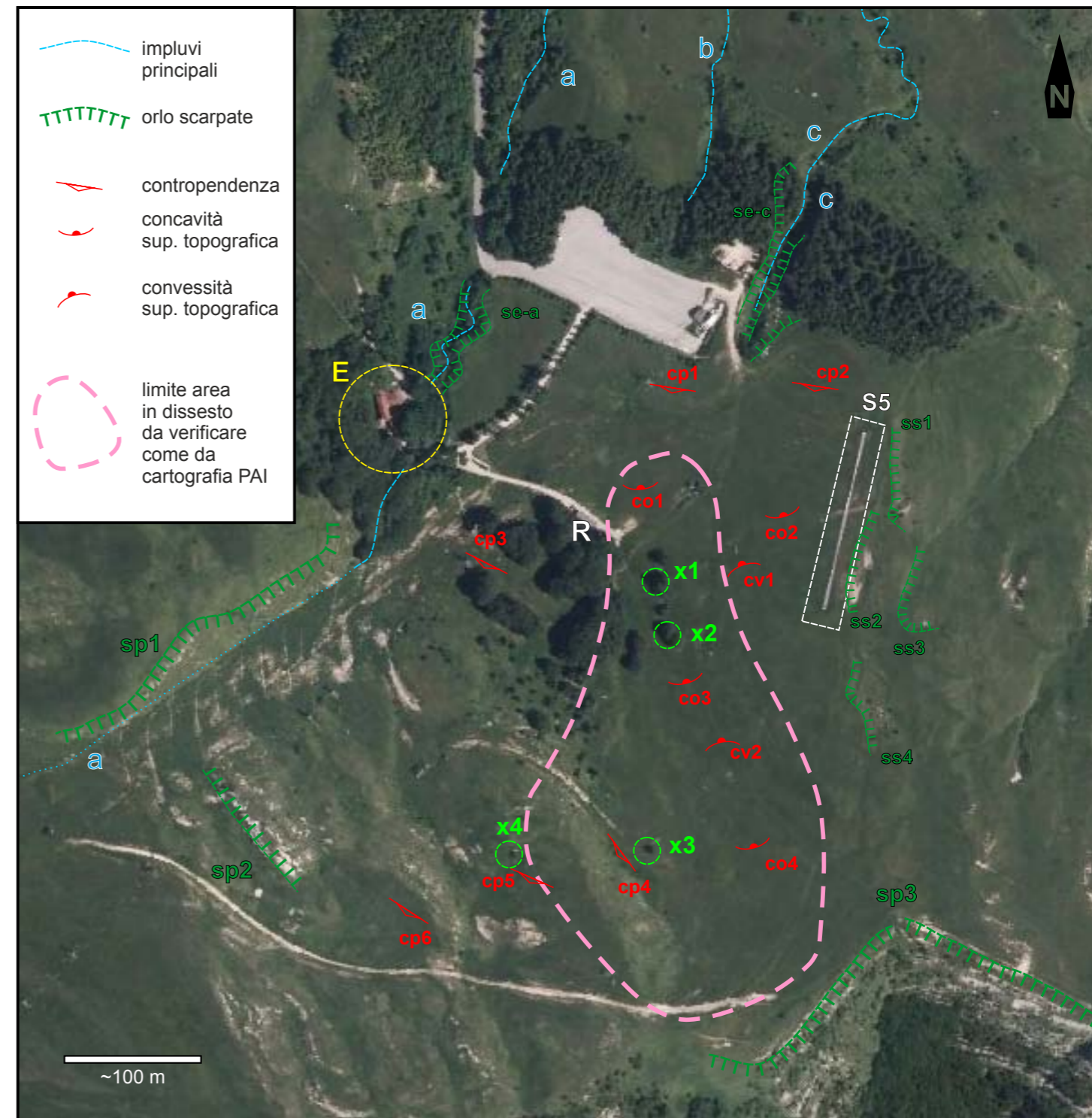
2000

Figura 3.5



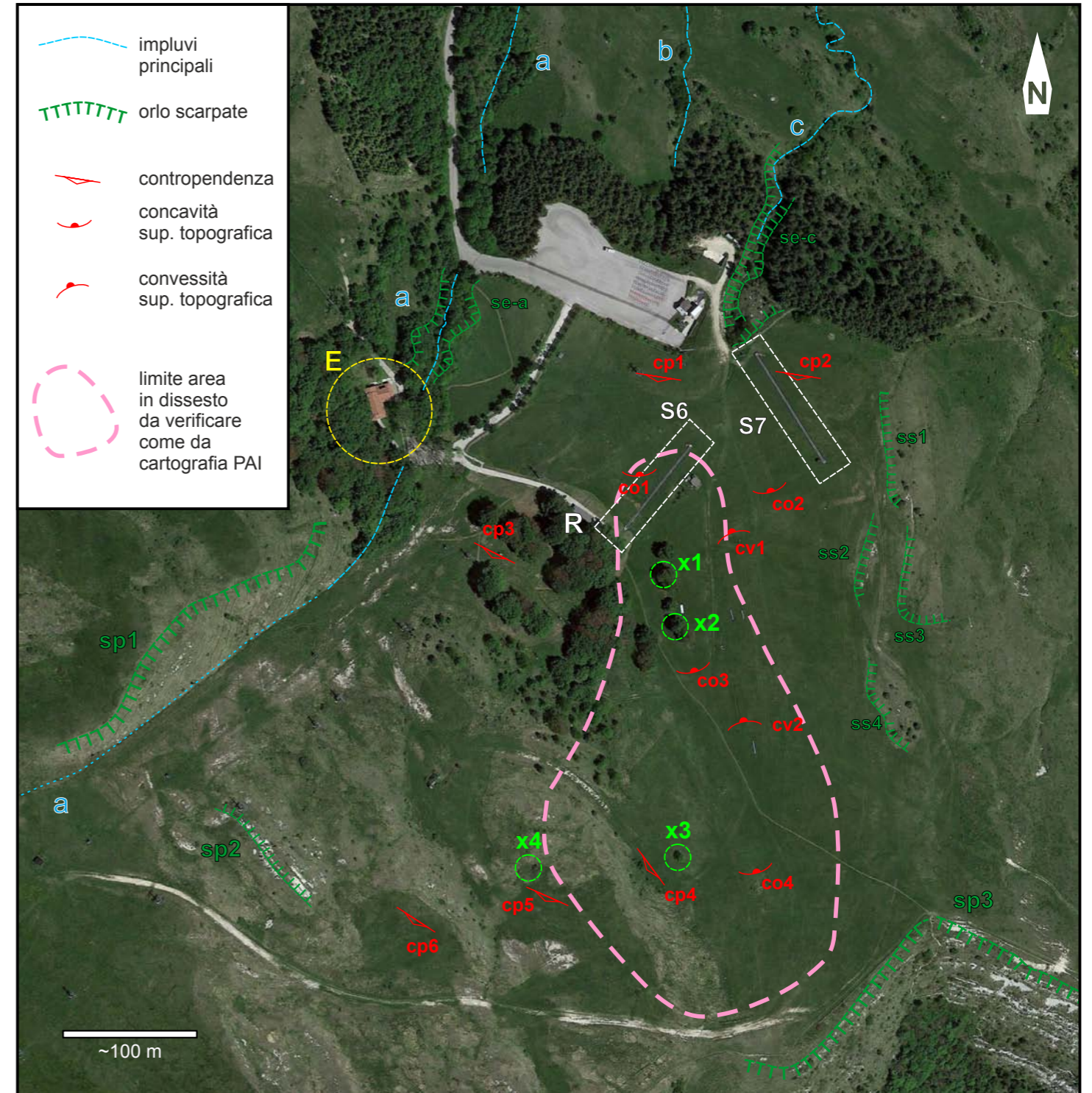
2006

Figura 3.6



2012

Figura 3.7



2017

Figura 3.8



Figura 4: Planimetria con punti di vista delle riprese fotografiche

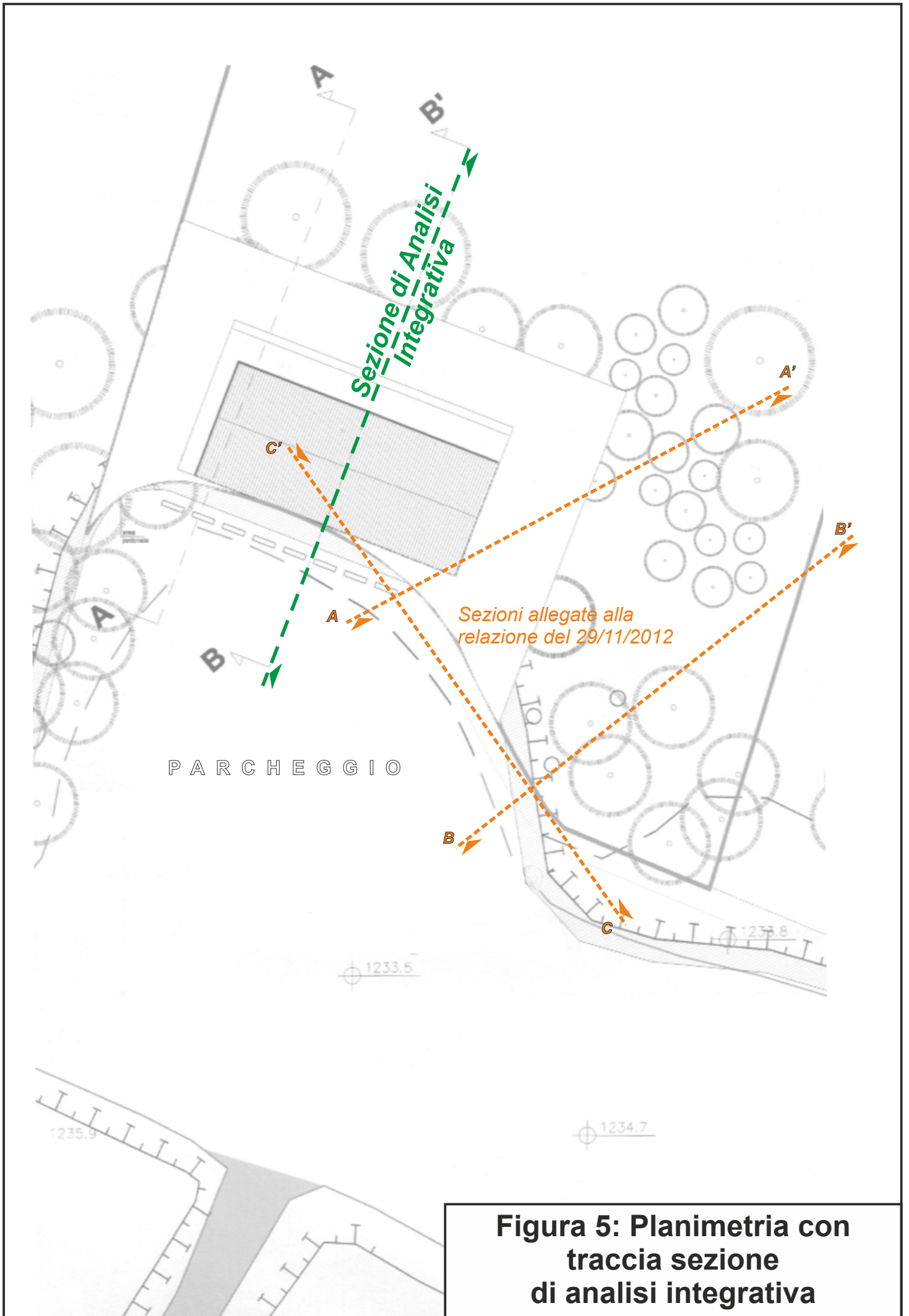


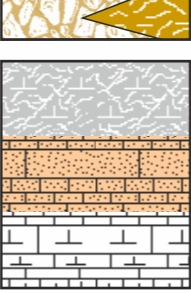
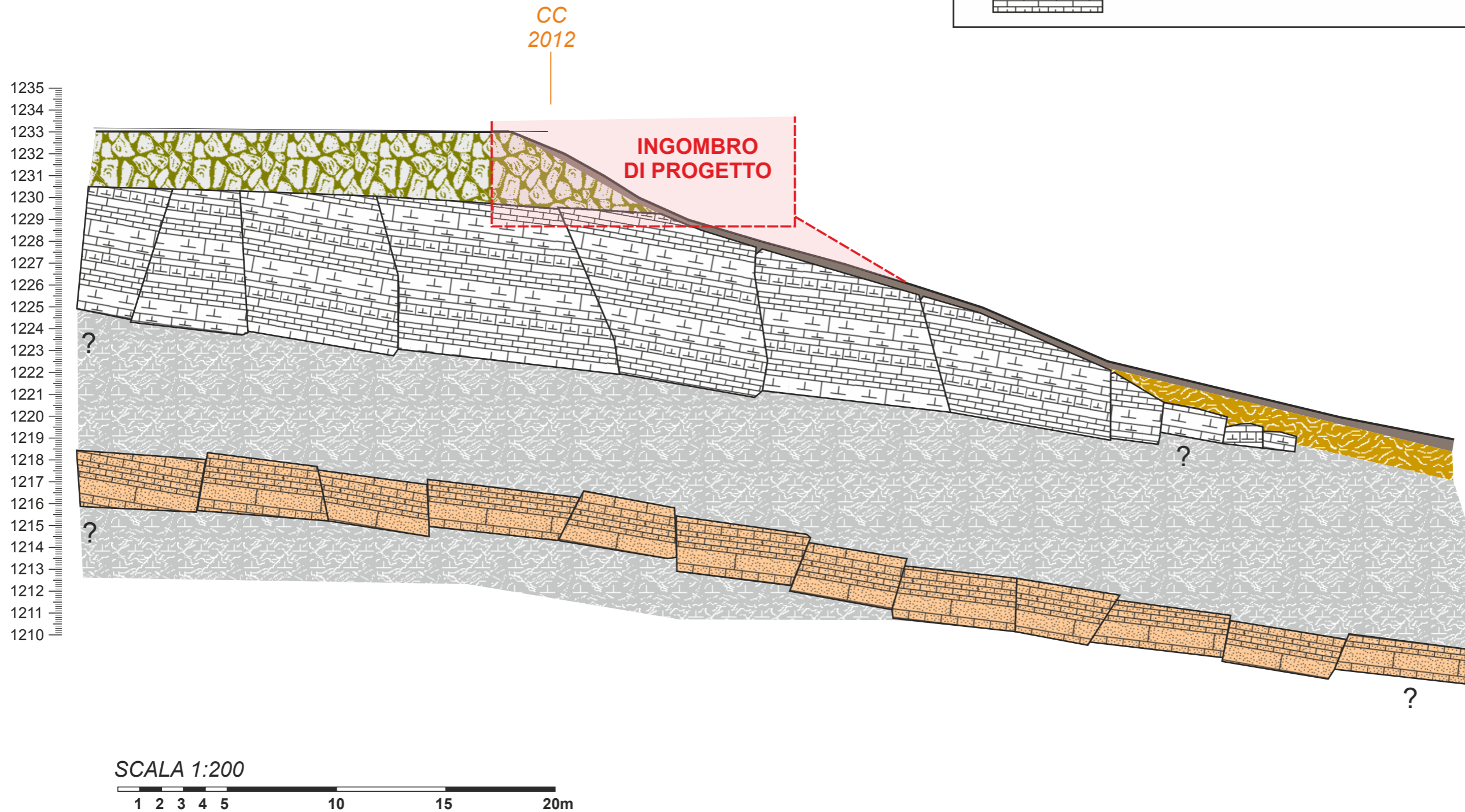


Figura 5: Planimetria con traccia sezione di analisi integrativa

	UNITA' R - Riporto Antropico. <i>Pietrame con argilla e limo.</i> Materiale antropico di diversa natura, costituito in prevalenza da pietrame e detrito con argilla limosa bruna e limo bruno, consistenti per essiccamento.
	UNITA' A - Coperture eluvio-colluviali. <i>Argille limose plastiche con detrito</i> Argilla limosa da nocciola a grigio, alterata, da moderatamente plastica a plastica, umida, con detrito calcareo e calcareo marnoso in clasti spigolosi, a tratti prevalente (dt).
	UNITA' B - Substrato. Formazione Monte Morello <i>Argilliti marnose tettonizzate, calcari marnosi e marne fratturate</i> Alternanze di marna biancastra e grigio beige, fogliettata e tettonizzata, asciutta e consistente (Bm), con passaggi litoidi disarticolati e differenziazioni argillitiche tettonizzate, calcarenite grigio beige molto fratturata (Ba) e calcare e calcare marnoso biancastro da fratturato a molto fratturato (Bc) con passaggi marnosi tettonizzati.



La giacitura della stratificazione del substrato è dedotta dalla cartografia geologica

Le tracce di sezione sono riportate nella planimetria di Figura 7

Figura 6: Sezione stratigrafica schematica con geometrie di progetto

Caratteristiche geotecniche
condizioni breve termine

	γ kN/m ³	C' kN/m ²	ϕ'
Unità R: Riparto antropico esistente e di progetto	18,5	0,0	24,8°
Unità A: Coperture eluvio colluviali	19,0	50,0*	0,0°
Unità B: Substrato	21,0	variabile	variabile

* pari al 50% della Cu

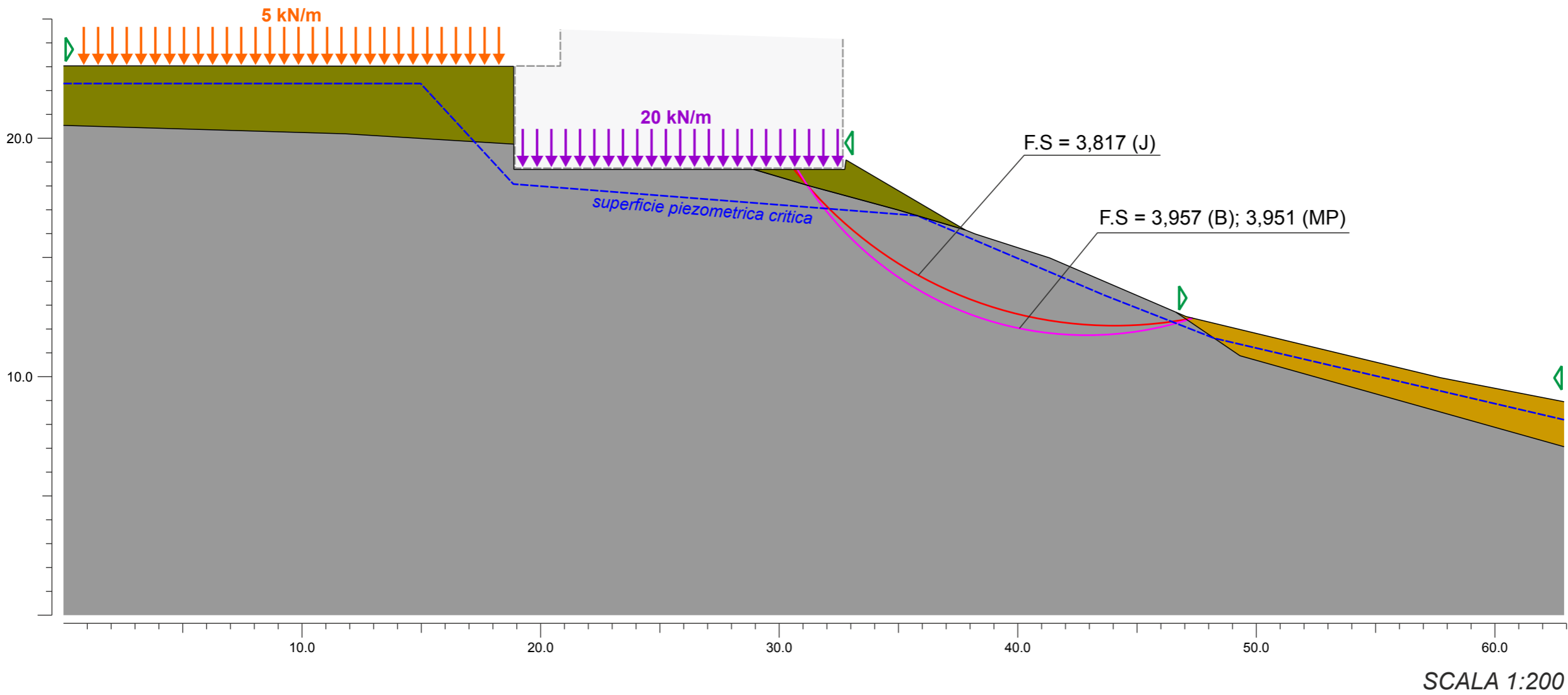


Figura 7.1: Analisi parametriche di stabilità con geometrie di progetto - breve termine

$K_h = 0,051$
 $K_v = 0,0255$

Caratteristiche geotecniche
condizioni lungo termine

	γ kN/m ³	C' kN/m ²	ϕ'
Unità R: Riparto antropico esistente e di progetto	18,5	0,0	24,8°
Unità A: Coperture eluvio colluviali	19,0	0,8	14,6°
Unità B: Substrato	21,0	variabile	variabile

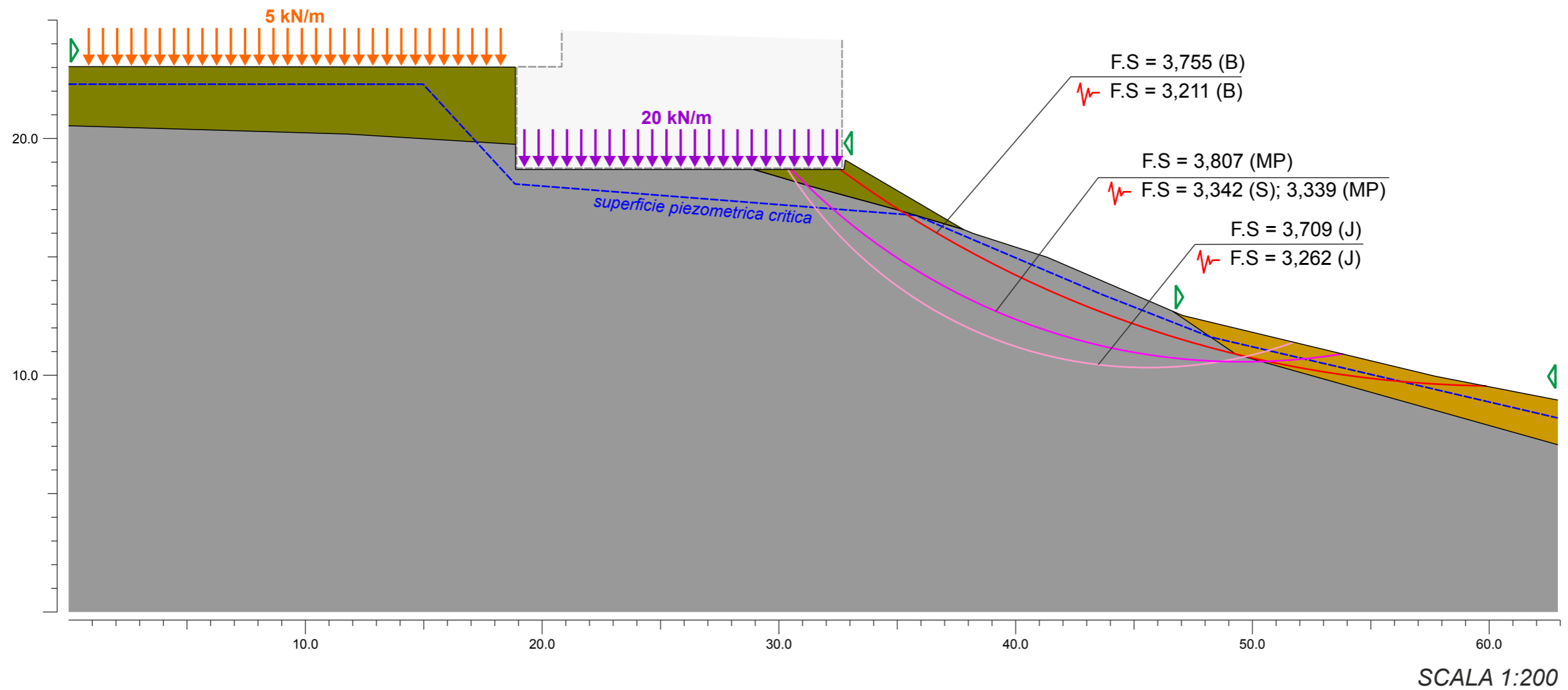


Figura 7.2: Analisi parametriche di stabilità con geometrie di progetto
Lungo termine - superfici circolari (condizioni statiche e sismiche)

$K_h = 0,051$
 $K_v = 0,0255$

Caratteristiche geotecniche
condizioni lungo termine

	γ kN/m ³	C' kN/m ²	ϕ'
Unità R: Riparto antropico esistente e di progetto	18,5	0,0	24,8°
Unità A: Coperture eluvio colluviali	19,0	0,8	14,6°
Unità B: Substrato	21,0	variabile	variabile
Unità B: Interstrato con parametri scaduti	21,0	0,0	25,0°

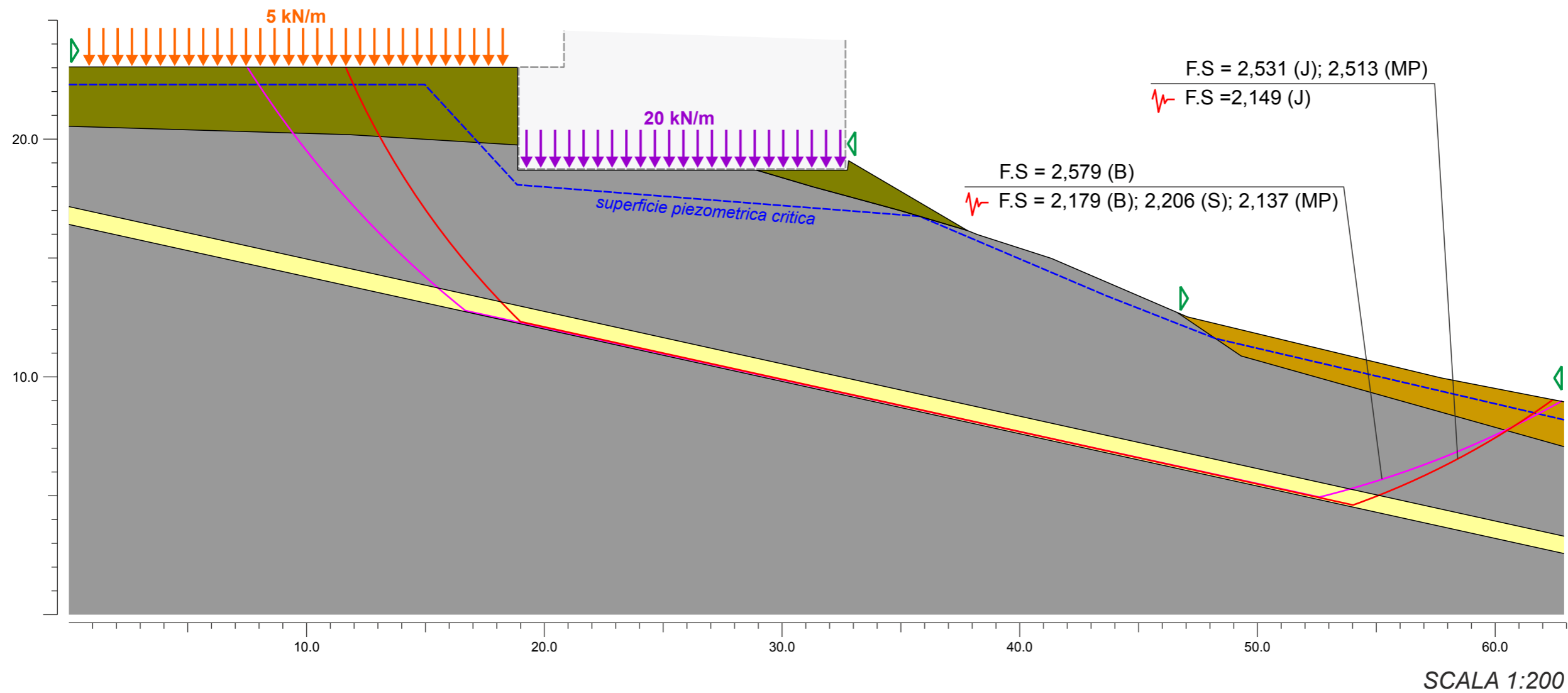


Figura 7.3: Analisi parametriche di stabilità con geometrie di progetto
Lungo termine - superfici composite (condizioni statiche e sismiche)



ALLEGATO 1

TABULATI DI CALCOLO ANALISI PARAMETRICHE DI STABILITÀ INTEGRATIVE

Document Name

File Name: Eremo Progetto_01.breve.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Loading

2 Distributed Loads present:
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 5 kN/m
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 20 kN/m

Material Properties

Material: Riporto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18.35 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 24.8 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Material: Unità A - CEC
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 50 kPa
Friction Angle: 0 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 0

Material: Unità B - SubsFMM

Strength Type: Generalised Hoek-Brown

Unit Weight: 21 kN/m³

Unconfined Compressive Strength (intact): 6000 kPa

mb: 0.3949

s: 0.0000884

a: 0.5571

Water Surface: None

List of Coordinates

Material Boundary

-210.0	-128.0
-198.2	-128.3
-191.1	-128.8

Material Boundary

-163.4	-135.8
-160.7	-137.6
-147.1	-141.4

Material Boundary

-181.1	-129.8
-178.7	-130.5
-175.0	-131.5
-172.2	-132.4

External Boundary

-181.1	-129.8
-191.1	-129.8
-191.1	-128.8
-191.1	-125.5
-206.2	-125.5
-210.0	-125.5
-210.0	-128.0
-210.0	-148.5
-147.1	-148.5
-147.1	-141.4
-147.1	-139.6
-152.3	-138.5
-163.0	-136.0
-163.4	-135.8
-168.7	-133.5
-171.8	-132.5
-172.2	-132.4
-177.2	-129.4
-177.3	-129.8

Piezo Line

-210.0	-126.2
-195.0	-126.2
-191.1	-130.4
-174.2	-131.8
-166.4	-135.1
-161.8	-136.9
-147.1	-140.3

Global Minimums

Method: bishop simplified

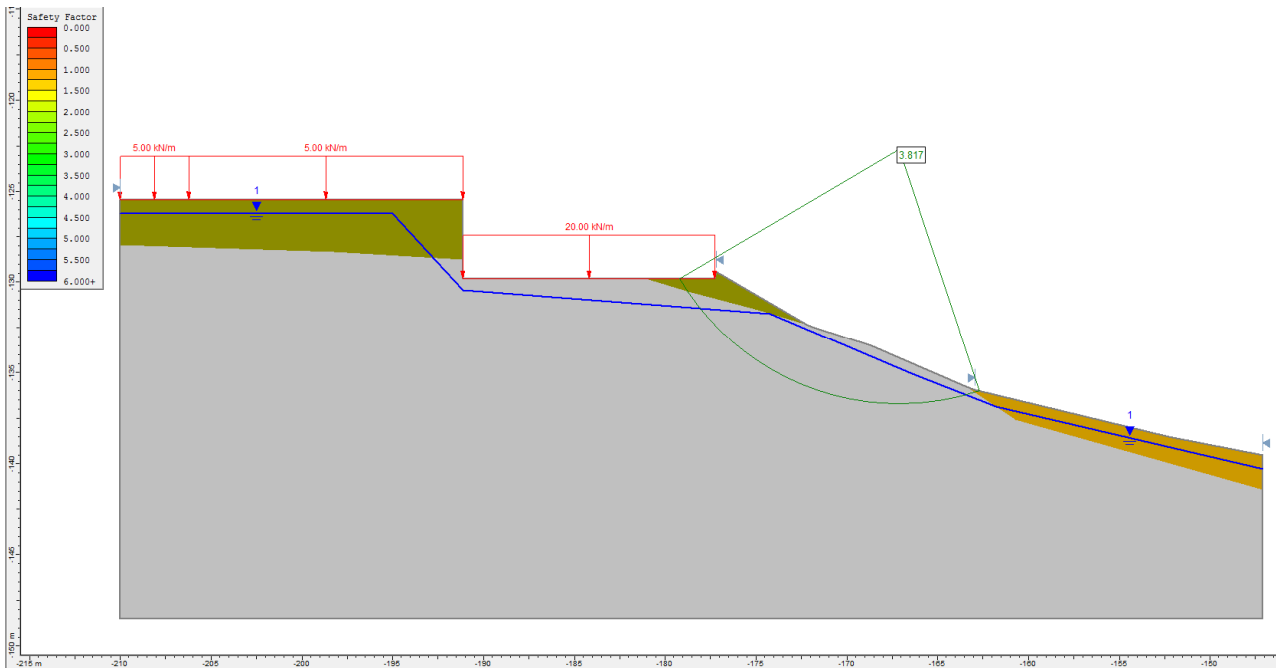
FS: 3.957420
Center: -165.947, -119.331
Radius: 17.028
Left Slip Surface Endpoint: -179.368, -129.810
Right Slip Surface Endpoint: -162.688, -136.044
Resisting Moment=18953.6 kN-m
Driving Moment=4789.39 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 3.817360
Center: -167.097, -122.688
Radius: 14.070
Left Slip Surface Endpoint: -179.231, -129.810
Right Slip Surface Endpoint: -162.678, -136.046
Resisting Horizontal Force=1198.98 kN
Driving Horizontal Force=314.086 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 3.951310
Center: -165.947, -119.331
Radius: 17.028
Left Slip Surface Endpoint: -179.368, -129.810
Right Slip Surface Endpoint: -162.688, -136.044
Resisting Moment=18924.4 kN-m
Driving Moment=4789.39 kN-m
Resisting Horizontal Force=1007.48 kN
Driving Horizontal Force=254.974 kN



Document Name

File Name: eremo progetto_02.circ.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Loading

2 Distributed Loads present:
Distributed Load #1 Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 5 kN/m
Distributed Load #2 Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 20 kN/m

Material Properties

Material: Riporto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18.35 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 24.8 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Material: Unità A - CEC
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0.8 kPa
Friction Angle: 14.6 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Hu value: automatically calculated

Material: Unità B - SubsFMM

Strength Type: Generalised Hoek-Brown

Unit Weight: 21 kN/m³

Unconfined Compressive Strength (intact): 6000 kPa

mb: 0.3949

s: 0.0000884

a: 0.5571

Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 3.754900

Center: -149.437, -91.620

Radius: 47.335

Left Slip Surface Endpoint: -177.402, -129.810

Right Slip Surface Endpoint: -150.215, -138.948

Resisting Moment=28351 kN-m

Driving Moment=7550.4 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 3.709070

Center: -164.391, -120.117

Radius: 18.059

Left Slip Surface Endpoint: -179.628, -129.810

Right Slip Surface Endpoint: -158.269, -137.106

Resisting Horizontal Force=1616.9 kN

Driving Horizontal Force=435.93 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 3.807400

Center: -160.409, -111.481

Radius: 26.450

Left Slip Surface Endpoint: -179.478, -129.810

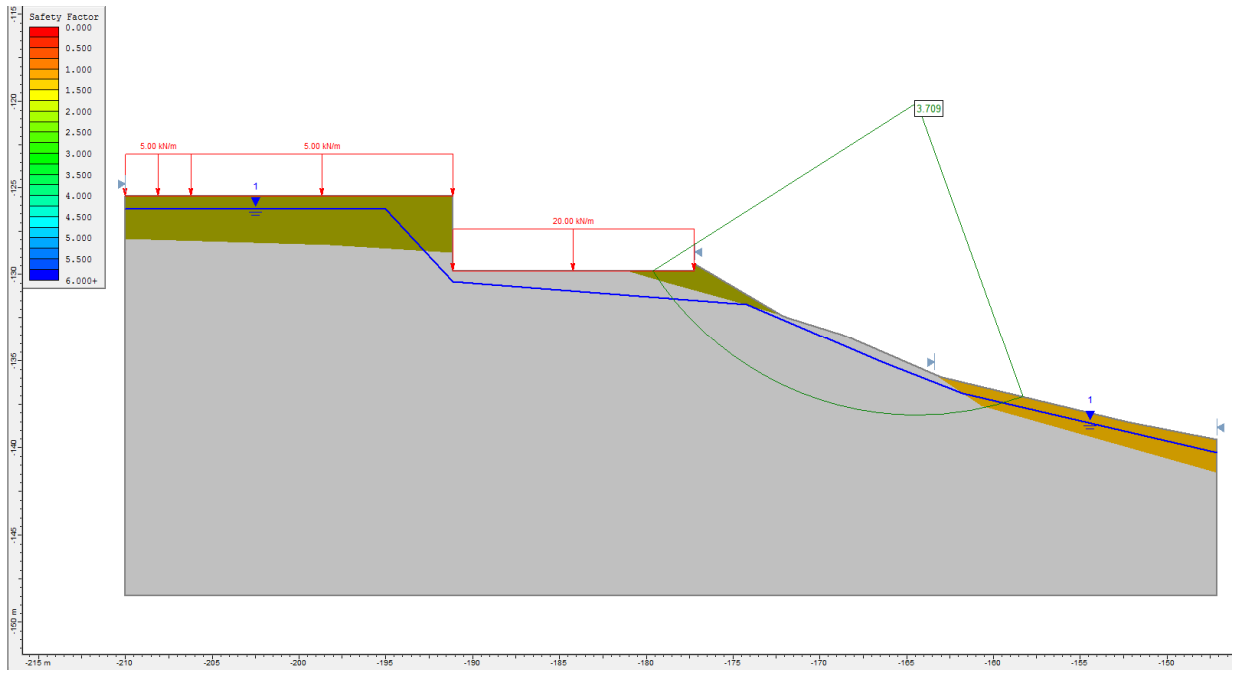
Right Slip Surface Endpoint: -156.224, -137.598

Resisting Moment=36625.7 kN-m

Driving Moment=9619.61 kN-m

Resisting Horizontal Force=1265.07 kN

Driving Horizontal Force=332.266 kN



Document Name

File Name: eremo progetto_02.circ_sis.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.051
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.0255
2 Distributed Loads present:
Distributed Load #1 Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 5 kN/m
Distributed Load #2 Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 20 kN/m

Material Properties

Material: Riporto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18.35 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 24.8 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Material: Unità A - CEC
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0.8 kPa

Friction Angle: 14.6 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Hu value: automatically calculated

Material: Unità B - SubsFMM

Strength Type: Generalised Hoek-Brown
Unit Weight: 21 kN/m³
Unconfined Compressive Strength (intact): 6000 kPa
mb: 0.3949
s: 0.0000884
a: 0.5571
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 3.211230
Center: -149.437, -91.620
Radius: 47.335
Left Slip Surface Endpoint: -177.402, -129.810
Right Slip Surface Endpoint: -150.215, -138.948
Resisting Moment=28318.5 kN-m
Driving Moment=8818.6 kN-m

Method: janbu corrected

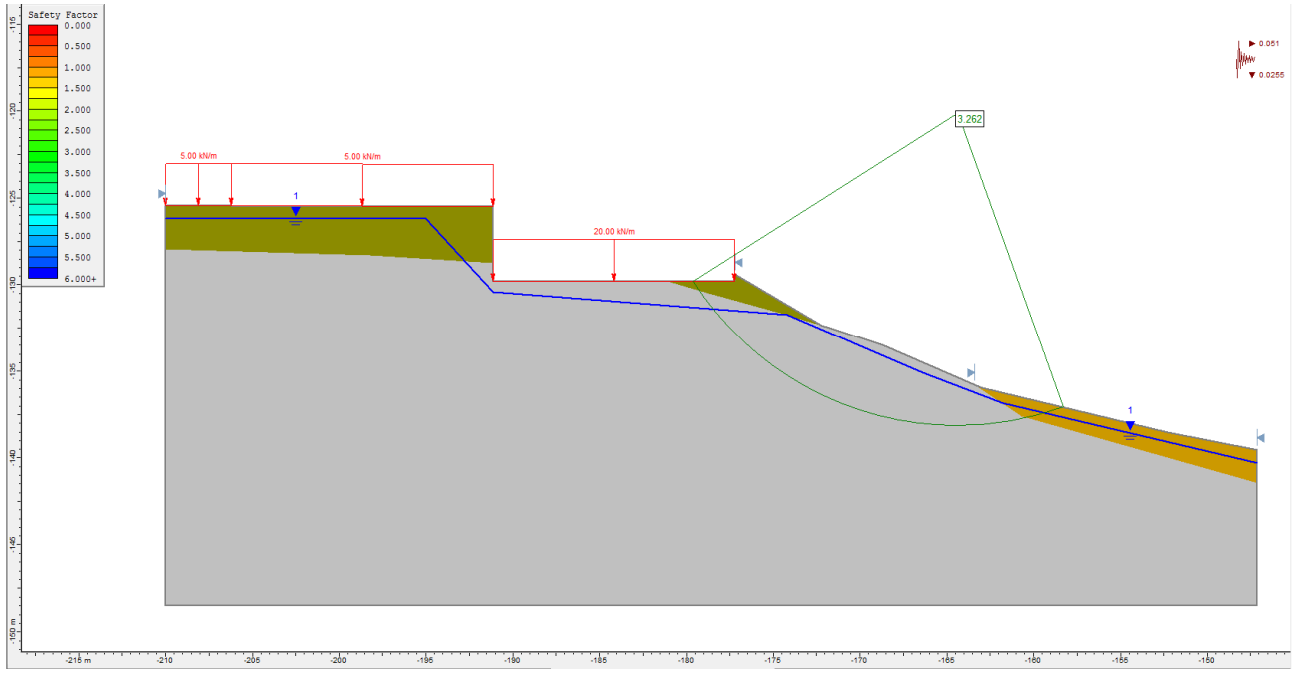
FS: 3.262400
Center: -164.391, -120.117
Radius: 18.059
Left Slip Surface Endpoint: -179.628, -129.810
Right Slip Surface Endpoint: -158.269, -137.106
Resisting Horizontal Force=1627.48 kN
Driving Horizontal Force=498.86 kN

Method: spencer

FS: 3.342530
Center: -160.409, -111.481
Radius: 26.450
Left Slip Surface Endpoint: -179.478, -129.810
Right Slip Surface Endpoint: -156.224, -137.598
Resisting Moment=36827.8 kN-m
Driving Moment=11017.9 kN-m
Resisting Horizontal Force=1273.42 kN
Driving Horizontal Force=380.973 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 3.338670
Center: -160.409, -111.481
Radius: 26.450
Left Slip Surface Endpoint: -179.478, -129.810
Right Slip Surface Endpoint: -156.224, -137.598
Resisting Moment=36785.3 kN-m
Driving Moment=11017.9 kN-m
Resisting Horizontal Force=1272.73 kN
Driving Horizontal Force=381.209 kN



Document Name

File Name: Eremo Progetto_03 comp.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Loading

2 Distributed Loads present:
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 5 kN/m
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 20 kN/m

Material Properties

Material: Riporto

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18.35 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 24.8 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Material: Unità A - CEC

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0.8 kPa
Friction Angle: 14.6 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Hu value: automatically calculated

Material: interstato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 21 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 25 degrees

Water Surface: None

Material: Unità B - SubsFMM

Strength Type: Generalised Hoek-Brown

Unit Weight: 21 kN/m³

Unconfined Compressive Strength (intact): 6000 kPa

mb: 0.3949

s: 0.0000884

a: 0.5571

Water Surface: None

List of Coordinates

Material Boundary

-210.0	-128.0
-198.2	-128.3
-191.1	-128.8

Material Boundary

-163.4	-135.8
-160.7	-137.6
-147.1	-141.4

Material Boundary

-181.1	-129.8
-178.7	-130.5
-175.0	-131.5
-172.2	-132.4

Material Boundary

-210.0	-131.3
-147.1	-145.2

External Boundary

-181.1	-129.8
-191.1	-129.8
-191.1	-128.8
-191.1	-125.5
-206.2	-125.5
-210.0	-125.5
-210.0	-128.0
-210.0	-131.3
-210.0	-132.1
-147.1	-145.9
-147.1	-145.2
-147.1	-141.4
-147.1	-139.6
-152.3	-138.5
-163.0	-136.0
-163.4	-135.8
-168.7	-133.5
-171.8	-132.5
-172.2	-132.4
-177.2	-129.4
-177.3	-129.8

Piezo Line

-210.0	-126.2
-195.0	-126.2
-191.1	-130.4
-174.2	-131.8
-166.4	-135.1
-161.8	-136.9
-147.1	-140.3

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 2.578680

Center: -167.438, -103.313

Radius: 41.468

Left Slip Surface Endpoint: -202.487, -125.475

Right Slip Surface Endpoint: -147.237, -139.527

Resisting Moment=183615 kN-m

Driving Moment=71205.3 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 2.530920

Center: -167.346, -112.078

Radius: 33.772

Left Slip Surface Endpoint: -198.344, -125.481

Right Slip Surface Endpoint: -147.580, -139.461

Resisting Horizontal Force=4177.99 kN

Driving Horizontal Force=1650.78 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 2.513480

Center: -167.346, -112.078

Radius: 33.772

Left Slip Surface Endpoint: -198.344, -125.481

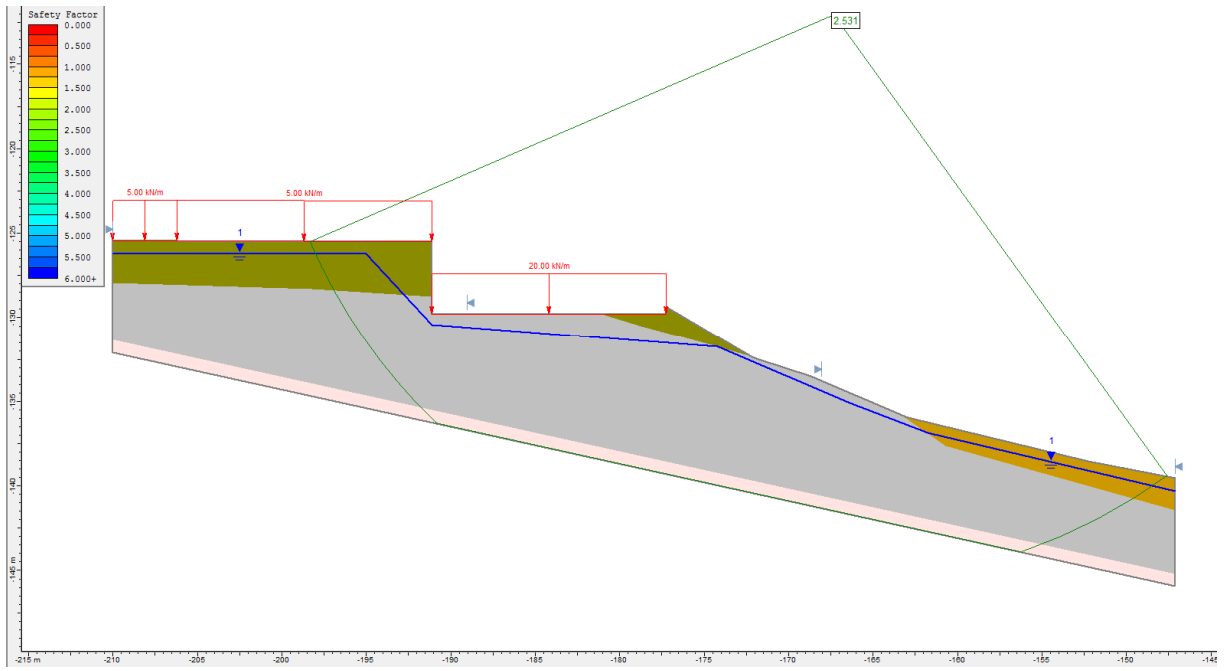
Right Slip Surface Endpoint: -147.580, -139.461

Resisting Moment=135862 kN-m

Driving Moment=54053.3 kN-m

Resisting Horizontal Force=3911.81 kN

Driving Horizontal Force=1556.33 kN



Document Name

File Name: eremo progetto_03 comp_sis.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.051
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.0255
2 Distributed Loads present:
Distributed Load #1 Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 5 kN/m
Distributed Load #2 Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 20 kN/m

Material Properties

Material: Riporto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18.35 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 24.8 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Custom Hu value: 1

Material: Unità A - CEC
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0.8 kPa

Friction Angle: 14.6 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Hu value: automatically calculated

Material: interstato

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 25 degrees
Water Surface: None

Material: Unità B - SubsFMM

Strength Type: Generalised Hoek-Brown
Unit Weight: 21 kN/m³
Unconfined Compressive Strength (intact): 6000 kPa
mb: 0.3949
s: 0.0000884
a: 0.5571
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 2.179170
Center: -167.438, -103.313
Radius: 41.468
Left Slip Surface Endpoint: -202.487, -125.475
Right Slip Surface Endpoint: -147.237, -139.527
Resisting Moment=185876 kN-m
Driving Moment=85296.7 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 2.149120
Center: -167.346, -112.078
Radius: 33.772
Left Slip Surface Endpoint: -198.344, -125.481
Right Slip Surface Endpoint: -147.580, -139.461
Resisting Horizontal Force=4243.95 kN
Driving Horizontal Force=1974.73 kN

Method: spencer

FS: 2.206300
Center: -167.438, -103.313
Radius: 41.468
Left Slip Surface Endpoint: -202.487, -125.475
Right Slip Surface Endpoint: -147.237, -139.527
Resisting Moment=188339 kN-m
Driving Moment=85364.3 kN-m
Resisting Horizontal Force=4412.9 kN
Driving Horizontal Force=2000.13 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 2.136680
Center: -167.438, -103.313
Radius: 41.468
Left Slip Surface Endpoint: -202.487, -125.475
Right Slip Surface Endpoint: -147.237, -139.527
Resisting Moment=187011 kN-m
Driving Moment=87524.2 kN-m
Resisting Horizontal Force=4381.3 kN
Driving Horizontal Force=2050.51 kN

