

COMUNE DI DERUTA
(Provincia di Perugia)

RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA

Finalizzata al livellamento della superficie generata dall'attività di discarica
per rifiuti inerti. CIG Z7D1AA8642

LOCALITA': *Macchie I*

COMMITTENTE: *Comune di Deruta*

Perugia, 19 / 12 / 2022

IL TECNICO

DOTT. GEOL. CHRISTIAN PERUZZI



DOTT. GEOL. CHRISTIAN PERUZZI

Strada Torontola Cerrone 1C2 - 06132 Fontignano(PG)
Tel. 3395681834 - E-mail: geopri@hotmail.it
C.F. PRZCRS78S24G478E - P.I. 02919580544

Sommario

- 1.0 Premessa
- 2.0 Studio geologico
- 3.0 Modellazione geologica
- 4.0 Modellazione sismica
- 5.0 Conclusioni

RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA AL LIVELLAMENTO DELLA SUPERFICIE GENERATA DALL'ATTIVITÀ DI DISCARICA PER RIFIUTI INERTI IN LOC. MACCHIE I (COMUNE DI DERUTA)

CIG Z7D1AA8642

1.0 Premessa

Il sottoscritto Geologo Peruzzi Christian, sulla base dell'incarico conferito dal Comune di Deruta, in ottemperanza alle Norme Tecniche per la Costruzione - Testo Unico (D.M. 17 Gennaio 2018) e alla L.R. n. 1/2015 in materia di urbanistica, ha eseguito un'indagine geologica, geomorfologia, idrologica, idrogeologica e geotecnica su un terreno dove si intendono eseguire opere di livellamento della superficie generata dall'attività di discarica per rifiuti inerti (CIG Z7D1AA8642) in località Macchie I nel comune di Deruta.

Lo studio è rivolto alla definizione della sicurezza e della funzionalità del complesso opera/terreno.

L'area in esame è posta geograficamente a circa 16 Km a Sud dalla città di Perugia e 1 Km a Sud dell'abitato di Deruta.

Più precisamente il terreno risulta ubicato nei pressi del Toponimo Macchie, le cui coordinate geografiche (datum ED50) sono: lat = 42,96990° e long = 12,41448°.

Topograficamente tale terreno ricade nel Foglio 130 "Orvieto" della Carta d'Italia, Tavoletta "Deruta" I Quadrante N.E. scala 1:25000, CTR Elemento "Casalina" n.323012 scala 1:5000 ed è censita al catasto del Comune di Deruta (PG) al Foglio n.31, Particelle n. 19/parte - 20/parte - 33/parte (vedi Allegati 1, 2, 3 e 4).

La presente relazione si compone dei seguenti argomenti:

- studio geologico
- modellazione geologica
- modellazione sismica
- conclusioni

ed elaborati grafici (Allegati) riportati a fine relazione:

1. *Carta topografica scala 1:25.000;*
2. *Carta tecnica regionale in scala 1:5.000;*
3. *Planimetria catastale in scala 1:2.000;*
4. *Planimetria di dettaglio in scala 1:1.000;*
5. *Carta geologica in scala 1:5.000;*
6. *Sezione geologica schematica;*
7. *PRG Deruta - Grado di consolidamento all'edificabilità ed all'uso del suolo e del sottosuolo;*
8. *PRG Deruta - Rischio Geomorfologico ed Idraulico;*
9. *PAI - Fasce fluviali e zone a Rischio in scala 1:10.000;*
10. *PAI - Inventario dei Fenomeni Franosi e Situazione di Rischio da Frane in scala 1:10.000;*
11. *IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in scala 1:10.000;*
12. *Piano Territoriale Coordinamento Provinciale;*
13. *Grafici prove penetrometriche;*
14. *Risultati delle verifiche di stabilità;*
15. *Elaborazione spettri di risposta.*

2.0 Studio geologico

2.1 Finalità e metodologia di studio

Il presente studio intende caratterizzare dal punto di vista geomorfologico, idrogeologico e geologico l'area interessata dall'opera descritta in premessa.

2.2 Contesto geologico di riferimento

L'area oggetto di studio (vedi Allegato 1) è inserito in un contesto a morfologia di tipo subcollinare ad una quota di circa 195 m s.l.m., in sinistra idrografica del fiume Tevere,

lungo un versante che degrada verso Est ed in parte è interessata da una attività agricola (prato e seminativo) ed in parte a bosco.

Il Fiume Tevere rappresenta il principale corso della zona che scorre, ad una distanza di circa 1000 m dal terreno in studio, alla quota di 155 m s.l.m.. Il reticolo idrografico presente mette in evidenza un medio grado di drenaggio dovuto ad un medio grado di infiltrazione delle acque che vanno ad alimentare la falda sotterranea.

La zona non appare soggetta a fenomeni di ristagno idrico e le acque superficiali sono ampliamente regimate, infatti il drenaggio delle acque è favorito dalla presenza di alcuni fossi che scaricano le proprie acque nel Fosso del Bosco affluente del Fiume Tevere. A tal proposito l'analisi geomorfologica evidenzia che la zona in oggetto non presenta fattori di rischio di esondazioni per la presenza di una notevole distanza dal collettore principale e i bacini imbriferi dei fossi limitrofi al terreno in oggetto sono piuttosto limitati.

Si possono escludere fenomeni di dissesti gravitativi sia in atto che potenziali, come indicano anche i risultati delle verifica di stabilità.

La circolazione idrica sotterranea in questi sedimenti, è caratterizzata da una permeabilità strettamente legata all'eterogeneità dei materiali e al loro scarso grado di cementazione e/o addensamento (permeabilità per porosità primaria).

In questo modo le acque superficiali in parte si infiltrano nel terreno andando ad alimentare un acquifero freatico che interessa per porosità primaria i suddetti terreni confinanti sino al basamento che funge da livello impermeabile.

Non è stato possibile effettuare misure dirette del livello freatico, pertanto in base alla morfologia del terreno, alla distanza dai corsi d'acqua e dalle informazioni raccolte si può stimare il livello statico della falda ad una profondità maggiore di 15 m dal p.c., tale da non interferire con le opere in progetto.

Per la definizione delle caratteristiche geolitologiche dell'area in oggetto si è fatto riferimento ai dati ottenuti dal rilevamento superficiale di campagna, utilizzando come base topografica la CTR alla scala 1:5000 (vedi Allegato 5) e di una prova penetronetica dinamica, che ha permesso di ricostruire con maggior dettaglio la stratigrafia della zona.

Il quadro geologico del territorio in cui risulta inserita l'area in studio, è caratterizzato dalla presenza di depositi in ambiente fluvio-lacustre costituiti da sedimenti sabbio-

argilosi ed argillo sabbiosi, impostati sul substrato litico costituito da arenarie in banchi e strati alternati a marne ed argille siltose, la cui profondità non è stata determinata per la finalità di questo lavoro.

I sedimenti fluvio-lacustri presentano un'estrema variabilità compositzionale, passando dai termini argilosi, a quelli sabbiosi, fino ad arrivare alle ghiaie; questa variabilità compositzionale riflette la variabilità spaziale connessa con l'andamento lenticolare tipico di questi depositi dove, tuttavia dall'elaborazione dei dati ottenuti dalla prova penetrometrica, nel terreno in studio prevale la frazione granulometrica medio fine (sabbie argillose ed argille sabbiose).

Dal punto di vista tettonico in zona non vi sono indizi morfologici riferibili a fenomeni di natura neotettonica.

2.3 Analisi di Cartografia PAI, IFFI, PTCP e PRG

In base alla cartografia sulla propensione ai dissesti della zona, l'area di indagine è interessata da un fenomeno franoso quiescente (PAI e PRG) e da una situazione di frana diffusa (IFFI), mentre non ricade all'interno di fasce fluviali e zone a rischio.

In ogni caso, in situ non si riscontrano movimenti gravitativi in atto o latenti come precedentemente indicato e come confortato anche dalle verifiche di stabilità specifiche.

2.4 Vincoli di normativa derivanti dalla pericolosità idrogeologica ed idraulica e di PRG e vincoli di tutela paesaggistico-ambientale

Nell'area di studio insiste il vincolo idrogeologico.

2.5 Gestione delle Terre e Rocce da scavo con sintesi delle risultanze degli specifici elaborati da produrre ai sensi della normativa vigente

Il progetto prevede un rimodellamento del versante con una pendenza di circa il 30% mediante una livellazione di una superficie che presenta delle irregolarità; pertanto è previsto il riutilizzo integrale delle terre e rocce da scavo nel medesimo sito.

2.6 Sicurezza degli scavi

Durante l'esecuzione dei lavori dovranno essere previste opere di sicurezza provvisorie, secondo le normative vigenti, per garantire la stabilità dei terreni nonché l'incolumità delle persone addette ai lavori.

3.0 Modellazione geologica

3.1 Indagini geologiche

Le caratteristiche geotecniche/geomecaniche dei litotipi del sottosuolo sono state ricavate dal rilevamento geologico dell'area, nonché da indagini geognostiche effettuate sul sito di studio e da dati in possesso dello scrivente sul terreni limitrofi geologicamente analoghi.

Sul terreno di studio è stata eseguita una prova penetrometrica dinamica con penetrometro medio PENNI 30 che ha raggiunto la profondità di 10,00 m dal p.c..

La prova penetrometrica ha messo in evidenza due strati a comportamento geomecanico dissimile a partire dalla quota naturale del p.c.:

- tra 0,00 e 6,10 m: materiale di riporto e materiale eterogeneo rimaneggiato, non si entra in merito alla caratterizzazione chimica del materiale (il numero dei colpi è compreso tra 2 e 20), con parametri stimabili intorno a:

$$\gamma = 1,75 \div 1,85 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 24^\circ - 25^\circ$$

$$Cu = 0,2 - 0,4 \text{ Kg/cm}^2$$

- tra 6,10 e 10,00 m: sedimenti sabbio argillosi ed argille sabbiose di media consistenza (il numero dei colpi è compreso tra 7 e 27), con parametri stimabili intorno a:

$$\gamma = 1,9 \div 1,95 \text{ t/m}^3$$

$$\Phi = 31^\circ - 32^\circ$$

$$Cu = 0,3 - 0,4 \text{ Kg/cm}^2$$

3.2 Sintesi delle analisi condotte sulla attendibilità dei risultati e delle eventuali difficoltà incontrate

Per quanto riguarda la stabilità dell'intervento sono state effettuate verifiche lungo la sezione di progetto parallela al versante, caratteristica della situazione più sfavorevole.

Sono stati utilizzati i parametri geotecnici sopraccitati, così come riportati negli allegati.

Le verifiche di stabilità sono state effettuate, ai sensi delle NTC 2018 par. 6.3, 6.4 e 6.8, utilizzando l'Approccio 1, Combinazione 2, e con i relativi coefficienti di parziali (A2, M2, R2), con il programma "Geostru" e con il metodo di Fellenius, e sono state prese in considerazione le superfici passanti alla base del materiale di riporto, che sono quelle più sfavorevoli alla stabilità.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici della zona in esame si rimanda al paragrafo specifico.

Le verifiche a termine costruzione non sono state effettuate visto la natura prevalentemente incoerente del materiale di riporto.

Tali verifiche hanno fornito il seguente coefficiente minimo di stabilità F_s , cioè il rapporto tra le forze stabilizzanti e quelle destabilizzanti che agiscono su una ipotetica superficie circolare, e pari a $F_s=1.22$ in ogni caso superiore al valore che impone la normativa vigente > 1.1 , garantendo quindi la stabilità del complesso opera-terreno.

Le acque meteoriche che interessano il sito in oggetto dovranno essere raccolte in scoline e forme di campo e da questi convogliate al Fosso.

3.3 Definizione degli elementi geologici e geomorfologici di pericolosità sismica locale

Per la definizione degli elementi geologici e geomorfologici di pericolosità sismica locale si rimanda al capitolo successivo.

3.4 Valutazione dell'effetto di risposta sismica locale per gli effetti stratigrafici e/o morfologici

Per la valutazione dell'effetto di risposta sismica locale per gli effetti stratigrafici e/o morfologici si rimanda al capitolo successivo.

3.5 Modello geologico di sintesi utile per la modellazione geologica

Dalle elaborazioni delle indagini svolte nell'area relazionate con i dati di letteratura è stato possibile ricostruire il profilo stratigrafico geotecnico del sottosuolo (modello geologico geotecnico) costituito da materiale di riporto e/o materiale rimaneggiato di varia natura sovrapposti a sedimenti sabbio argillosi ed argille sabbiose di consistenza crescente con la profondità.

4.0 Modellazione sismica

4.1 Finalità e metodologia di studio

Alla luce della nuova normativa Tecnica sulle costruzioni NTC2018 le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione.

Da questa è possibile passare ad un livello successivo di approfondimento attraverso l'analisi delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche locali responsabili delle amplificazioni del moto sismico. E' quindi infine possibile valutare se necessario produrre

un modello numerico di risposta sismica locale (RSL) o utilizzare l'approccio semplificato di normativa. Lo scrivente ha adottato quest'ultima possibilità stimando il valore di V_{s30} e determinando quindi la classificazione del suolo sismico ed i relativi spettri elastici in accelerazione.

4.2 Sismicità storica

Per l'eventuale consultazione dei dati sui terremoti storici dell'area in studio (sequenze sismiche storiche) si rimanda alla consultazione del DBMI04 (database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04) consultabile presso l'INGV-GNDT all'indirizzo web:

http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/query_place/.

4.3 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR , come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR , come definito nel § 2.4. 42,

Parametri sismici di base per il sito in studio le cui coordinate (datum ED50) sono:

lat = 42, 96990° e long = 12, 41448°

Tipo di costruzione $V_N \geq 50$ anni $C_u = 1,0$

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F ₀	T _{c*} [s]
Operatività (SLO)	30	0,059	2,504	0,269
Danno (SLD)	50	0,074	2,491	0,279
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,173	2,444	0,310
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,215	2,468	0,320
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

dove Tr è periodo di riferimento in anni, a_g l'accelerazione massima orizzontale del sito, F_0 è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, Tc^* è il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello stesso.

4.4 Azione sismica

Sulla base dell'Elenco delle località sismiche di **prima, seconda e terza categoria** previste dalla Delibera della Giunta Regionale del 18/06/2003 'Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria', il territorio di Deruta è stato dichiarato di **II Zona** in considerazione della sismicità dimostrata sino ad oggi.

Modificazioni del moto sismico proveniente dal substrato possono essere causate da condizioni geologiche geomorfologiche tettoniche geotecniche locali (amplificazione litostratigrafica e/o amplificazione topografica e geomorfologica).

Nel caso in esame, poiché il terreno è posto in località Macchie I (Deruta) lontano da elementi morfologici significativi, in considerazione alle caratteristiche geometriche degli edifici da realizzare e in riferimento alla normativa attuale, non disponendo di misure dirette della velocità delle onde di taglio si è proceduto mediante la determinazione di $N_{spt,30}$ limitatamente agli strati a grana grossa e limitatamente agli strati a grana fina compresi nei primi 30 m di profondità in base a:

l'energia specifica per corpo $Q = (MH)/A\delta = 6,00 \text{ Kg/cm}^2$ (prova SPT : $Q_{spt} = 7,83 \text{ Kg/cm}^2$)

il Coeff. Teorico di energia $\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,766$ (teoricamente : $N_{spt} = \beta_t N$)

e si dovranno adottare i seguenti parametri:

categoria di sottosuolo C

categoria topografica $S_T \leq 1,2 \rightarrow T_2$

4.5 Stabilità nei confronti della liquefazione

L'esclusione della verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle circostanze indicate nel punto 7.II.3.4 del DM 17.01.2018:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al p. campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna ...;
4. depositi costituiti da sabbie pulite ...;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.II.1

Si esclude quindi che possano venirsi ad innescare fenomeni di liquefazione, per il cui processo è necessaria la presenza di terreni sabbiosi saturi con granulometrie che

devono soddisfare determinate caratteristiche di uniformità non riscontrabili nel sottosuolo in esame.

5.0 Conclusioni

In base ai risultati dell'indagini geognostiche e sismiche, unitamente al rilevamento geologico di campagna, hanno permesso di definire le caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni di fondazione e di ricostruire un modello geometrico stratigrafico/sismico valido per l'intera area progettuale, per cui si ricava quanto segue:

- si possono escludere azioni morfogenetiche attive;
- l'area non risulta attraversata da fiumi, torrenti o fossi di grande rilevanza se non in posizione distale;
- l'analisi geologico stratigrafica a messo in evidenza materiale di riporto e/o materiale rimaneggiato di varia natura sovrapposti a sedimenti sabbio argillosi ed argille sabbiose;
- la falda nel caso specifico di tipo freatico risulta imposta sui sedimenti a granulometria medio-grossolana (sabbie e ghiaie) presenti nel terreno e nell'ambito progettuale la falda è presente oltre 15 metri di profondità dal p.c.;
- per minimizzare eventuali effetti negativi delle acque di ruscellamento meteorico si consiglia di realizzare la migliore regimazione con opere di canalizzazione che permettono l'allontanamento dall'area in oggetto delle acque superficiali;
- quanto in progetto non altera in modo sostanziale lo stato dei luoghi e le opere ultimate garantiranno il normale deflusso delle acque meteoriche verso i fossi limitrofi;
- le verifiche di stabilità nei confronti alla liquefazione escludono che possano venirsi ad innescarsi tali fenomeni;
- si raccomanda di prevedere opere di sicurezza provvisorie durante le fasi di lavoro per garantire la stabilità dei terreni nonché l'incolumità delle persone addette ai lavori;
- dal punto di vista sismico si escludono effetti deformativi per instabilità di versante, liquefazioni, sedimenti differenziali o per faglie attive e capaci;

- il sottosuolo dell'area investigata è da ricondurre alla categoria "C" e l'area può essere classificata nella categoria topografica "T2".

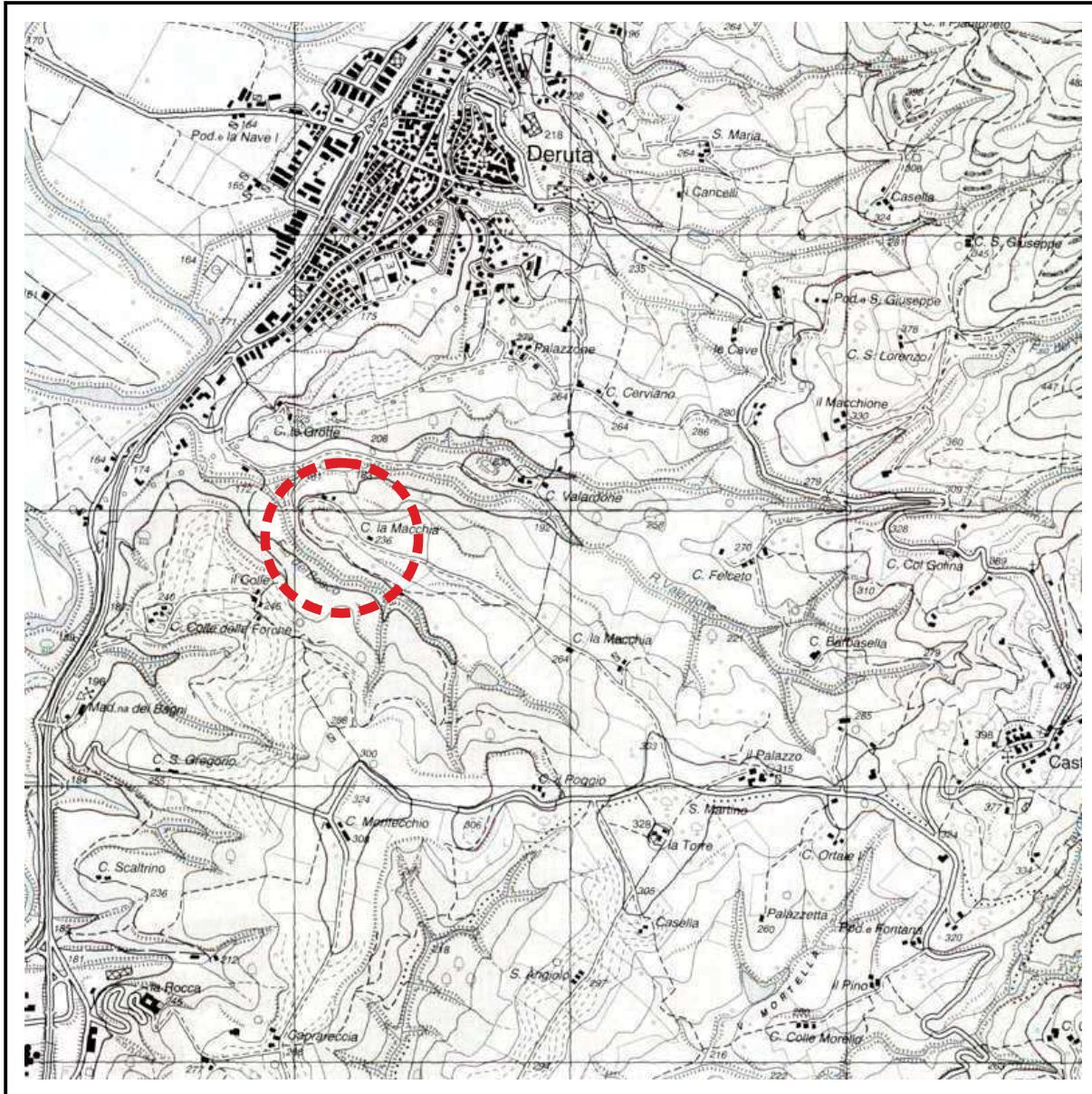
Perugia, 19/12/2022

DOTT. GEOL. CHRISTIAN PERUZZI



ALLEGATI

CARTA TOPOGRAFICA
(Scala 1:25.000)



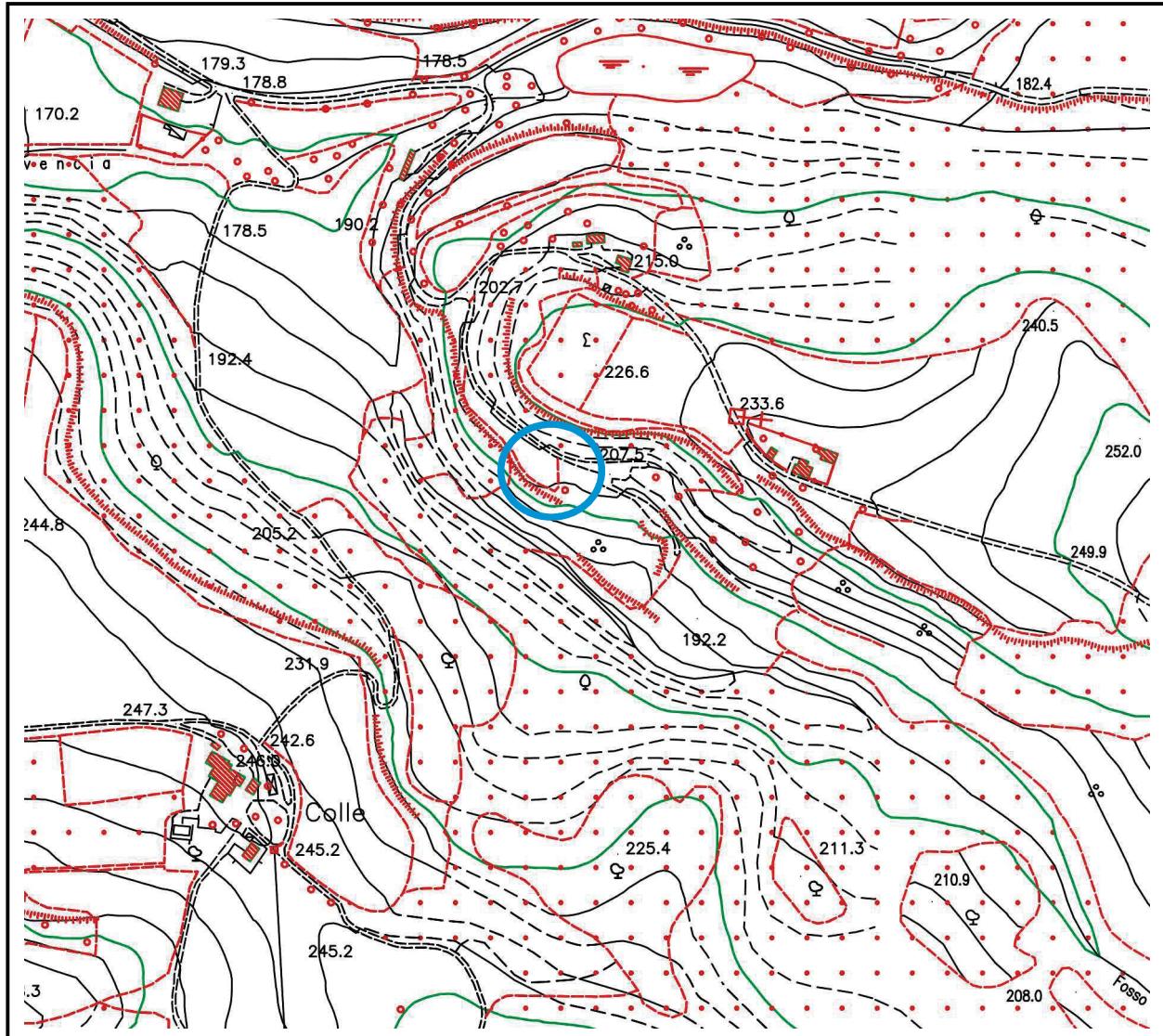
Foglio 130 "Orvieto" della Carta d'Italia
Tavoletta "DERUTA" I NE

LEGENDA



Ubicazione dell'area

CARTA TECNICA REGIONALE
(Scala 1:5.000)



Elemento "CASALINA" N. 323 012

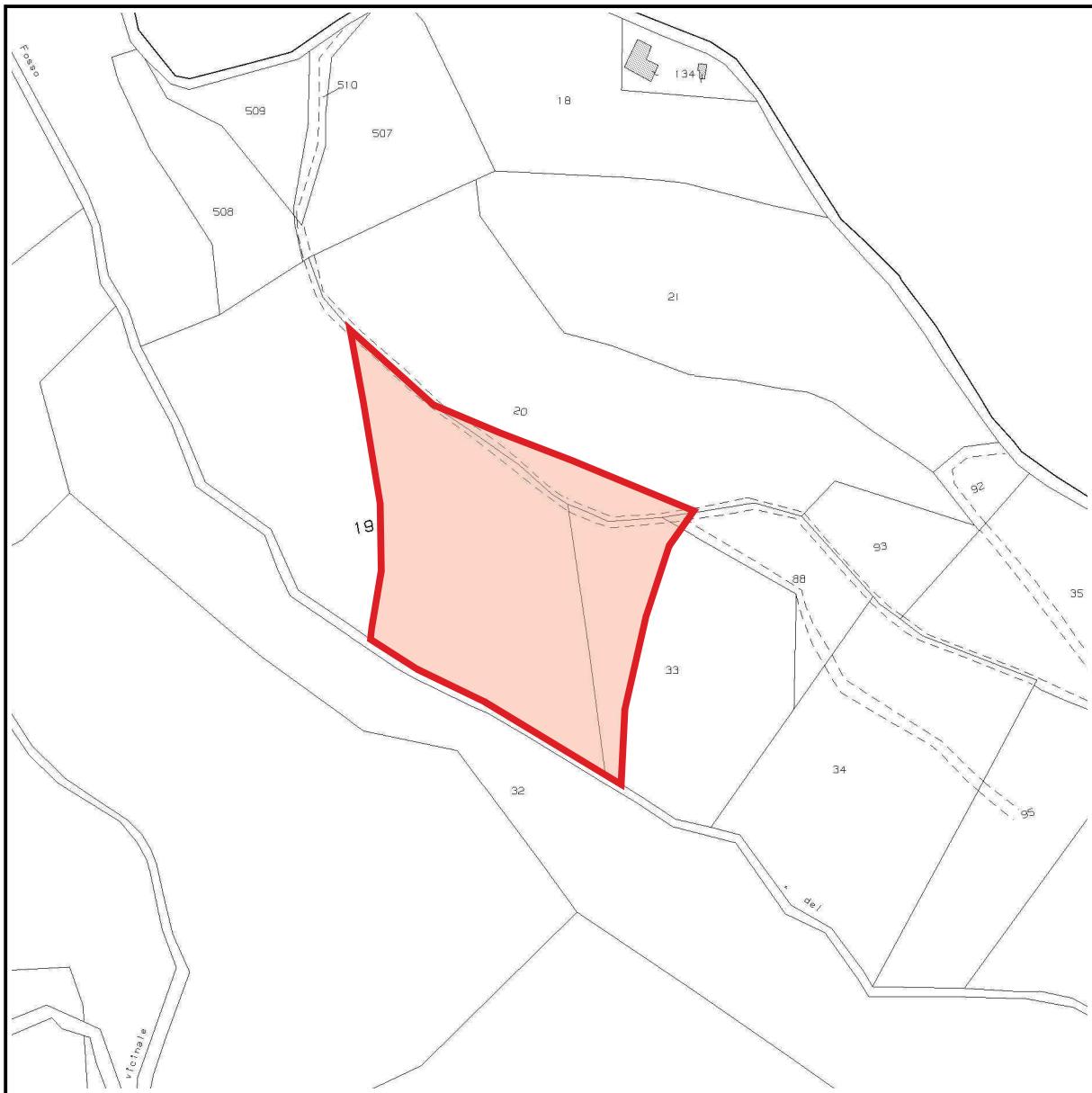
L E G E N D A



Ubicazione dell'area

ALLEGATO N.3

PLANIMETRIA CATASTALE
(Scala 1:2.000)



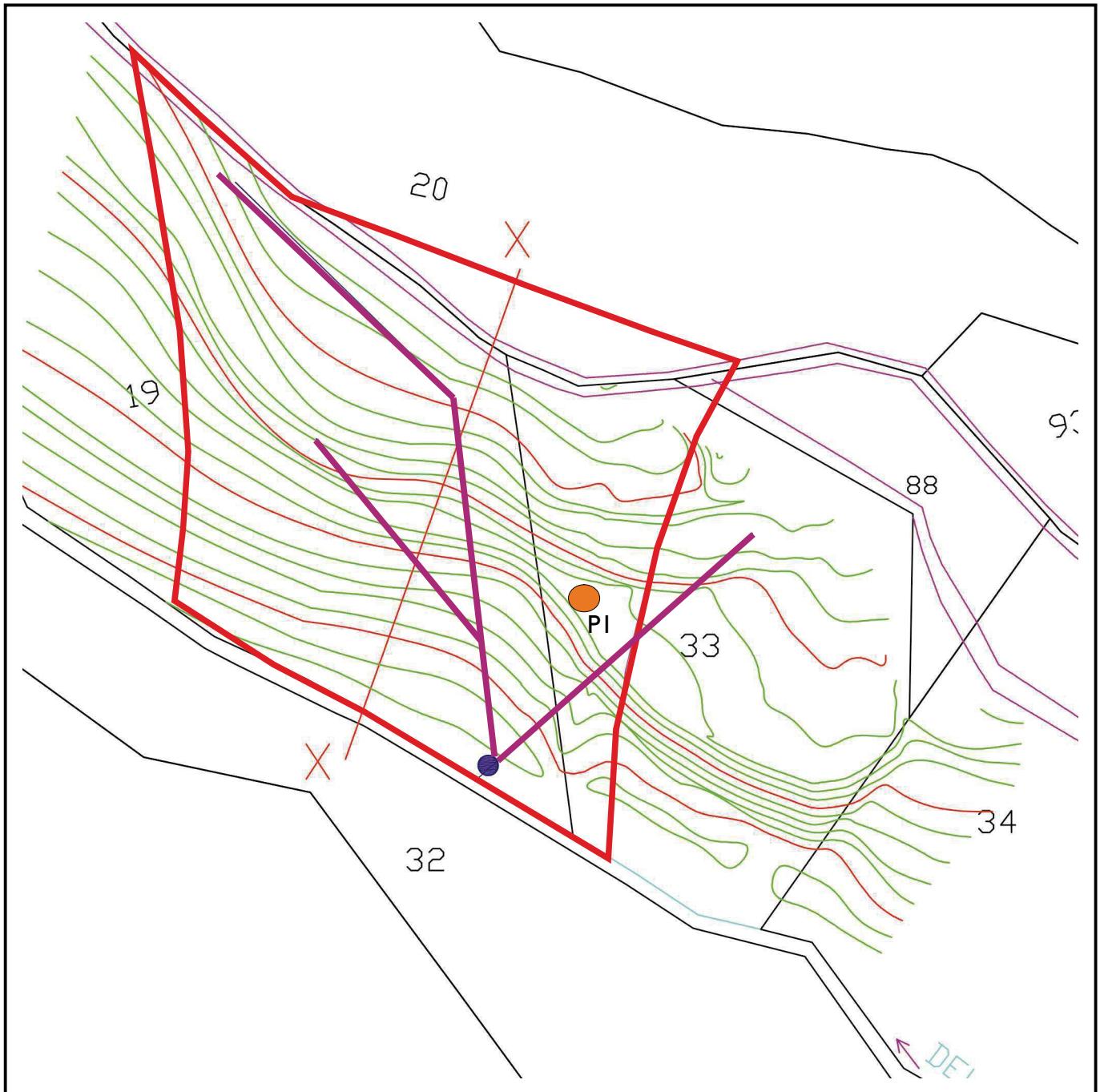
COMUNE DI DERUTA - Loc. Macchie I
Foglio 31 - Pile 19/parte-20/parte-33/parte

LEGENDA



Perimetrazione area di discarica autorizzata

PLANIMETRIA DI DETTAGLIO
(Scala 1:1.000)



COMUNE DI DERUTA - Loc. Macchie I
Foglio 31 - P.Ile 19/parte-20/parte-33/parte

LEGENDA



Perimetrazione area di discarica autorizzata

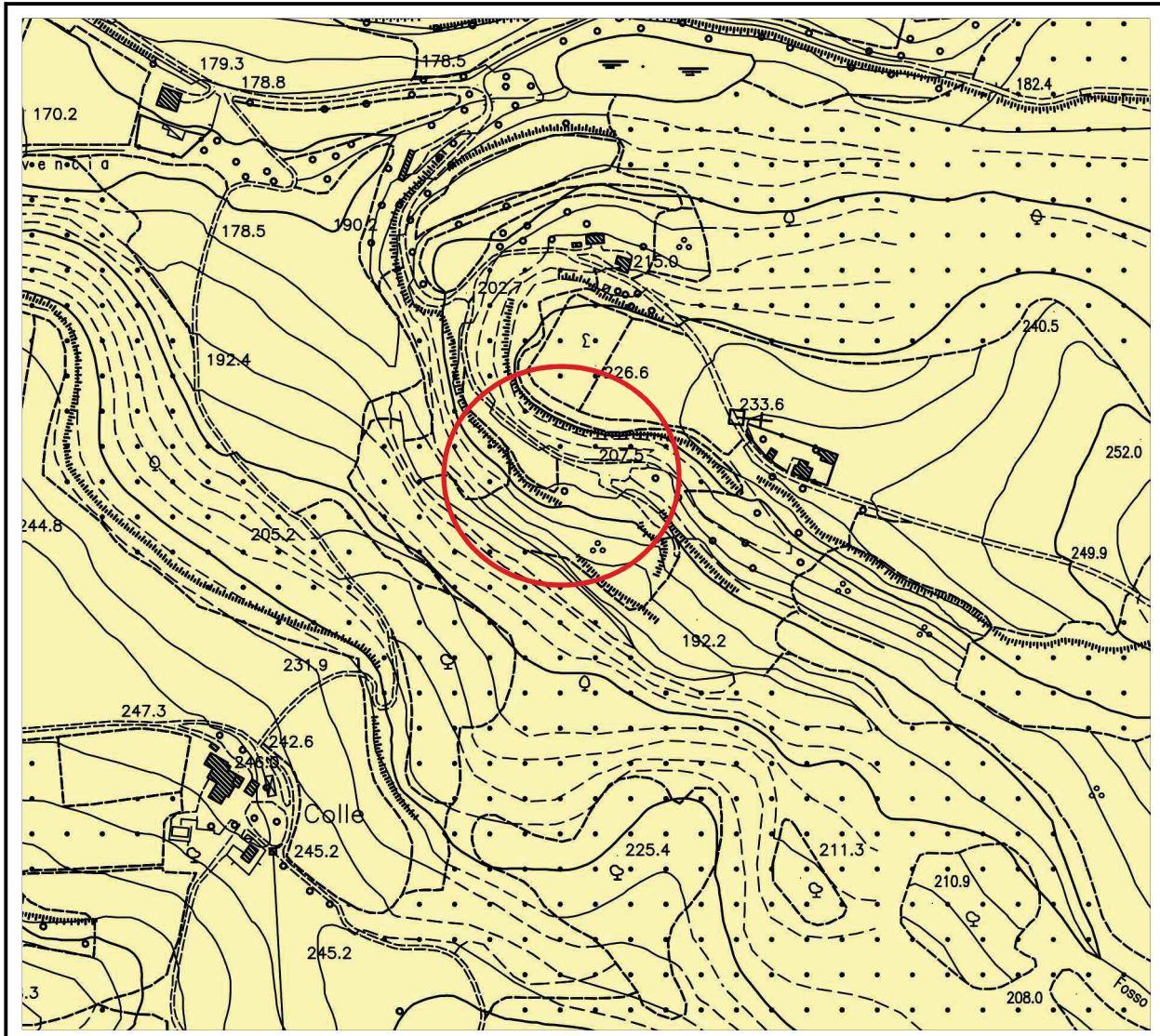


Prova penetrometrica dinamica (P)



Canalette regimazione acque meteoriche

CARTA GEOLOGICO
(Scala 1:5.000)

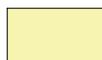


Elemento "CASALINA" N. 323 012

LEGENDA

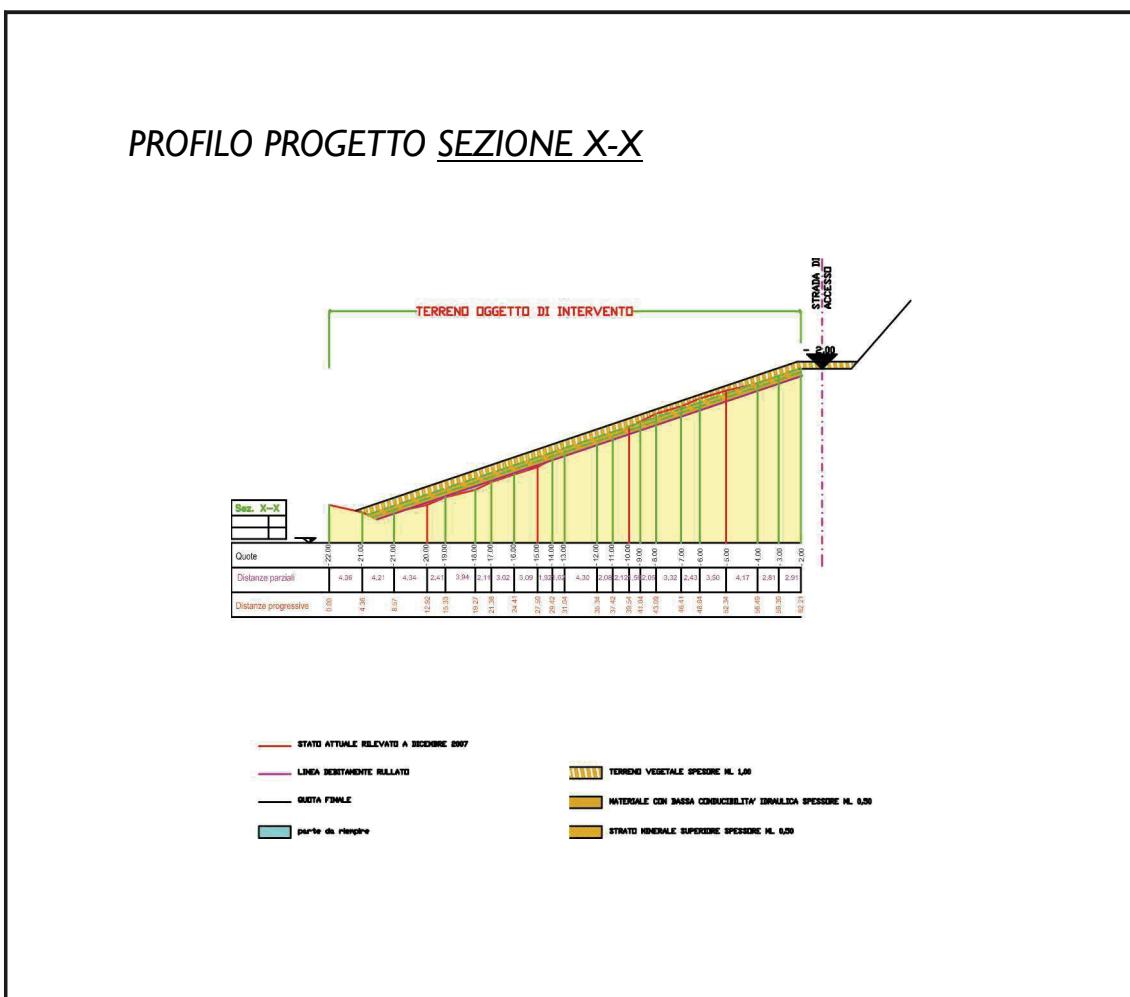


Ubicazione dell'area



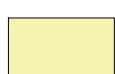
Facies fluvio lacustre costituito prevalentemente
da sabbie argillose ed argille sabbiose

SEZIONE GEOLOGICA SCHEMATICA



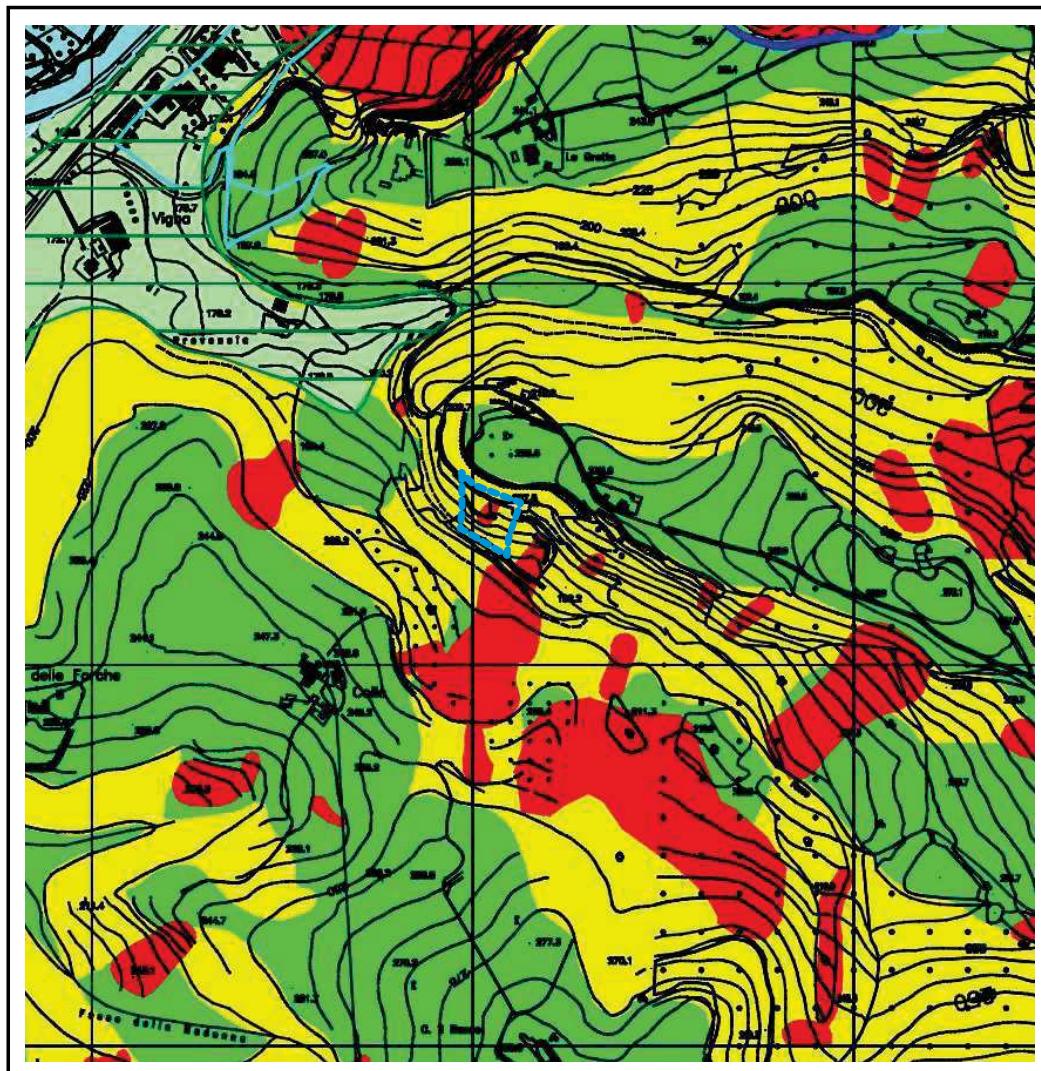
COMUNE DI DERUTA - Loc. Macchie I
Foglio 31 - P.Ile 19-33-34

LEGENDA



Facies fluvio lacustre costituito prevalentemente
da sabbie argillose ed argille sabbiose

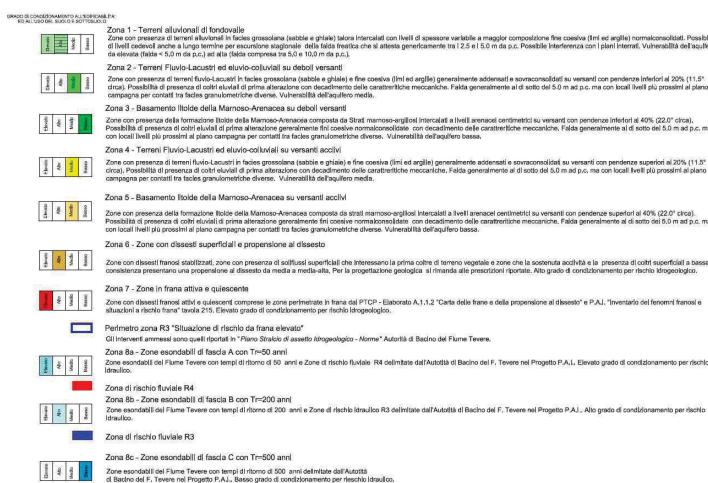
GRADO DI CONSOLIDAMENTO ALL'EDIFICABILITÀ ED ALL'USO DEL SUOLO E DEL SOTTOSUOLO (Scala 1:5.000)



COMUNE DI DERUTA (Provincia di Perugia)

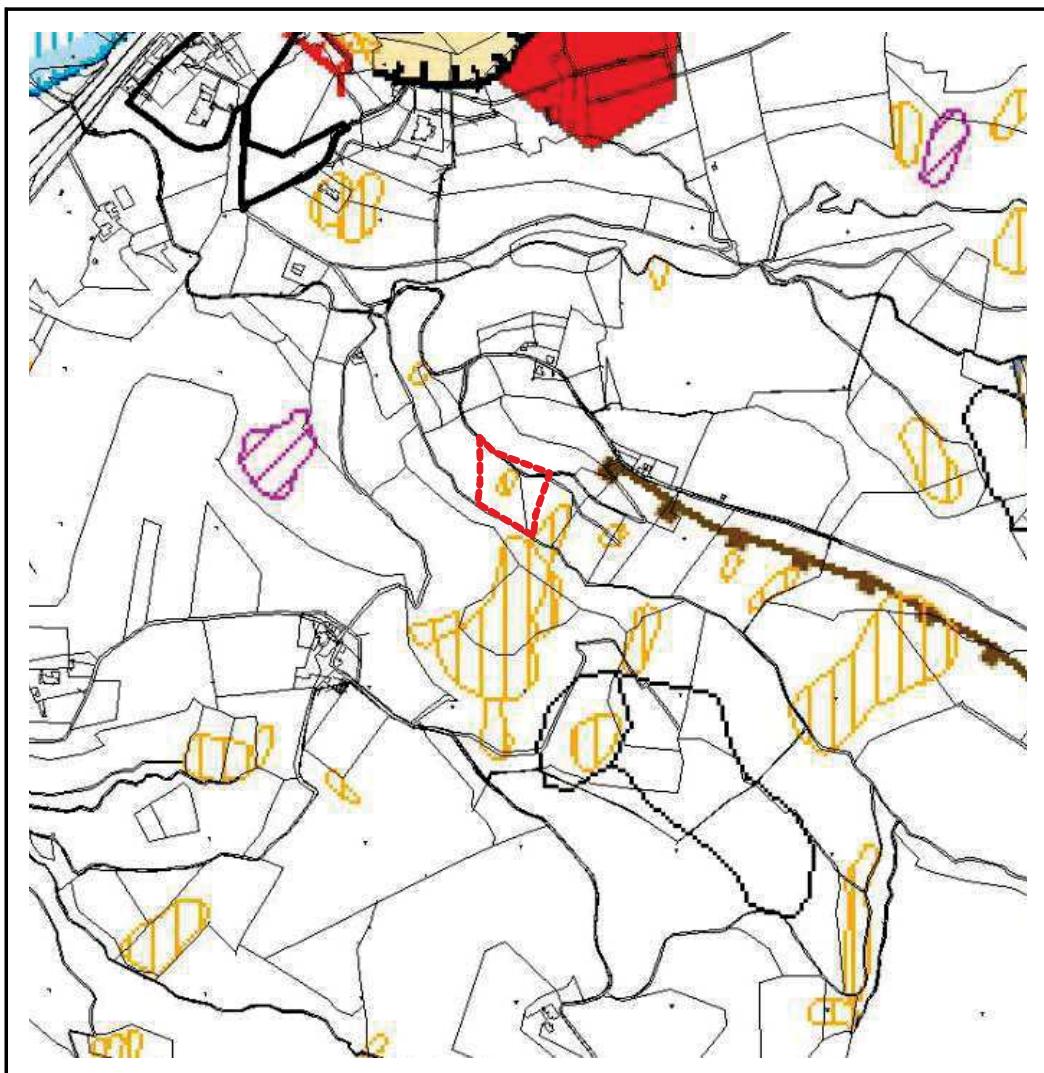
PRG - PARTE STRUTTURALE

LEGENDA



RISCHIO GEOMORFOLOGICO ED IDRAULICO

(Scala 1:5.000)



COMUNE DI DERUTA (Provincia di Perugia) PRG - PARTE STRUTTURALE

LEGENDA

RISCHIO GEOMORFOLOGICO

Erosioni di versante

conoide alluvionale

Frane e movimenti di versante

Piano Stralcio A.B.T.

attivo

elemento presunto

inattivo

quiescente

stabilizzato

PUT - censimento frane CNR-IRPI

movimenti franosi

Studio geologico P.R.G.

nicchia di distacco

orlo di scarpa in degradazione

orlo di scarpa

corpo di frana attiva

corpo di frana quiescente

superficie dissestata da soliflusso

RISCHIO IDRAULICO

Reticolo principale

fascia A (piena con ritorno a 50 anni)

fascia B (piena con ritorno a 200 anni)

VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI

captazioni idriche ad uso idropotabile

e fascia di rispetto 200 m.

cave attive

P di pianura

cave inattive

P di versante

cave inattive

V di pianura

cave inattive

V di versante

acqua

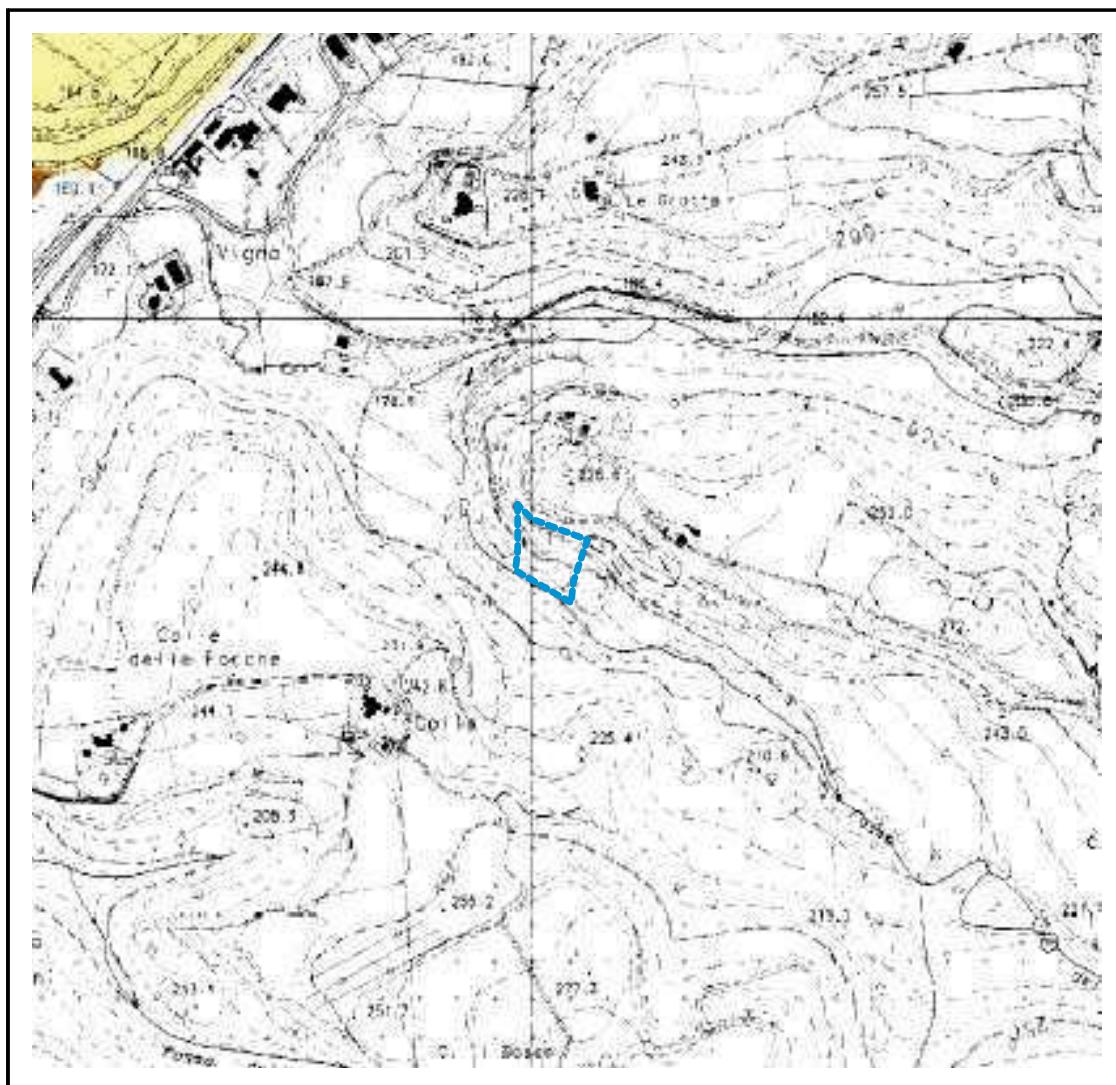
macro aree elementari

Propensione al dissesto

alta

medio alta

PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (scala 1:10.000)



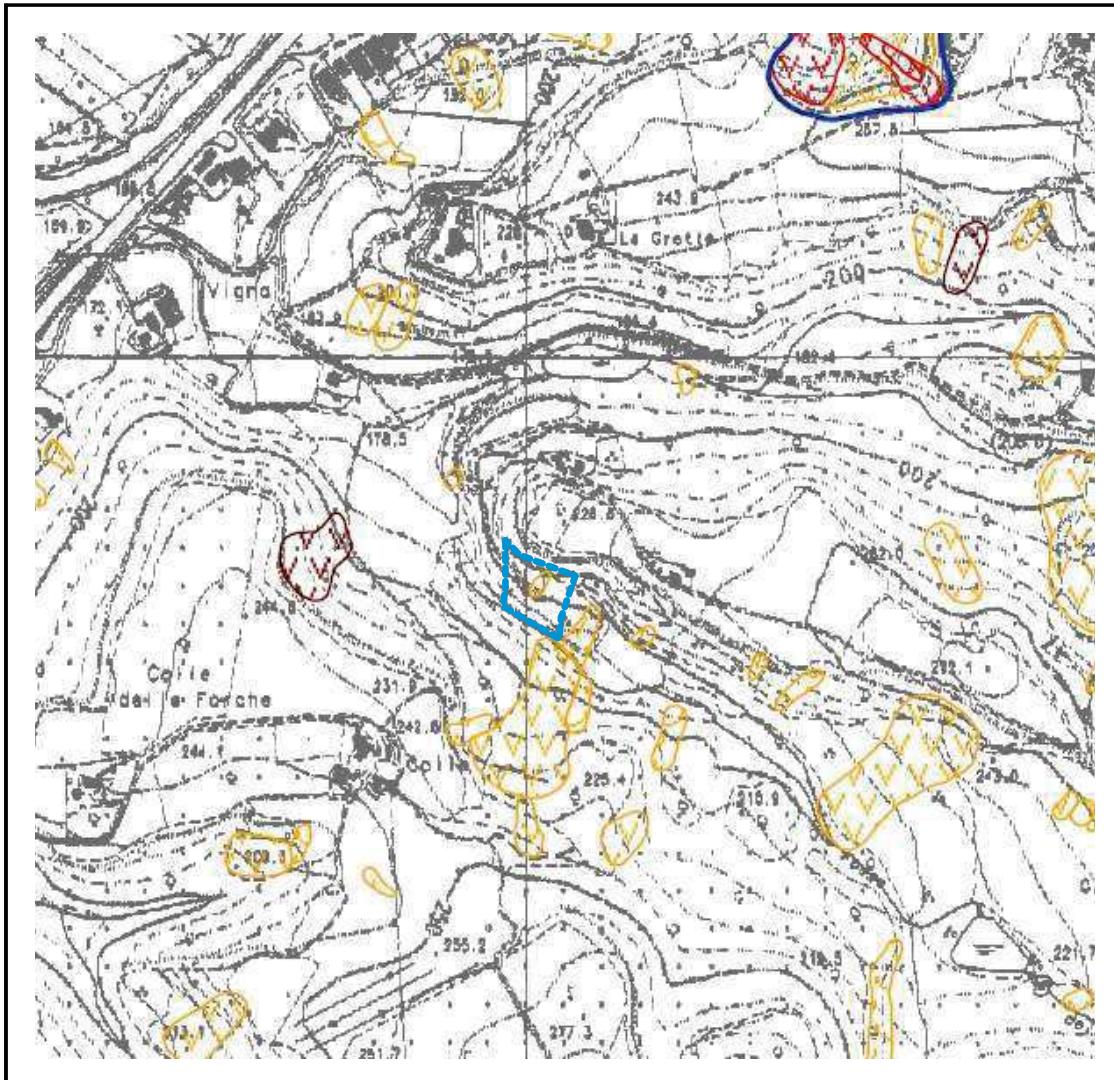
PAI - FASCE FLUVIALI E ZONE A RISCHIO (TAV. 12)

LEGENDA



Ubicazione dell'area

PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO
(scala 1:10.000)



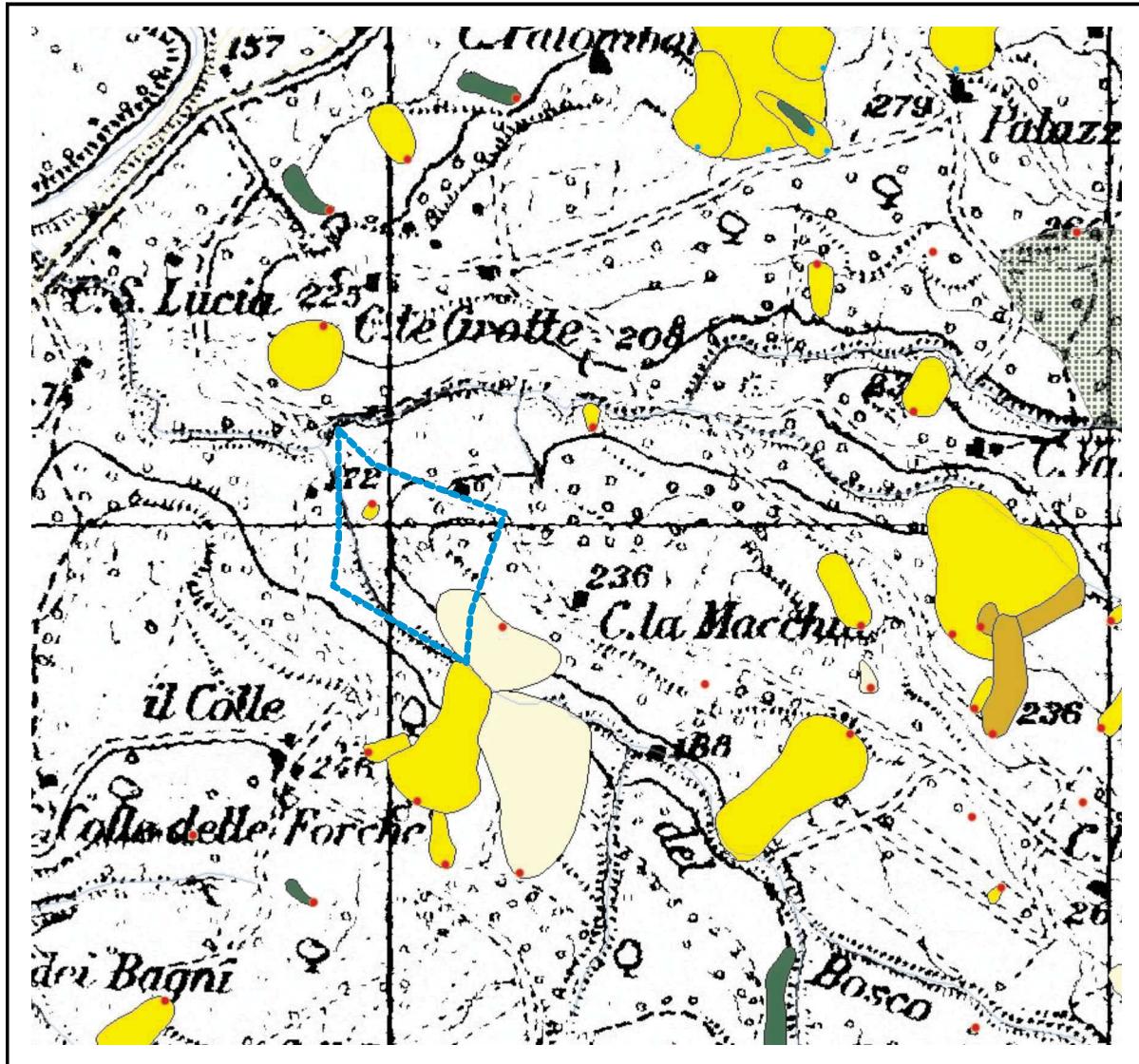
**PAI - INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI E
SITUAZIONE DI RISCHIO DA FRANA (TAV. 215 di 304)**

LEGENDA



Ubicazione dell'area

INVENTARIO FENOMENI FRANOSI IN ITALIA (IFFI)
 (scala 1:10.000)



LEGENDA

Layer IFFI

Punto Identificativo del Fenomeno Frano

- Scheda frane di 1° livello
- Scheda frane di 2° livello
- Scheda frane di 3° livello

Tipologia di frana

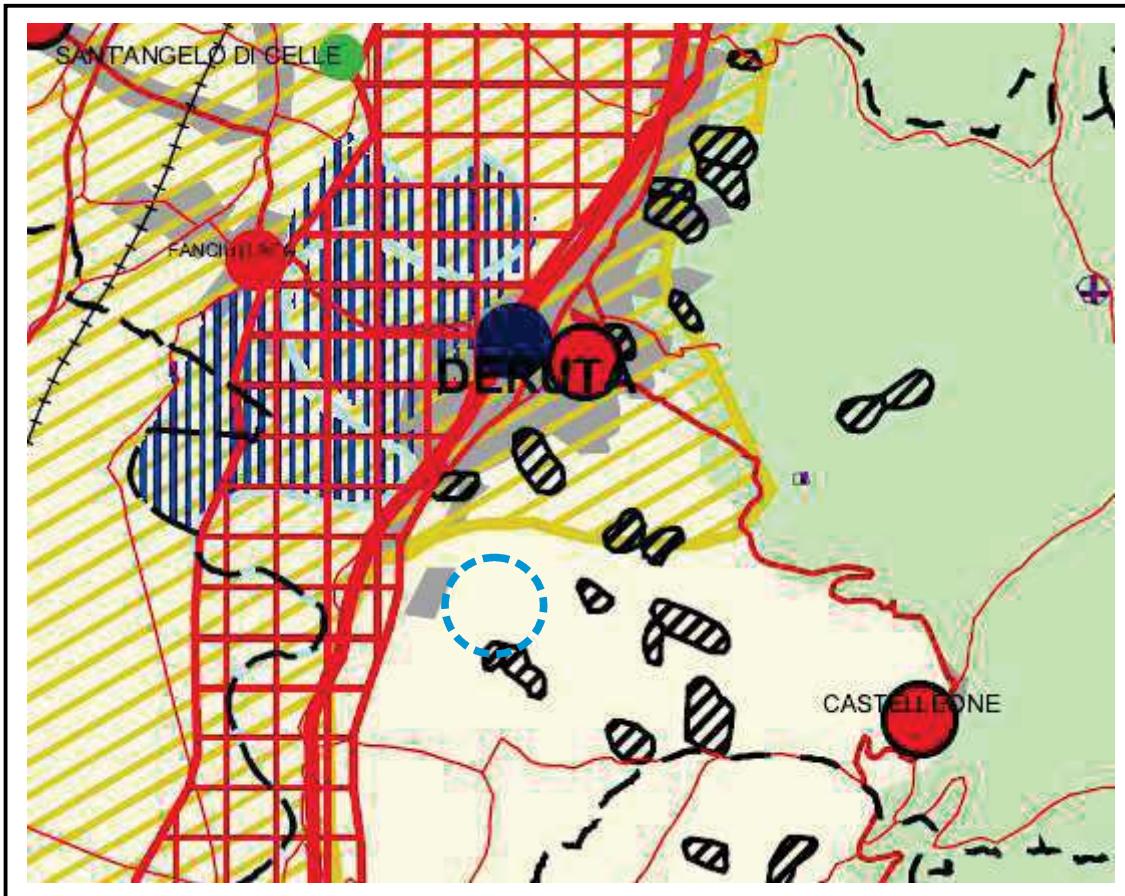
- Crostale/bottino
- Scorrimento rotazionale/traslattivo
- Espansione
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso
- N.D.
- DGPV
- Area soggetta a crosticoltamenti diffusi
- Area soggetta a sprofondamenti diffusi
- Area soggetta a frane superficiali diffuse
- + Frane lineari

Layer BASE

Reticolo stradale

- ✓ Tracciato ferroviario
- Urbanizzato CLC2000
- Laihi
- Frane
- Limiti regionali
- Limiti provinciali
- Limiti comunali
- Limiti autorità di bacino
- Reticolo tercelle 25.000

PROVINCIA DI PERUGIA - PTCP



LEGENDA

Serbatoi di natura' provinciale
Superficie di grande estensione del sistema strutturale ecologico - ambientale della provincia

- Art. 14 PUT
- Ambiti di rilevante pregio naturalistico (SIC, SIR)
- Ambiti di rilevante pregio naturalistico (ZPS)
- Parchi nazionali e regionali
- Aree di studio (D.P.G.R. 61/98)
- Oasi di protezione faunistica
- Aree segnalate di interesse naturalistico-faunistico
- Aree ad elevata diversità floristico-vegetazionale
- Geotopi
- Singolarità geologiche ricomprese in un geotopo
- Singolarità geologiche non ricomprese
- Corsi d'acqua
- Corridoi ecologici e rete di connessione del sistema ecologico ambientale della provincia
- Valichi faunistici
- Elementi puramente della rete di connessione del sistema ecologico ambientale provinciale di particolare importanza per il monitoraggio e la tutela del patrimonio faunistico

Rete strutturale ed elementi puntuali e del Sistema di corridoi escursionistici
di valorizzazione e fruizione del patrimonio storico ed ambientale

- Aree archeologiche definite
- Viabilità di impianto storico e nuclei storici

Ambiti di massimo rischio di natura geologica o idrogeologica per le localizzazioni insediativa in cui assumere iniziative di revisione delle previsioni urbanistiche già in essere, di esclusione di nuove espansioni, di attivazione di politiche per la tutela ed il recupero della qualità del suolo

- Elevata propensione al dissesto e massima concentrazione di frane attive
 - Centri abitati da consolidare (L. 64/74 art. 2)
 - Aree segnalate (Atlante Regione Umbria - 1994): scorrimenti, colate e frane complesse, crolli, instabilità diffusa
 - Aree a vulnerabilità degli acquiferi molto elevata
 - Acquifero artesiano
 - Aree a massimo rischio di esondazione
- PROGETTO AVI- catalogo delle aree colpite da inondazioni
- numero di eventi
- 1
 - 2-5
 - 6-10
 - 10-20
 - >20

Arene e punti critici del sistema strutturale ecologico - ambientale provinciale

- Zone di discontinuità Ecologica. (art.9 comma 1, c) PUT
- Aziende sottoposte a Rapporto di sicurezza. (art. 8 D.Lgs 334/99)
- Aziende sottoposte a Notifica. (art. 6 D.Lgs 334/99)
- Aziende sottoposte agli obblighi dell'art.5 comma 3 D.Lgs 334/99
- Discariche di 1^a categoria
- Impianti di termovalorizzazione
- Comuni con assenza e con carenze di depurazione dei reflui

MOBILITÀ'

— Ferrovie

VIABILITÀ'

— Superstrade

IDROGRAFIA

— Strade Statali

— Strade Provinciali

— Laghi

— Area invaso del Chiascio

INSEDIAMENTI

— Capoluoghi

— Centri urbani

— Zone urbane

LIMITI

— Provinciali

— Comunali

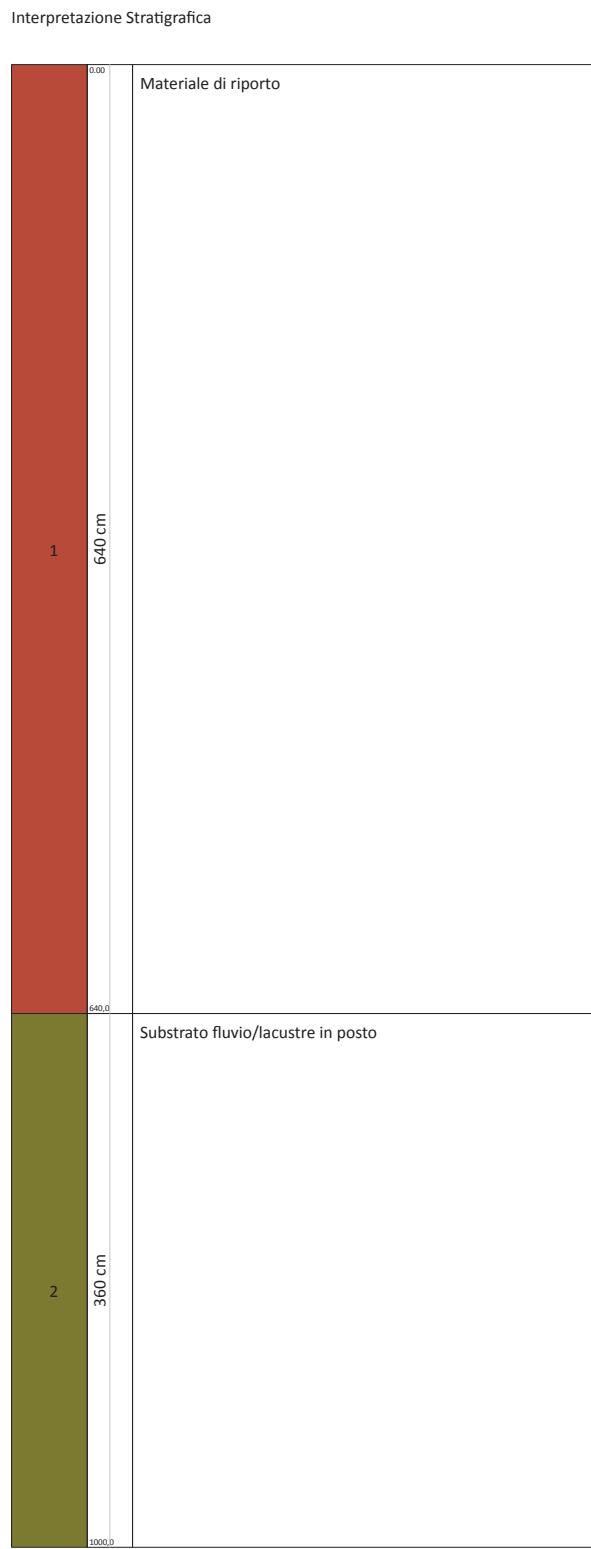
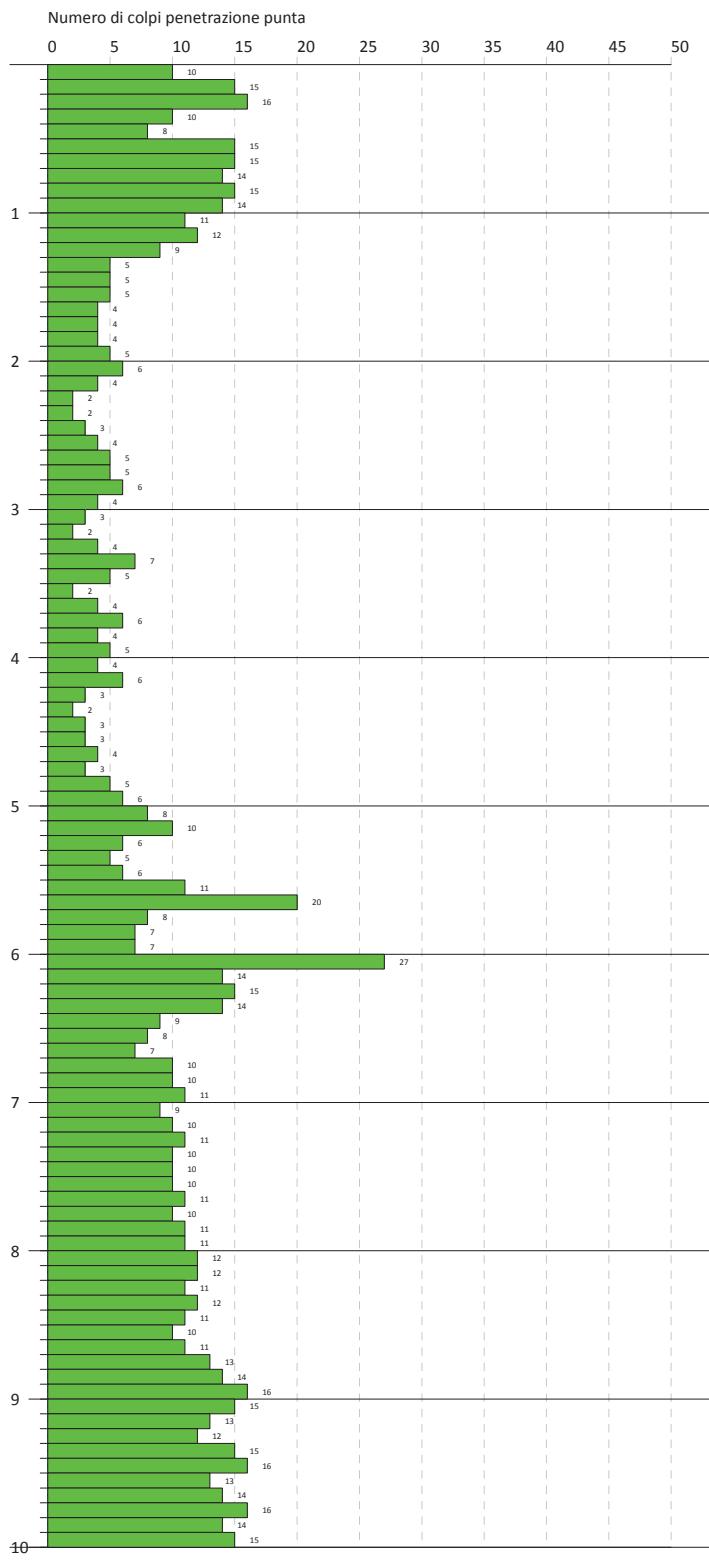
DOTT. GEOL. PERUZZI CHRISTIAN
Str. Torontola Cerrone 1C2
06132 Fontignano Perugia
Tel: 3395681834 email: geopri@hotmail.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: Comune di Deruta
Cantiere: Sistemazione topografica discarica
Località: Macchie - Deruta

Data: 20/07/2016

Scala 1:51



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Comune di Deruta
Cantiere: Sistemazione topografica discarica
Località: Macchie - Deruta

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,761
Rivestimento/fanghi	Si
Angolo di apertura punta	60 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

(DYNAMIC PROBING)

DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Prova Nr. 1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DPM (DL030 10) (Medium)
 20/07/2016
 10,00 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	10	0	0,857	28,61	33,40	1,43	1,67
0,20	15	0	0,805	40,31	50,09	2,02	2,50
0,30	16	0	0,803	42,89	53,43	2,14	2,67
0,40	10	0	0,851	28,41	33,40	1,42	1,67
0,50	8	0	0,849	22,68	26,72	1,13	1,34
0,60	15	0	0,797	39,92	50,09	2,00	2,50
0,70	15	0	0,795	39,83	50,09	1,99	2,50
0,80	14	0	0,793	37,09	46,75	1,85	2,34
0,90	15	0	0,792	37,63	47,54	1,88	2,38
1,00	14	0	0,790	35,04	44,37	1,75	2,22
1,10	11	0	0,838	29,21	34,86	1,46	1,74
1,20	12	0	0,836	31,80	38,03	1,59	1,90
1,30	9	0	0,835	23,80	28,52	1,19	1,43
1,40	5	0	0,833	13,20	15,85	0,66	0,79
1,50	5	0	0,831	13,17	15,85	0,66	0,79
1,60	5	0	0,830	13,14	15,85	0,66	0,79
1,70	4	0	0,828	10,49	12,68	0,52	0,63
1,80	4	0	0,826	10,47	12,68	0,52	0,63
1,90	4	0	0,825	9,95	12,06	0,50	0,60
2,00	5	0	0,823	12,41	15,08	0,62	0,75
2,10	6	0	0,822	14,86	18,09	0,74	0,90
2,20	4	0	0,820	9,89	12,06	0,49	0,60
2,30	2	0	0,819	4,94	6,03	0,25	0,30
2,40	2	0	0,817	4,93	6,03	0,25	0,30
2,50	3	0	0,816	7,38	9,05	0,37	0,45
2,60	4	0	0,814	9,82	12,06	0,49	0,60
2,70	5	0	0,813	12,25	15,08	0,61	0,75
2,80	5	0	0,811	12,23	15,08	0,61	0,75
2,90	6	0	0,810	13,98	17,25	0,70	0,86
3,00	4	0	0,809	9,30	11,50	0,47	0,58
3,10	3	0	0,807	6,96	8,63	0,35	0,43
3,20	2	0	0,806	4,64	5,75	0,23	0,29
3,30	4	0	0,805	9,26	11,50	0,46	0,58
3,40	7	0	0,803	16,17	20,13	0,81	1,01
3,50	5	0	0,802	11,53	14,38	0,58	0,72
3,60	2	0	0,801	4,61	5,75	0,23	0,29
3,70	4	0	0,800	9,20	11,50	0,46	0,58
3,80	6	0	0,798	13,77	17,25	0,69	0,86
3,90	4	0	0,797	8,76	10,99	0,44	0,55
4,00	5	0	0,796	10,94	13,74	0,55	0,69
4,10	4	0	0,795	8,74	10,99	0,44	0,55
4,20	6	0	0,794	13,09	16,49	0,65	0,82
4,30	3	0	0,793	6,53	8,24	0,33	0,41
4,40	2	0	0,791	4,35	5,50	0,22	0,27
4,50	3	0	0,790	6,52	8,24	0,33	0,41
4,60	3	0	0,789	6,51	8,24	0,33	0,41
4,70	4	0	0,788	8,66	10,99	0,43	0,55
4,80	3	0	0,787	6,49	8,24	0,32	0,41
4,90	5	0	0,786	10,34	13,16	0,52	0,66
5,00	6	0	0,785	12,40	15,79	0,62	0,79

5,10	8	0	0,784	16,51	21,05	0,83	1,05
5,20	10	0	0,783	20,61	26,32	1,03	1,32
5,30	6	0	0,782	12,35	15,79	0,62	0,79
5,40	5	0	0,781	10,28	13,16	0,51	0,66
5,50	6	0	0,780	12,32	15,79	0,62	0,79
5,60	11	0	0,779	22,55	28,95	1,13	1,45
5,70	20	0	0,728	38,33	52,63	1,92	2,63
5,80	8	0	0,777	16,36	21,05	0,82	1,05
5,90	7	0	0,776	13,72	17,67	0,69	0,88
6,00	7	0	0,775	13,70	17,67	0,69	0,88
6,10	27	0	0,675	45,98	68,16	2,30	3,41
6,20	14	0	0,724	25,58	35,34	1,28	1,77
6,30	15	0	0,723	27,37	37,87	1,37	1,89
6,40	14	0	0,722	25,52	35,34	1,28	1,77
6,50	9	0	0,771	17,52	22,72	0,88	1,14
6,60	8	0	0,770	15,56	20,20	0,78	1,01
6,70	7	0	0,770	13,60	17,67	0,68	0,88
6,80	10	0	0,769	19,41	25,25	0,97	1,26
6,90	10	0	0,768	18,63	24,26	0,93	1,21
7,00	11	0	0,767	20,47	26,68	1,02	1,33
7,10	9	0	0,766	16,73	21,83	0,84	1,09
7,20	10	0	0,766	18,57	24,26	0,93	1,21
7,30	11	0	0,765	20,41	26,68	1,02	1,33
7,40	10	0	0,764	18,54	24,26	0,93	1,21
7,50	10	0	0,763	18,52	24,26	0,93	1,21
7,60	10	0	0,763	18,50	24,26	0,93	1,21
7,70	11	0	0,762	20,33	26,68	1,02	1,33
7,80	10	0	0,761	18,47	24,26	0,92	1,21
7,90	11	0	0,761	19,53	25,68	0,98	1,28
8,00	11	0	0,760	19,52	25,68	0,98	1,28
8,10	12	0	0,759	21,27	28,02	1,06	1,40
8,20	12	0	0,759	21,25	28,02	1,06	1,40
8,30	11	0	0,758	19,46	25,68	0,97	1,28
8,40	12	0	0,757	21,21	28,02	1,06	1,40
8,50	11	0	0,757	19,43	25,68	0,97	1,28
8,60	10	0	0,756	17,65	23,35	0,88	1,17
8,70	11	0	0,755	19,40	25,68	0,97	1,28
8,80	13	0	0,705	21,39	30,35	1,07	1,52
8,90	14	0	0,704	22,18	31,50	1,11	1,58
9,00	16	0	0,703	25,33	36,00	1,27	1,80
9,10	15	0	0,703	23,72	33,75	1,19	1,69
9,20	13	0	0,702	20,54	29,25	1,03	1,46
9,30	12	0	0,752	20,30	27,00	1,01	1,35
9,40	15	0	0,701	23,66	33,75	1,18	1,69
9,50	16	0	0,701	25,22	36,00	1,26	1,80
9,60	13	0	0,700	20,47	29,25	1,02	1,46
9,70	14	0	0,699	22,03	31,50	1,10	1,58
9,80	16	0	0,699	25,16	36,00	1,26	1,80
9,90	14	0	0,698	21,23	30,40	1,06	1,52
10,00	15	0	0,698	22,72	32,57	1,14	1,63

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	0,36	0,71	0,25	0,23	0,56	0,66	0,51	0,86	0,29	0,19	0,71
[2] -	8,94	10,00	0,60	1,12	0,50	0,36	0,88	0,82	0,80	1,11	0,45	0,22	1,12

Substrato fluvio/lac ustre in posto													
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)	
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	Robertson (1983)	11,38
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	Robertson (1983)	17,88

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	26,11	85,35	59,83	71,13
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	41,02	--	92,98	111,75

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	45,04	56,90
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	82,41	89,40

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	Meyerhof ed altri	1,80
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	Meyerhof ed altri	1,93

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	Meyerhof ed altri	1,88
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	Meyerhof ed altri	2,12

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40		0
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00		0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	19,57	44,35	45,41	22,65
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	18,18	42,34	43,86	30,6

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza	Peck-Ha nson-Th ornburn- Meyerh	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerh of (1965)	Schmert mann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fu kuni (ROAD)	Japanes e National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
--	------	------------------------	-------------------------------------	--	------------------------	------------------	------------------	------------------------	-------------------------------------	-------------------------------	----------------------------	-------------------------------------	-------------	-------------------------

			falda	of 1956						BRIDG E SPECIFICATI				
[1] - Material e di riporto	5,69	6,40	5,69	28,63	21,63	29,59	29,01	31,96	0	<30	24,24	28,71	31,99	25,67
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	8,94	29,55	22,55	30,5	27,67	33,26	0	<30	26,58	29,68	32,43	28,37

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menz enbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	5,69	---	45,52	---	---	---
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	8,94	---	71,52	106,19	---	---

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sangler at (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	5,69	---	39,15	40,40	63,38
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	8,94	---	45,83	63,47	77,87

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	5,69	5,69	Classificazione A.G.I. 1977
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	8,94	8,94	Classificazione A.G.I. 1977

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	5,69	Meyerhof ed altri	1,57
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	8,94	Meyerhof ed altri	1,69

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Sastro (t/m ³)
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	5,69	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	8,94	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	5,69	(A.G.I.)	0,34
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	8,94	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	5,69	333,21	361,65
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	8,94	509,53	476,63

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	5,69	Ohta & Goto (1978) Limi	115,68
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	8,94	Ohta & Goto (1978) Limi	149,99

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	5,69		---
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	8,94		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Materiale di riporto	5,69	6,40	5,69		---
[2] - Substrato fluvio/lacustre in posto	8,94	10,00	8,94		---

RELAZIONE DI CALCOLO

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

- (a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
- (b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;

n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i

$(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;

n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;

$(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ; una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

mentre le equazioni a disposizione sono:

Equazioni di equilibrio dei momenti n

Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n

Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n

Equazioni relative al criterio di rottura n

Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di FELLENIUS (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

n valori delle forze normali N_i ;

n valori delle forze da taglio T_i ;

1 fattore di sicurezza.

Incognite $(2n+1)$

Le equazioni a disposizione sono:

n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;

n equazioni relative al criterio di rottura;

1 equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\Sigma F_V = 0, \Sigma M_0 = 0, \text{ Criterio di rottura.}$$

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di *Bishop* a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{corretto} = f_o F$$

dove f_o è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

Metodo di BELL (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da *Taylor*.

In accordo con la legge della resistenza di *Mohr-Coulomb* in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell'i-esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \phi_i}{F}$$

in cui

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell'i-esimo concio;

ϕ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell'i-esimo concio;

L_i = la lunghezza della base dell'i-esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell'i-esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$W_i \cos \alpha_i / L_i$ = valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci.

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

Dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i-esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno K_z g può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F , sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 .

Si assume una relazione di linearità tra detto coefficiente, determinabile tramite la regola di Cramer, ed il fattore di sicurezza F . Il corretto valore di F può essere ottenuto dalla formula di interpolazione lineare:

$$F = F(2) + \left(\frac{1 - C_3(2)}{C_3(2) - C_3(1)} \right) (F(2) - F(1))$$

dove i numeri in parentesi (1) e (2) indicano i valori iniziale e successivo dei parametri F e C_3 .

Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di SARMA (1973)

Il metodo di **Sarma** è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_c) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$\begin{aligned} N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i &= W_i - \Delta X_i \\ T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i &= K W_i + \Delta E_i \end{aligned}$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\begin{aligned} \sum \Delta E_i &= 0 \\ \sum \Delta X_i &= 0 \end{aligned}$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i -esima del concio generico i .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel metodo di **Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:

$$\begin{aligned} * \sum \Delta X_i \cdot \tan(\psi_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i &= \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i \\ ** \sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \tan(\psi_i - \alpha') + (x_i - x_G)] &= \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G) \end{aligned}$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di K (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione K corrispondente al fattore di sicurezza $F = 1$, ossia l'*accelerazione critica*.

Si ha pertanto:

$K = K_c$ *accelerazione critica se F = 1*

$F = F_s$ *fattore di sicurezza in condizioni statiche se K = 0*

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F_s , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di SPENCER

Il metodo è basato sull'assunzione:

Le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ . tutti i momenti sono nulli $M_i = 0 \quad i=1....n$

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$.

Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$\sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha) \frac{\operatorname{tg} \alpha}{F_s} - W \operatorname{sen} \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg}(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum (Q_i \cos \theta) = 0 \quad \sum (Q_i \operatorname{sen} \theta) = 0$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$\sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia $F_{sm} = F_{sf}$.

Metodo di MORGENSTERN e PRICE

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione

della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione f(x) è scelta arbitrariamente (costante, sinusoide, semisinusoide, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E, X, il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutre alla base dU.

Si ottiene la cosiddetta “equazione delle forze”:

$$\begin{aligned} c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \operatorname{tg} \varphi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) = \\ = \frac{dE}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right) \end{aligned}$$

Una seconda equazione, detta “equazione dei momenti”, viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento. Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$\begin{aligned} F_H &= K_o \cdot W \\ F_V &= K_v \cdot W \end{aligned}$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_o : Coefficiente sismico orizzontale

K_V : Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2018** calcolano i coefficienti K_O e K_V in dipendenza di vari fattori:

$$K_O = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_V = \pm 0,5 \times K_O$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1-PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Lat./Long.	42,968933/12,413536
Normativa	NTC 2018 [A2+M2+R2]
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	36,15 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	205,67 m
Ascissa vertice destro superiore xs	61,68 m
Ordinata vertice destro superiore ys	224,58 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,58	2,5	0,27
S.L.D.	50,0	0,73	2,49	0,28
S.L.V.	475,0	1,7	2,44	0,31
S.L.C.	975,0	2,11	2,47	0,32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,044	0,2	0,0213	0,0106
S.L.D.	1,314	0,2	0,0268	0,0134
S.L.V.	2,9502	0,24	0,0722	0,0361
S.L.C.	3,497	0,28	0,0999	0,0499

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0213

Coefficiente azione sismica verticale 0,0106

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	11,0	188,5
2	18,5	182,0
3	20,0	180,0
4	21,0	180,0
5	23,0	182,0
6	31,5	188,5
7	33,5	188,5
8	34,8	187,94
9	92,71	206,5

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	11,0	179,45
2	21,51	180,14
3	31,34	180,78
4	46,51	181,74
5	63,82	183,02
6	82,84	184,73
7	90,53	185,69
8	92,71	185,97

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	11,0	188,5
2	18,5	182,0
3	18,5	182,0
4	18,5	182,0
5	20,0	180,0
6	21,0	180,0
7	23,0	182,0
8	33,5	182,5
9	33,67	182,53
10	43,3	184,46
11	67,26	190,72
12	75,27	193,09
13	79,5	194,5
14	86,5	198,5
15	92,71	206,5
16	92,71	206,5

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	11,0	188,5
2	18,5	182,0
3	18,5	182,0
4	18,5	182,0
5	20,0	180,0
6	20,38	180,0
7	31,5	188,5
8	33,5	188,5
9	42,95	184,39
10	55,28	187,59
11	67,26	190,72
12	77,38	193,79
13	79,5	194,5
14	86,5	198,5
15	92,71	206,5
16	92,71	206,5

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0,05		24	1800,00			
2	0,05		28	1850			
3	1		31	1900			

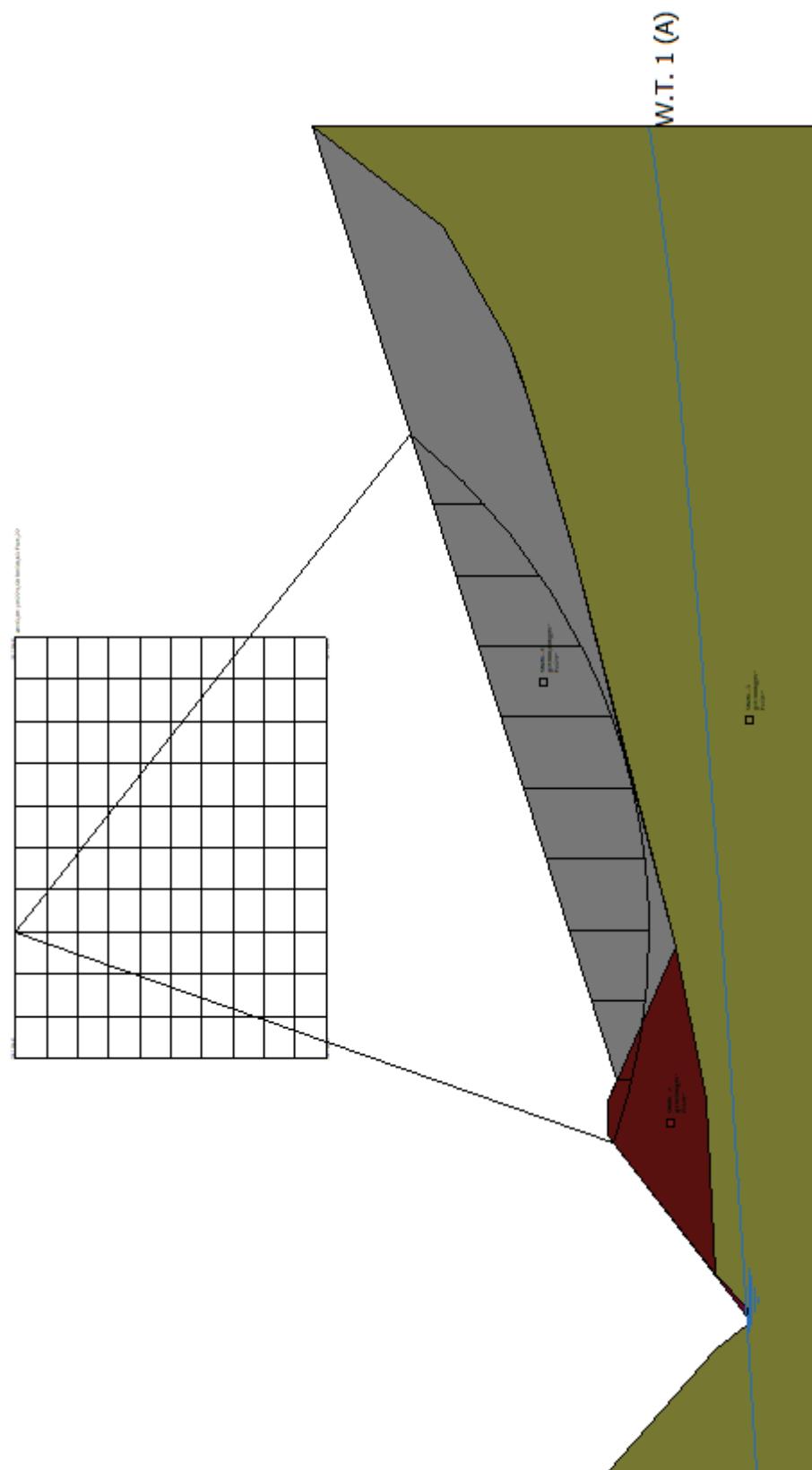
Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,1
Ascissa centro superficie	43,81 m
Ordinata centro superficie	224,58 m
Raggio superficie	38,63 m

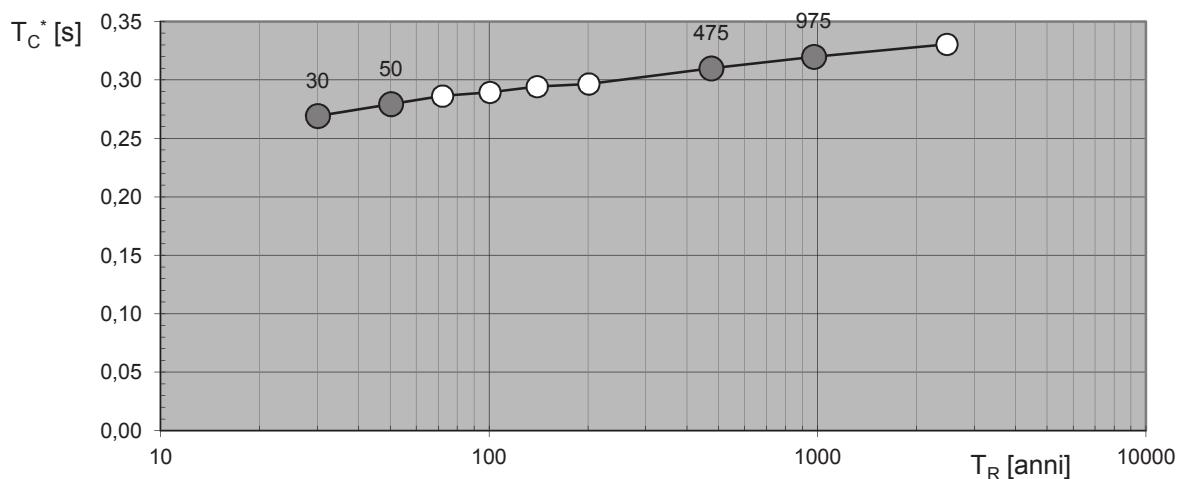
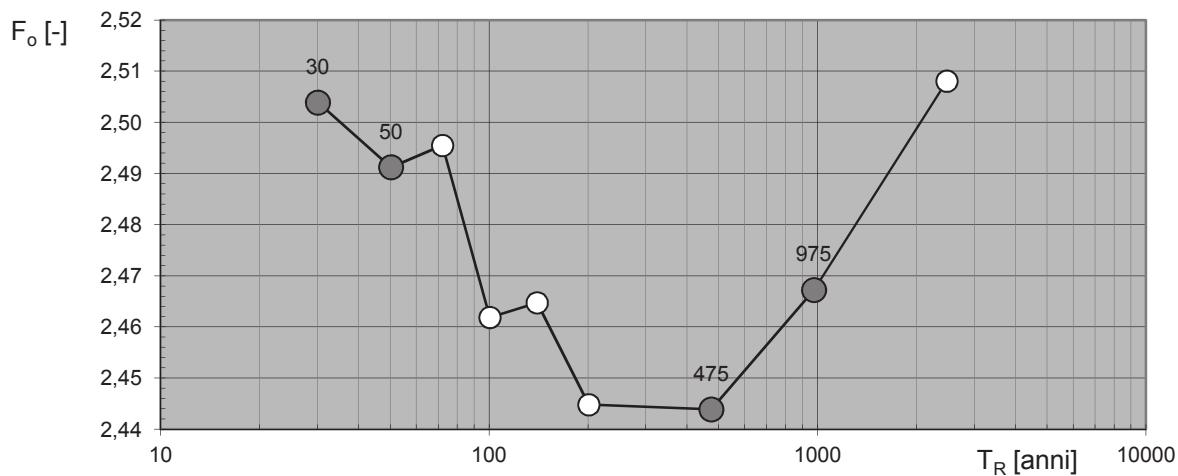
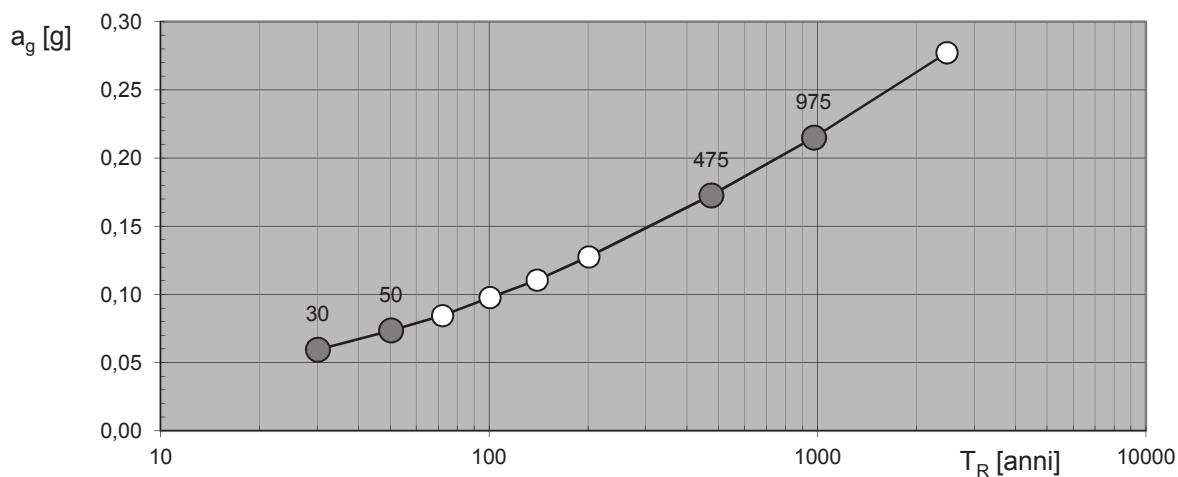
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 43,81 yc = 224,582 Rc = 38,628 Fs=1,217

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,78	-16,4	3,94	5883,0	125,31	62,36	0,04	19,6	0,0	5738,6	-1541,7
2	4,82	-9,9	4,8918280,58	389,38	193,77	0,04	19,6	0,0	18268,4	0,0	-2745,4
3	4,3	-3,0	4,3132233,72	686,58	341,68	0,04	19,6	0,0	32566,1	0,0	-1019,6
4	4,3	3,4	4,3142807,31	911,8	453,76	0,04	19,6	0,0	43133,3	0,0	3418,4
5	4,3	9,8	4,3649644,84	1057,44	526,24	0,04	19,6	0,0	49260,2	0,0	9485,8
6	4,3	16,4	4,4852596,88	1120,31	557,53	0,04	19,6	0,0	50687,7	0,0	15886,7
7	4,3	23,2	4,6851336,51	1093,47	544,17	0,04	19,6	0,0	47272,4	0,0	21189,8
8	4,3	30,3	4,9845280,67	964,48	479,98	0,04	19,6	0,0	39014,9	0,0	23691,0
9	4,3	38,1	5,4633410,61	711,65	354,15	0,04	19,6	0,0	26142,2	0,0	21162,7
10	4,3	46,8	6,2813822,77	294,43	146,52	0,04	19,6	0,0	9350,2	0,0	10276,0

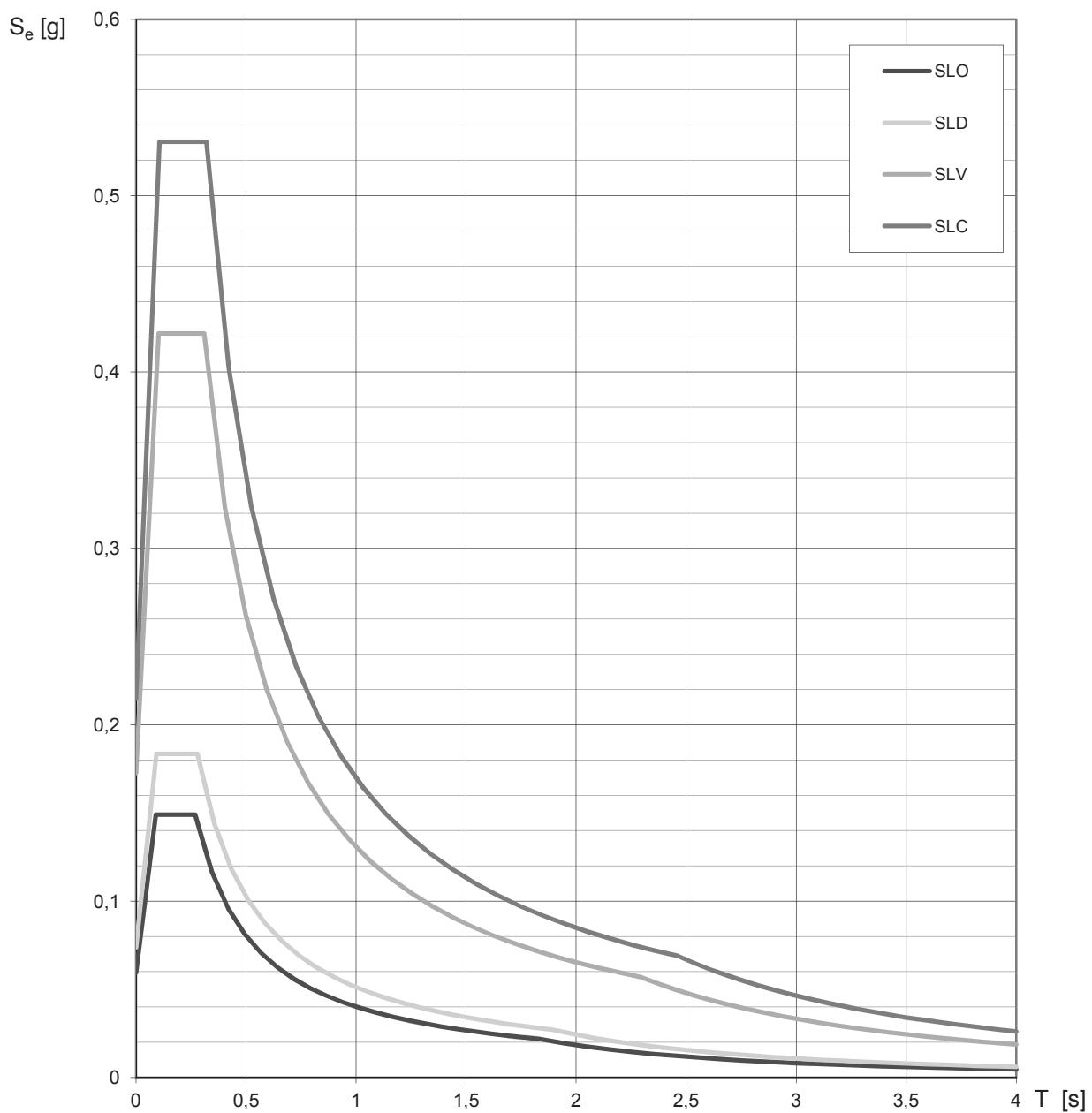


Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



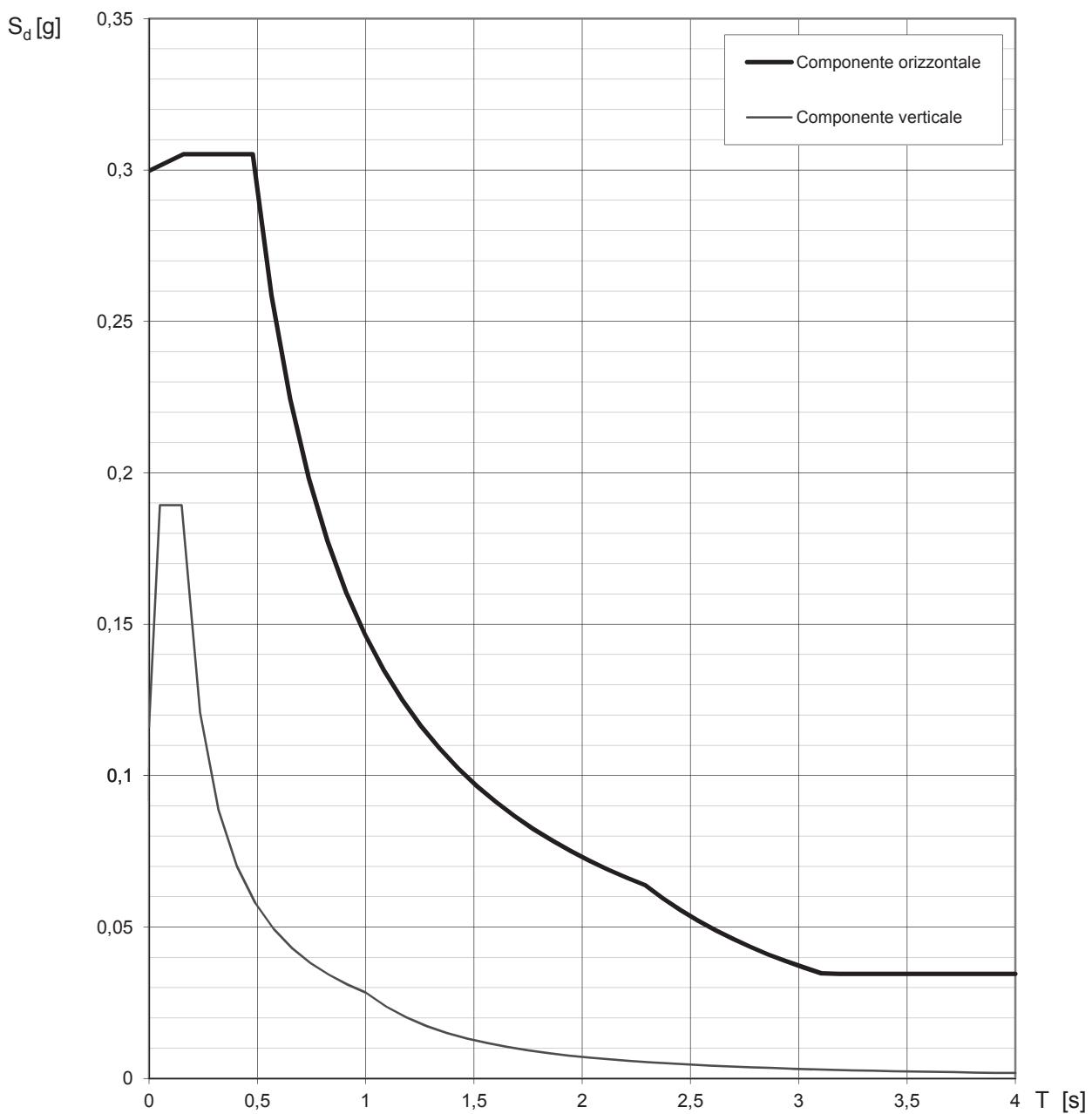
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,060	2,504	0,269
SLD	50	0,074	2,491	0,279
SLV	475	0,173	2,444	0,310
SLC	975	0,215	2,467	0,320

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,173 g
F_o	2,444
T_c^*	0,310 s
S_S	1,447
C_C	1,546
S_T	1,200
q	2,400

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,300
0,160	0,305
0,479	0,305
0,565	0,259
0,651	0,224
0,738	0,198
0,824	0,177
0,910	0,161
0,997	0,147
1,083	0,135
1,169	0,125
1,255	0,116
1,342	0,109
1,428	0,102
1,514	0,097
1,600	0,091
1,687	0,087
1,773	0,082
1,859	0,079
1,945	0,075
2,032	0,072
2,118	0,069
2,204	0,066
2,290	0,064
2,372	0,060
2,453	0,056
2,535	0,052
2,616	0,049
2,698	0,046
2,779	0,043
2,860	0,041
2,942	0,039
3,023	0,037
3,105	0,035
3,186	0,035
3,267	0,035
3,349	0,035
3,430	0,035
3,512	0,035
3,593	0,035
3,674	0,035
3,756	0,035
3,837	0,035
3,919	0,035
4,000	0,035

Parametri dipendenti

S	1,736
η	0,417
T_B	0,160 s
T_C	0,479 s
T_D	2,290 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell'

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV
Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,097 g
S_S	1,000
S_T	1,200
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,371
S	1,200
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,116
0,050	0,189
0,150	0,189
0,235	0,121
0,320	0,089
0,405	0,070
0,490	0,058
0,575	0,049
0,660	0,043
0,745	0,038
0,830	0,034
0,915	0,031
1,000	0,028
1,094	0,024
1,188	0,020
1,281	0,017
1,375	0,015
1,469	0,013
1,563	0,012
1,656	0,010
1,750	0,009
1,844	0,008
1,938	0,008
2,031	0,007
2,125	0,006
2,219	0,006
2,313	0,005
2,406	0,005
2,500	0,005
2,594	0,004
2,688	0,004
2,781	0,004
2,875	0,003
2,969	0,003
3,063	0,003
3,156	0,003
3,250	0,003
3,344	0,003
3,438	0,002
3,531	0,002
3,625	0,002
3,719	0,002
3,813	0,002
3,906	0,002
4,000	0,002

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.