

Città Metropolitana
di Firenze

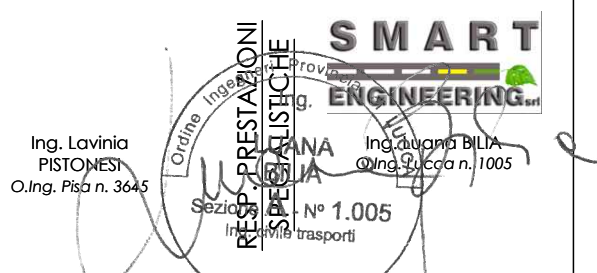
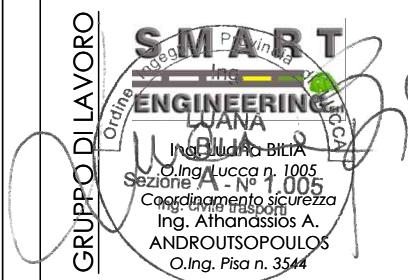
ACCORDO QUADRO PER SERVIZI DI
INGEGNERIA RELATIVI A NUOVE OPERE E
MANUTENZIONE DEL PATRIMONIO STRADALE
DI PROPRIETÀ E IN GESTIONE ALLA
CITTÀ METROPOLITANA DI FIRENZE
Lotto 3 - Empolese e Valdelsa

S.P. 72 km 7+400
INTERVENTI DI REGOLAZIONE
IDRICA STRADALE

Progetto Definitivo


RELAZIONE GEOTECNICA

NOME FILE						SCALA	DATA	ELABORATO N.
2422	DXX	GEO	002	A	—		AGOSTO 2022	2.1.2
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE				REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	AGOSTO 2022	Emissione				ANDROUTSOPOULOS	ANDROUTSOPOULOS	BILIA



Responsabile Unico del Procedimento
Dott. Arch. Riccardo Maurri

Direttore dell'Esecuzione del Contratto
Dott. Ing. Luigi Mastroiaco

	<p>AQ servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione patrimonio stradale di proprietà e in gestione a CMF – Lotto 3 S.P. 72 km 7+400 Interventi di regolazione idrica stradale PROGETTO DEFINITIVO</p>	<p>Relazione geotecnica</p>
--	---	---------------------------------

Sommario

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO	6
3.1	Quadro geologico	6
3.2	Quadro geomorfologico	9
3.3	Quadro Idrogeologico	12
3.4	Sismicità	13
4	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	16
5	CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	18
6	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	19
7	VERIFICA ALLE LIQUEFAZIONE	21
8	VERIFICHE DI STABILITA'	22
8.1	Premessa	22
8.2	Criteri di verifica	22
8.3	Metodologia di calcolo	22
8.3.1	Metodo dell'equilibrio limite (LEM).....	22
8.3.2	Metodo dei conci	23
8.3.3	Metodo di Morgenstern e Price (1965).....	24
8.4	Sezioni analizzate.....	25
	ALLEGATO – REPORT DI CALCOLO VERIFICHE DI STABILITA'	26



1 PREMESSA

La presente relazione viene redatta in conformità all'art. 23, comma 7, del D.Lgs 50/2016 e rappresenta la relazione geotecnica del progetto definitivo relativo agli interventi di regolazione idrica stradale al km 7+400 della S.P. 72, nel Comune di Lastra a Signa nella Città Metropolitana di Firenze.

Per una corretta individuazione del sito (Lat. 43.713195°, Long. 11.068069°), si riporta in Figura 1 un'immagine satellitare e in Figura 2 la cartografia dell'area interessata.

La S.P. 72 si sviluppa in territorio collinare e presenta un andamento plano-altimetrico vario; il tratto di intervento è caratterizzato dalla presenza di un sistema di regimazione delle acque meteoriche poco efficiente con la conseguenza che le stesse giungono nei recapiti posti a valle in modo non controllato.

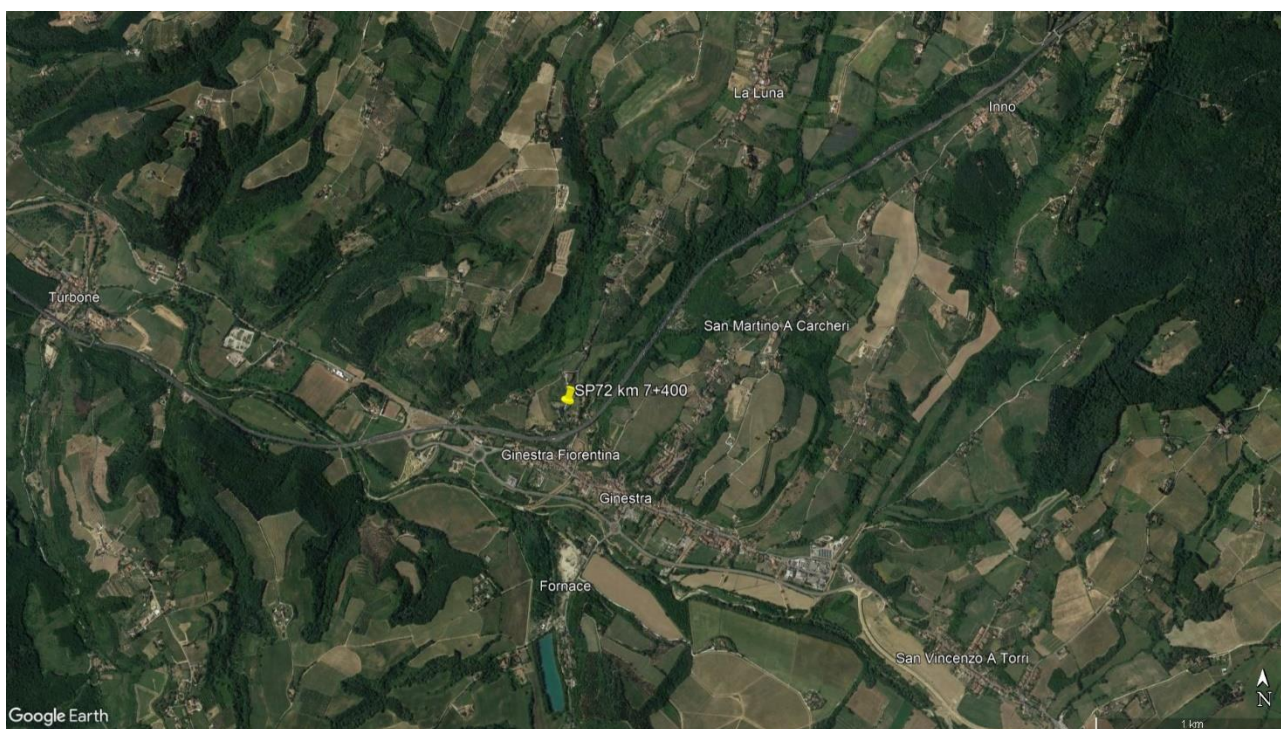


Figura 1: Inquadramento - Immagine satellitare

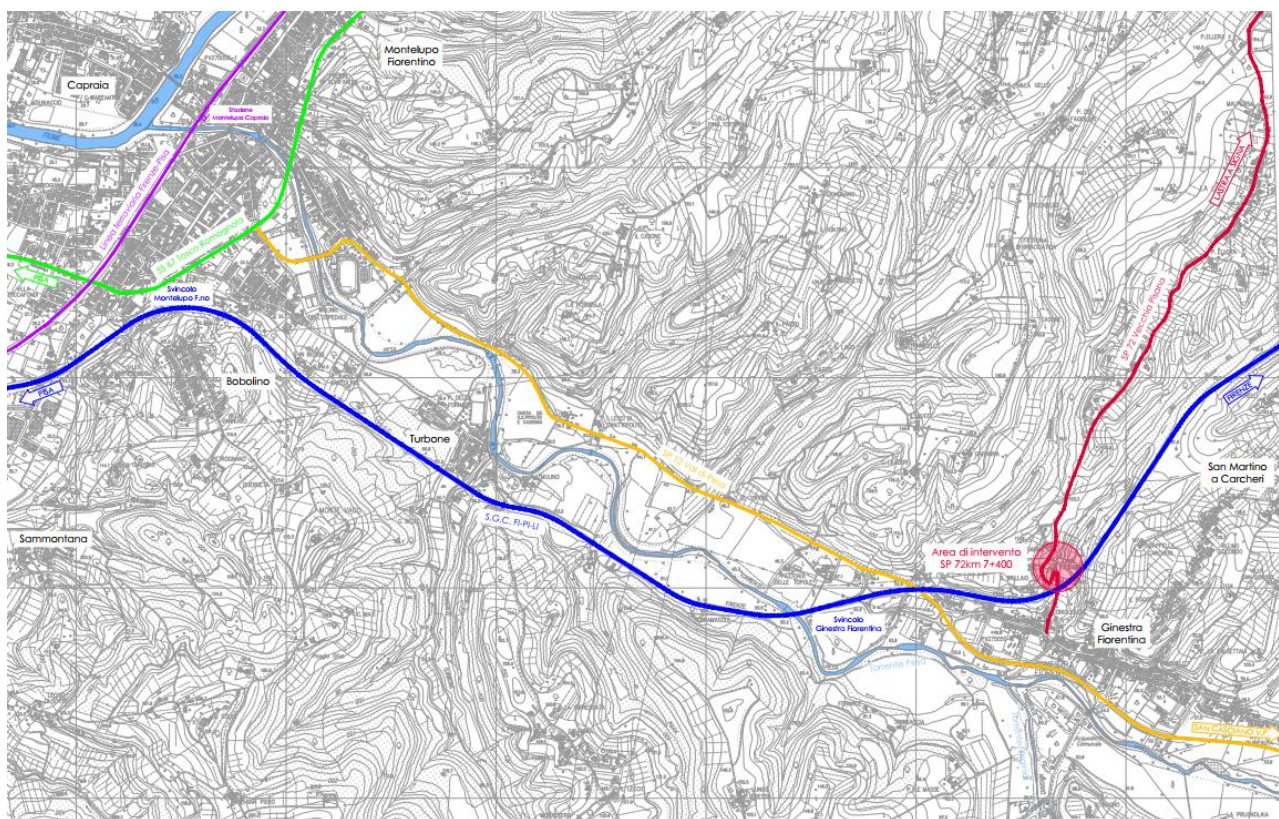



Figura 2: Inquadramento - Corografia

	<p>AQ servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione patrimonio stradale di proprietà e in gestione a CMF – Lotto 3 S.P. 72 km 7+400 Interventi di regolazione idrica stradale PROGETTO DEFINITIVO</p>	<p>Relazione geotecnica</p>
---	---	---------------------------------

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda gli aspetti contrattuali, si è fatto riferimento ai seguenti riferimenti legislativi:

- D. Lgs. n° 50 del 18 Aprile 2016 “Codice dei contratti pubblici”
- D.P.R. n° 207 del 5 Ottobre 2010 “Regolamento di esecuzione ed attuazione del D.Lgs. 12 aprile 2006, n. 163”
- D.L. n° 32 del 18 Aprile 2018 “Disposizioni urgenti per il rilancio del settore dei contratti pubblici, per l’accelerazione degli interventi infrastrutturali, di rigenerazione urbana e di ricostruzione a seguito di eventi sismici”

Per ciò che concerne la progettazione stradale, gli attuali riferimenti normativi (Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” (DM 05/11/2001, prot. n. 6792) non sono da considerarsi cogenti per il fatto che, per quanto previsto dall’Art.4 (“Ove si proceda ad interventi riguardanti la rettifica di strade esistenti per tratti di estesa limitata, il rispetto delle presenti norme, previa idonea sistemazione delle zone di transizione, è condizionato alla circostanza che detto adeguamento non determini pericolose ed inopportune discontinuità”), è esclusa l’applicazione della norma in questione nel caso si sia in presenza di interventi su viabilità esistenti per tratti di estensione limitata come quello in oggetto.

Tutto ciò premesso il progettista ha comunque ritenuto di considerare i contenuti delle succitate norme come riferimento, ove possibile, per una corretta progettazione.


È stato inoltre fatto riferimento alle seguenti normative sulla sicurezza stradale:

- D.L. n° 285 del 30 Aprile 1992 “Nuovo Codice della Strada”
- D.P.R. n° 495 del 16 Dicembre 1992 “Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada”
- D.M. Infr. e Trasp. del 22 Aprile 2004 “Modifica del decreto 5 novembre 2001, n° 6792, recante ‘Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade”
- D.M. Infr. e Trasp. del 21 Giugno 2004 “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale”
- D.M. Infr. e Trasp. del 25 Agosto 2004 “Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”

Per quanto concerne gli aspetti ambientali, si è fatto riferimento alle seguenti normative:


- D. Lgs. n° 152 del 3 Aprile 2006 “Norme in materia ambientale”
- D. Lgs. n° 4 del 16 Gennaio 2008 “Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D. Lgs. 3 Aprile 2006, n° 152, recante norme in materia ambientale”
- D.M. Amb. del 27 Settembre 2010 “Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti del decreto del Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio 3 agosto 2005”
- D.M. Amb. del 24 Giugno 2015 “Modifica del decreto 27 Settembre 2010, relativo alla definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica”

La progettazione e verifica strutturale degli interventi sono state condotte ai sensi del DM Infr. e Trasp. 17 Gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” e della relativa “Circolare Esplicativa 21 Gennaio 2019 n° 7/C.S.LL.PP.”.

	<p>AQ servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione patrimonio stradale di proprietà e in gestione a CMF – Lotto 3 S.P. 72 km 7+400 Interventi di regolazione idrica stradale PROGETTO DEFINITIVO</p>	<p>Relazione geotecnica</p>
--	---	---------------------------------

Per quanto non specificato nel DM Infrastrutture 17 gennaio 2018 è stato fatto riferimento ad altre normative di comprovata affidabilità ed in particolare:

- D.M. del 9 Gennaio 1996 “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”
- Circ. Min. LL.PP. del 15 Ottobre 1996, n. 252 AA.GG./S.T.C. “Istruzioni per l'applicazione delle ‘Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al D.M. 9 Gennaio 1996”
- D.M. del 16 Gennaio 1996 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”
- Circ. Min. LL.PP. del 4 Luglio 1996, n. 156 AA.GG./S.T.C “Istruzioni per l'applicazione delle ‘Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi’ di cui al decreto ministeriale 16 Gennaio 1996”
- “Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive” del Febbraio 2008 - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale
- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1
- UNI EN 1992-1-1:2005 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici”
- D.M. del 11 Marzo 1988: “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 ed il collaudo delle opere di fondazione”
- Circolare LL.PP. n° 30483 del 24 Settembre 1988: “Istruzioni 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”

	<p>AQ servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione patrimonio stradale di proprietà e in gestione a CMF – Lotto 3 S.P. 72 km 7+400 Interventi di regolazione idrica stradale PROGETTO DEFINITIVO</p>	<p>Relazione geotecnica</p>
--	---	---------------------------------

3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

3.1 Quadro geologico

L'area di intervento, posta lungo la SP 72, si trova pressoché alle pendici de rilievi collinari presenti a Nord di Ginestra Fiorentina e che delimitano la piana alluvionale del torrente Pesa.

Sotto il profilo geologico l'area di indagine è caratterizzata da depositi alluvionali Pleistocenici, costituiti da alternanze sub-orizzontali tra Facies argillose, sabbiose e ciottoloso-sabbiose.

Nella figura di seguito si riporta uno stralcio della carta geologica estratta dagli studi geologici di supporto al Piano Strutturale del comune di Lastra a Signa, con la relativa legenda.

In particolare, come mette in evidenza la suddetta carta nell'area affiorano, dal più recente al più antico, i seguenti termini formazionali:

DEPOSITI QUATERNARI

- Depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (**bn**)

Si tratta di depositi di piana alluvionale, costituiti prevalentemente da ciottolati in matrice limoso-sabbiosa, ghiaie, sabbie e limi talora variamente pedogenizzati.

- Depositi eluvio-colluviali (**b2a**)

Si tratta di depositi costituiti da elementi eterometrici a granulometria minore del detrito di versante, in abbondante matrice sabbioso-limosa, derivanti dall'alterazione del substrato ed accumulati in posto dopo breve trasporto per ruscellamento e per gravità.

DEPOSITI DEL PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE

- Depositi alluvionali terrazzati (**bnb**)

Ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali. Si tratta di depositi alluvionali terrazzati caratterizzati dalla presenza, in successione stratigrafica, di alternanze di ghiaie, sabbie e limi. Tali depositi si trovano morfologicamente sopraelevati rispetto all'attuale alveo dei corsi fluviali (Pleistocene medio – Pleistocene superiore).

DEPOSITI CONTINENTALI RUSCINIANI E VILLAFRANCHIANI

- Limi argilloso-sabbiosi e argille limoso sabbiose (**VILh**) (Rusciniano-Villafranchiano).

Limi e argille limose da giallastre a grigio azzurre, generalmente massive, contenenti arricchimenti di sostanza organica e sparsi molluschi polmonati.

- Sabbie e conglomerati (**VILe**) (Rusciniano-Villafranchiano)


Ciottoli polimodali a tessitura prevalentemente clasto-sostenuta con abbondante matrice sabbioso-limosa e subordinate sabbie medio-grossolane, talora a laminazione piana o inclinata.

- Sabbie e sabbie argillose (**VILb**) (Rusciniano-Villafranchiano)

Sabbie medio-fini e limi sabbioso argillosi giallastri massivi, talora laminati piani, di ambiente alluvionale.

- Conglomerati (**VILa**) (Rusciniano-Villafranchiano)

<p>Nome file: 2422DXXGEO002A_Relazione geotecnica.docx</p>				<p>Ing. Lavinia PISTONESI</p>	<p>6/26</p>
--	---	---	--	-----------------------------------	-------------

	<p>AQ servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione patrimonio stradale di proprietà e in gestione a CMF – Lotto 3</p> <p>S.P. 72 km 7+400</p> <p>Interventi di regolazione idrica stradale</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>	<p>Relazione geotecnica</p>
--	---	--

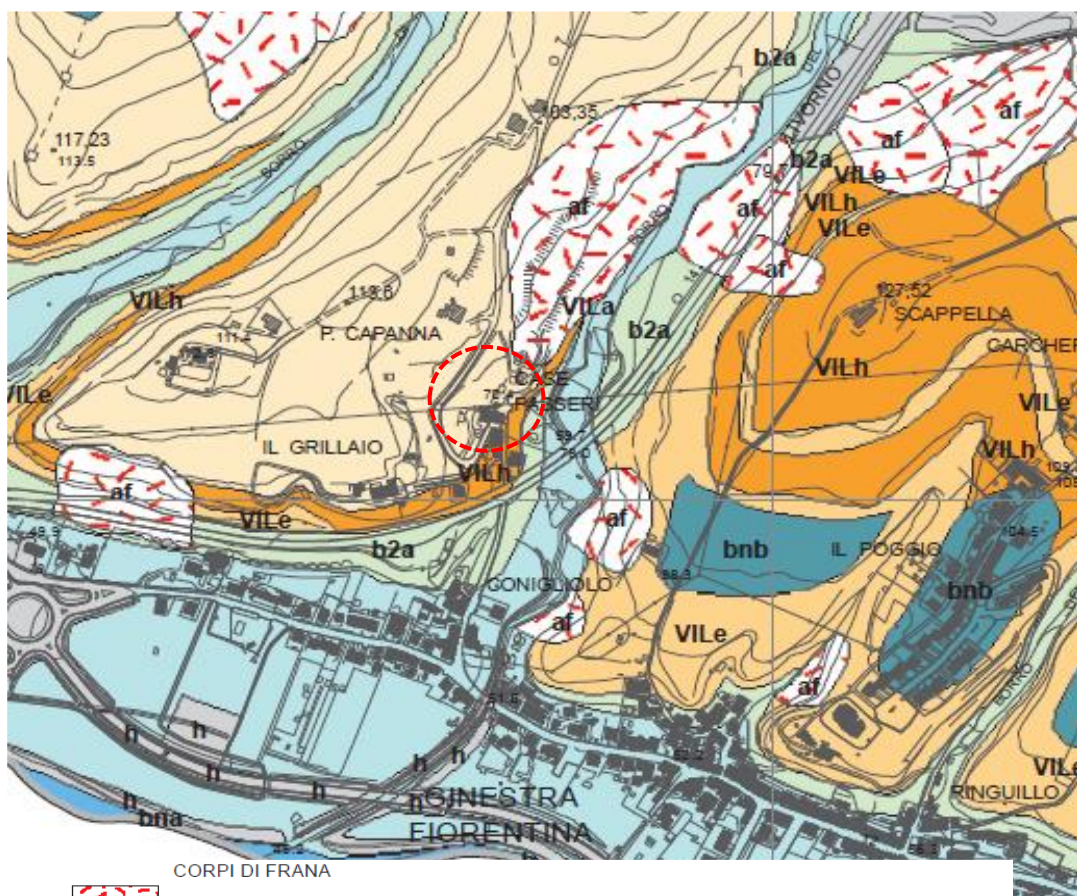
Ciottoli polimodali a tessitura prevalentemente clasto-sostenuta con abbondante matrice sabbioso-limosa e subordinate sabbie medio-grossolane, talora a laminazione piana o inclinata.

Il quadro geologico dell'area in cui ricade l'intervento, con la distribuzione delle formazioni sopra descritte è illustrato dalla carta di Figura 3.

Con riferimento alla ristretta area interessata dagli interventi, i terreni presenti sono da associare ai depositi plioleistocenici fluvio-lacustri di età villafranchiana e rusciniana.

Sotto il profilo geostratigrafico tali depositi sono caratterizzati da variazioni laterali e verticali di facies litologica; i passaggi di facies, sia laterali che verticali, sono in genere graduali. Questo tipo di deposizione è del tutto in linea con il contesto ambientale deposizionale originari dei depositi che caratterizzano l'area.

In genere, a prevalere in profondità sono le Facies ghiaioso sabbiose, caratterizzate, come hanno mostrato indagini geofisiche eseguite nell'area, da elevati valori di resistività, mentre in superficie a prevalere sono le Facies sabbiose e argilloso-limose.



CORPI DI FRANA



(af) Accumuli franosi

DEPOSITI QUATERNARI

Depositi Olocenici



(b) Depositi alluvionali attuali

Depositi dei letti fluviali, soggetti ad evoluzione, con ordinari processi fluviali; sabbie, limi e ghiaie e depositi prevalentemente limoso-sabbiosi per le piane alluvionali minori.



(bna) Depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati

Depositi dei letti fluviali, soggetti ad evoluzione, con ordinari processi fluviali; sabbie, limi e ghiaie e depositi prevalentemente limoso-sabbiosi per le piane alluvionali minori.



(b2a) Depositi eluvio-colluviali

Materiale con elementi eterometrici prevalentemente fini in abbondante matrice sabbioso-limosa, derivanti dall'alterazione del substrato ed accumulati in posto o dopo breve trasporto per ruscellamento. Olocene

Depositi del Pleistocene medio superiore



(bnb) Depositi alluvionali terrazzati

Ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali.

DEPOSITI CONTINENTALI RUSCINIANI E VILAFRANCHIANI



(VILh) Limi argilloso-sabbiosi ed argille limoso sabbiose

Limi e argille limose da giallastre a grigio azzurre massicce contenenti arricchimenti di sostanza organica e sparsi molluschi polmonati. Rusciniense-Villafrañchiano



(VILe) Sabbie e conglomerati

Ciotoli polimodali a tessitura prevalentemente clasto-sostenuta con abbondante matrice sabbiosa-limosa e subordinate sabbie medio-grossolane, talora a laminazione piana o inclinata. Rusciniense-Villafrañchiano



(VILb) Sabbie e sabbie argillose

Sabbie medio-fini e limi sabbioso-argillosi giallastri massicci, talora laminati piani, di ambiente alluvionale. Rusciniense-Villafrañchiano



(VILa) Conglomerati

Ciotolami polimodali a tessitura clasto-sostenuta con abbondante matrice sabbioso-limosa in strati decimetrici-metrici tabulari amalgamati, massicci, di ambiente alluvionale. Rusciniense-Villafrañchiano

Figura 3 – Carta Geologica (da P.S. Comune di Lastra a Signa)



3.2 Quadro geomorfologico

L'area, che si sviluppa ad una quota sul livello mare compresa tra gli 80 e i 60 metri sul l.m., mostra una morfologia mediamente dolce accanto a zone dalla morfologia decisamente più acclive; queste differenze sono da mettere probabilmente in relazione alla diversa natura dei depositi che possono passare da argillosi limosi a localmente ghiaiosi sabbiosi.

Come emerge dagli studi geologici di supporto al Piano Strutturale del comune di Lastra a Signa, l'intervento si sviluppa su un'area che appare marginalmente interessata da alcune fragilità. La Carta Geomorfologica di Figura 4 (estratta da P.S. come di Lastra a Signa) evidenzia, in aree limitrofe a quella di intervento, zone soggette a erosione superficiale, in particolare immediatamente a monte della strada provinciale, e aree, immediatamente a nord est, interessate da fenomeni gravitativi attivi.

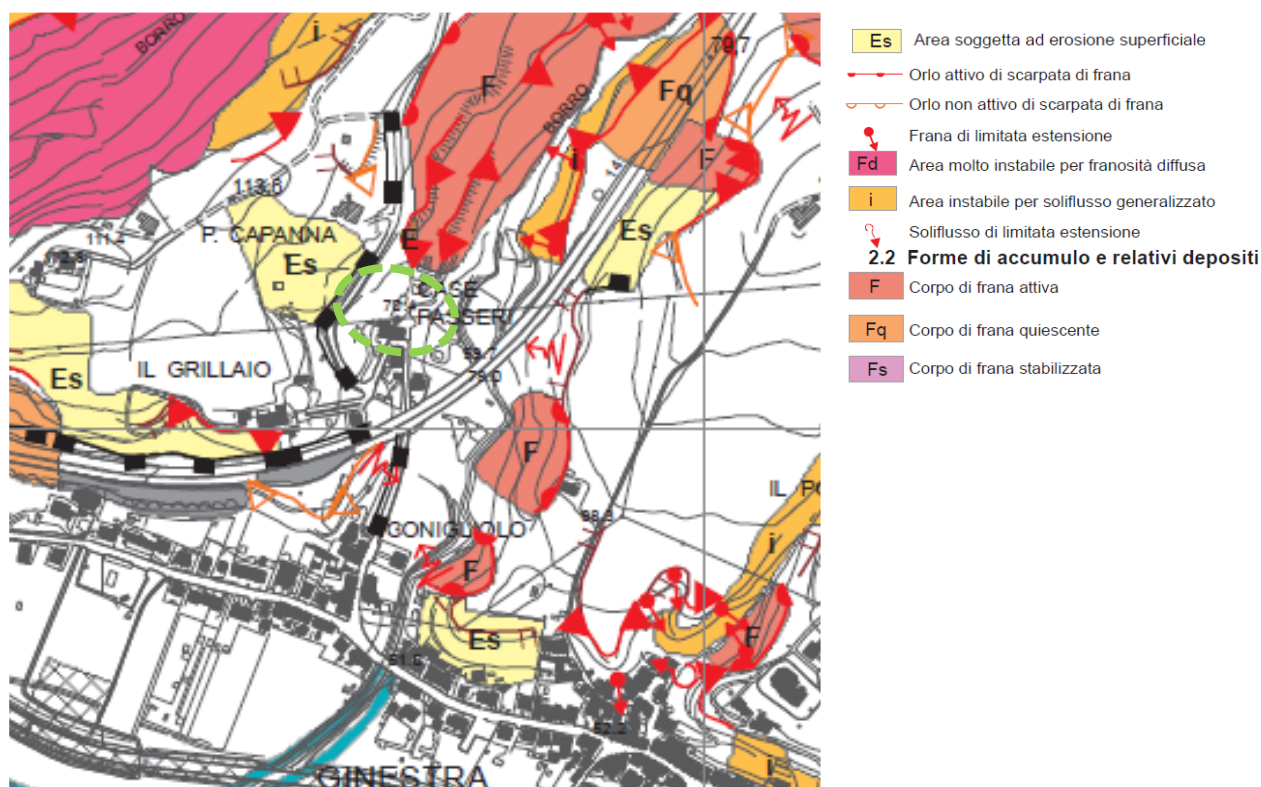


Figura 4 - Carta Geomorfologica (da P.S. Comune di Lastra a Signa)

Le carte di pericolosità allegata al citato piano evidenziano quindi un quadro che tende a sottolineare tali elementi di fragilità. Più in particolare la Carta della Pericolosità (ai sensi del DGRT 53/R), Figura 5, evidenzia come lo sviluppo della condotta andrà ad interessare prevalentemente zone classificate a pericolosità geomorfologica 2 e solo in un tratto interferirà con una zona in classe di pericolosità 3. Anche la carta della pericolosità dell'ex PAI in effetti evidenzia pericolosità medio bassa, Figura 6.

L'elemento idrografico di maggiore rilievo sull'area è rappresentato dal T.te Pesa che tuttavia scorre ben lontano dall'area di intervento. Immediatamente ad est e a valle dell'area è tuttavia presente il Borro del Grillaio, un limitato rio affluente del Pesa, il cui alveo scorre tuttavia a quota morfologica decisamente più bassa. Sotto il profilo del rischio idraulico l'area non presenta quindi problematiche particolari, Figura 7.

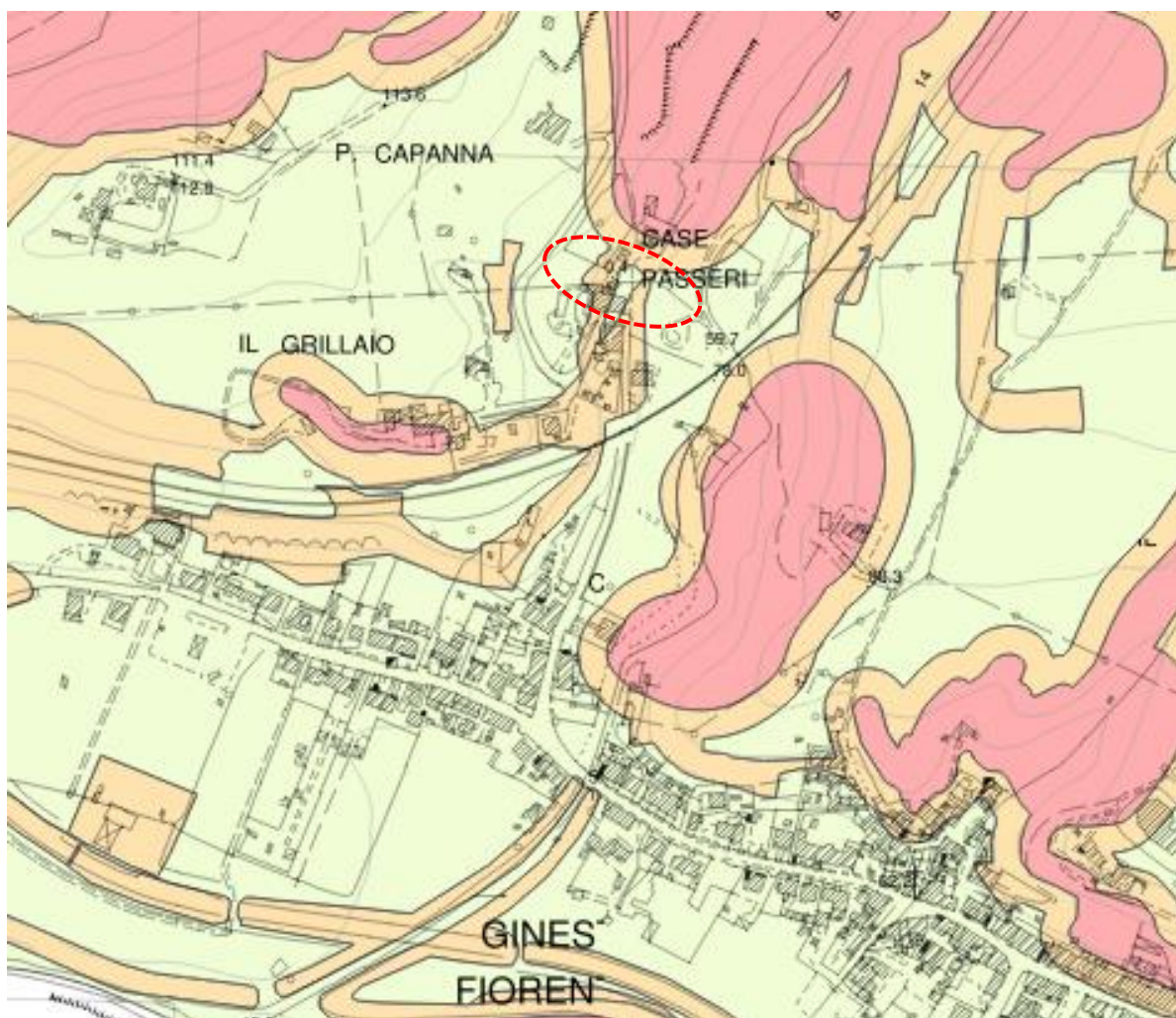


Figura 5 - Carta Pericolosità geologica ai sensi della DGRT 53/R (da P.S. Comune di Lastra a Signa)

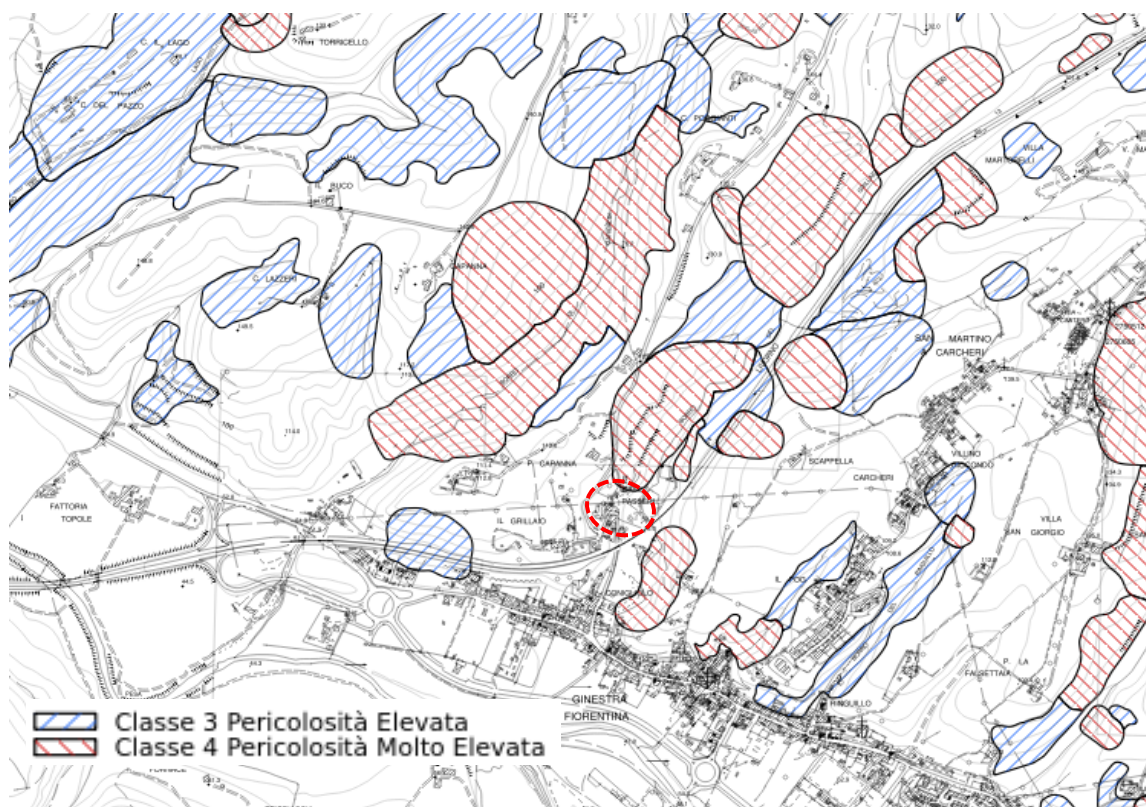


Figura 6 - Carta Pericolosità Geologica PAI (da P.S. Comune di Lastra a Signa)

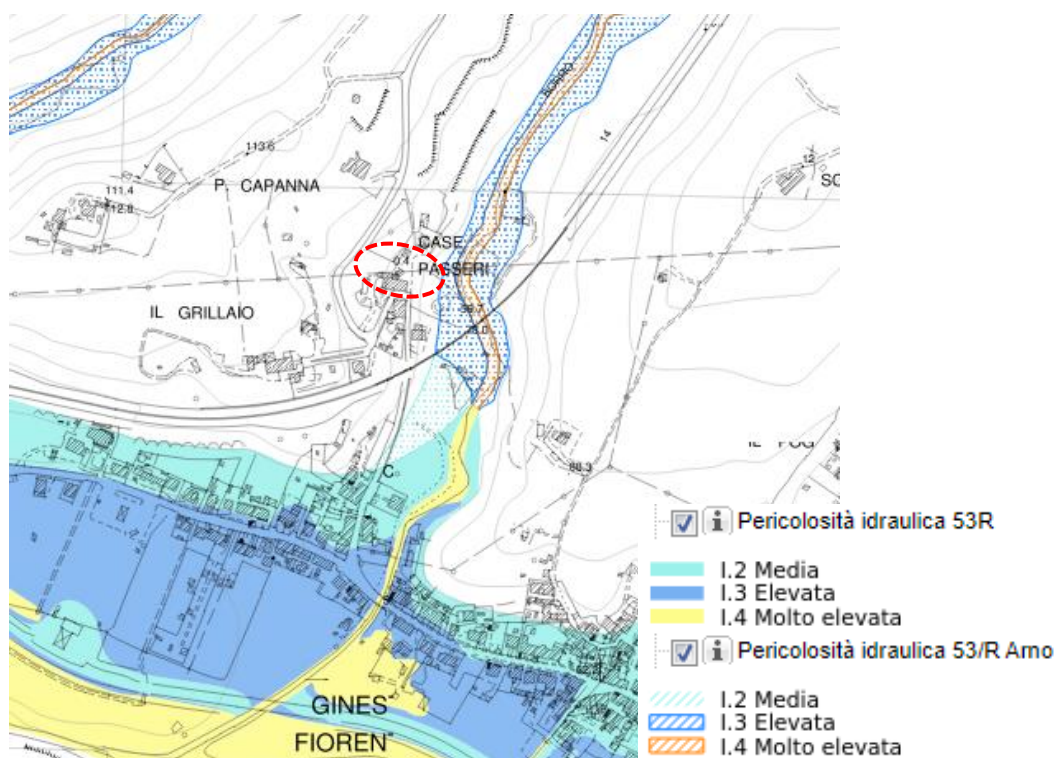


Figura 7 - Carta Pericolosità Idraulica (da P.S. Comune di Lastra a Signa)



3.3 Quadro Idrogeologico

Nell'area non si ha segnalazione di venute d'acqua significative tuttavia come hanno mostrato indagini geofisiche seguite nell'area la presenza di varie lenti/orizzonti ghiaiosi sabbiosi nel deposito fluviolacustre può favorire la presenza di falde isolate e/o temporanee. La carta della vulnerabilità idrogeologica del Piano Strutturale del comune di Signa, mette in evidenza come specie nel tratto finale della condotta fognaria, si potrà andare ad interferire con depositi in cui non è da escludere la presenza di falde e caratterizzati peraltro da scarsa protezione geologica, quindi da potenziale elevata vulnerabilità, Figura 8.

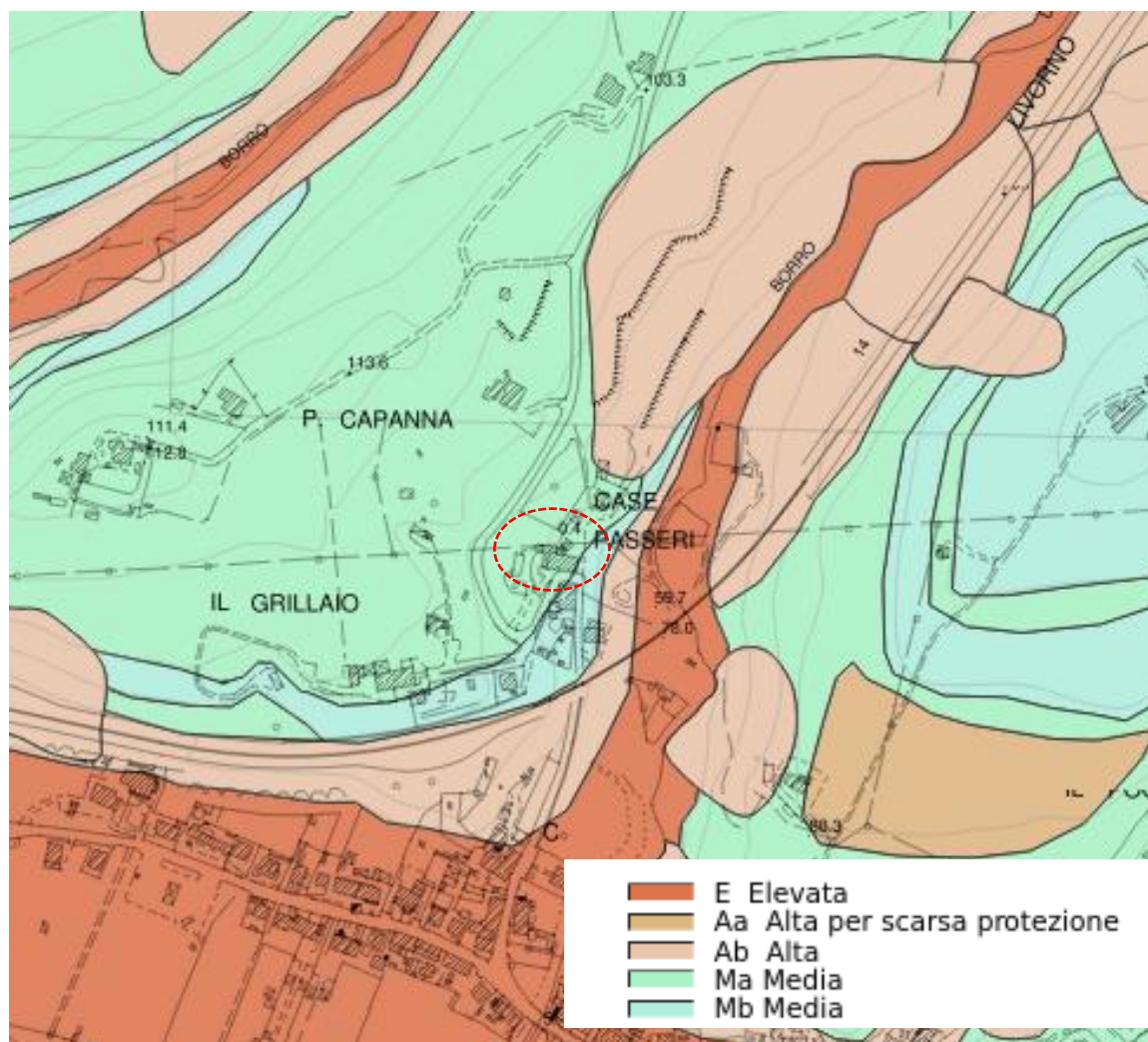



Figura 8 - Carta della Vulnerabilità idrogeologica (da P.S. Comune di Lastra a Signa)

	<p>AQ servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione patrimonio stradale di proprietà e in gestione a CMF – Lotto 3 S.P. 72 km 7+400 Interventi di regolazione idrica stradale PROGETTO DEFINITIVO</p>	<p>Relazione geotecnica</p>
--	---	---------------------------------

3.4 Sismicità

La Regione Toscana con D.G.R. n. 431 del 19.06.2006 e s. m. e i., ha proposto la classificazione sismica regionale; sulla base di tale normativa il territorio comunale di Lastra a Signa risulta inserito in zona 3.

Storicamente il territorio comunale di Lastra a Signa non è stato interessato da epicentri sismici significativi, ma risente della sismicità di aree circostanti, Figura 9 , risente della sismicità di aree circostanti, tra cui si segnalano:

la zona di Orciano Pisano (MW 5.7 nel 1846)

la struttura del Mugello (Etrurian Fault System, Boncio et Al. 2000)

Seppur in maniera minore risente anche della sismicità dell'area della Garfagnana.



Figura 9 - INGV "Database of Individual Seismogenic Sources" (DISS, ver 3.0)

Lastra a Signa e il suo territorio si trovano al margine del "bacino di Firenze", risultato di una prolungata e significativa evoluzione tettonica. Questo bacino è impostato in corrispondenza di una sinclinale preesistente e riflette l'assetto tettonico tipico dei bacini intermontani appenninici, con una master-fault sul bordo orientale, nel caso specifico la faglia di Fiesole (Fault system Prato – Fiesole. Boccaletti et Al. 2001), che si prolunga verso ovest.

La sismicità storica del Comune di Lastra a Signa è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15. Il relativo database DBMI15 è stato realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) "Banche dati e metodi macrosismici" dell'INGV, con il contributo parziale del Dipartimento della Protezione Civile. La sismicità del territorio comunale è riassunta graficamente nel diagramma di Figura 10 e nella tabella di Figura 11.

Il quadro sismotettonico locale e le analisi eseguite dall'INGV individuano per il territorio di Lastra a Signa un grado medio - basso di rischio sismico.

Il Piano strutturale del comune di Lastra a Signa inserisce l'area di intervento in una zona classificata a Pericolosità sismica S2 media, Figura 12.



Lastra a Signa

PlaceID IT_45296
Coordinate (lat, lon) 43.768, 11.111
Comune (ISTAT 2015) Lastra a Signa
Provincia Firenze
Regione Toscana
Numero di eventi riportati 24

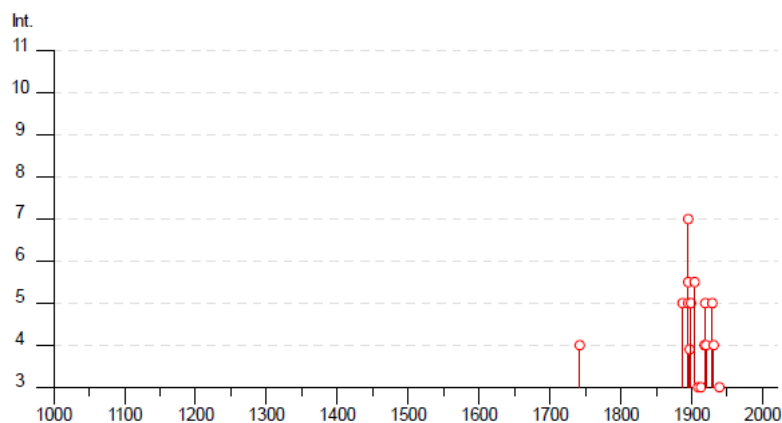


Figura 10 - Diagramma Sismicità storica del Comune di Lastra a Signa (INGV – DBMI15)

Effetti	In occasione del terremoto del												
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw			
4	1742	01	27	11	20		Livornese	16	6	4.87			
5	1887	11	14	05	48	05	Fiorentino	101	6	4.47			
7	1895	05	18	19	55	12	Fiorentino	401	8	5.50			
5	1895	06	06	00	35	05	Fiorentino	29	5-6	4.55			
5-6	1895	10	25	00	24	58	Chianti	36	5-6	4.51			
NF	1897	07	27	09	02	14	Valdarno inferiore	33	5-6	4.27			
F	1897	09	06	03	10	44	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59			
5	1899	06	26	23	17	22	Valle del Bisenzio	138	7	5.02			
NF	1899	07	08	22	56	55	Bagno di Romagna	37	4	4.02			
NF	1903	07	27	03	46		Lunigiana	79	7-8	5.19			
5-6	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10			
NF	1906	04	21	06	35		Valdelsa	45	5-6	4.30			
NF	1906	12	20	02	38		Valdelsa	28	4	3.96			
NF	1907	12	15	13	06	55	Chianti	20	5	4.19			
3	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34			
3	1913	07	21	22	35		Appennino romagnolo	43	5-6	4.79			
4	1918	11	10	15	12	28	Appennino forlivese	187	9	5.96			
5	1919	06	29	15	06	13	Mugello	565	10	6.38			
4	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	750	10	6.53			
5	1929	07	18	21	02		Mugello	56	6-7	4.96			
4	1931	09	05	01	25	53	Mugello	28	6	4.88			
2	1931	12	15	03	23		Mugello	35	6	4.62			
3	1939	02	11	11	17		Mugello	31	7	5.01			
NF	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82			

Figura 11 - Sismicità storica del Comune di Castelfiorentino (INGV – DBMI15)

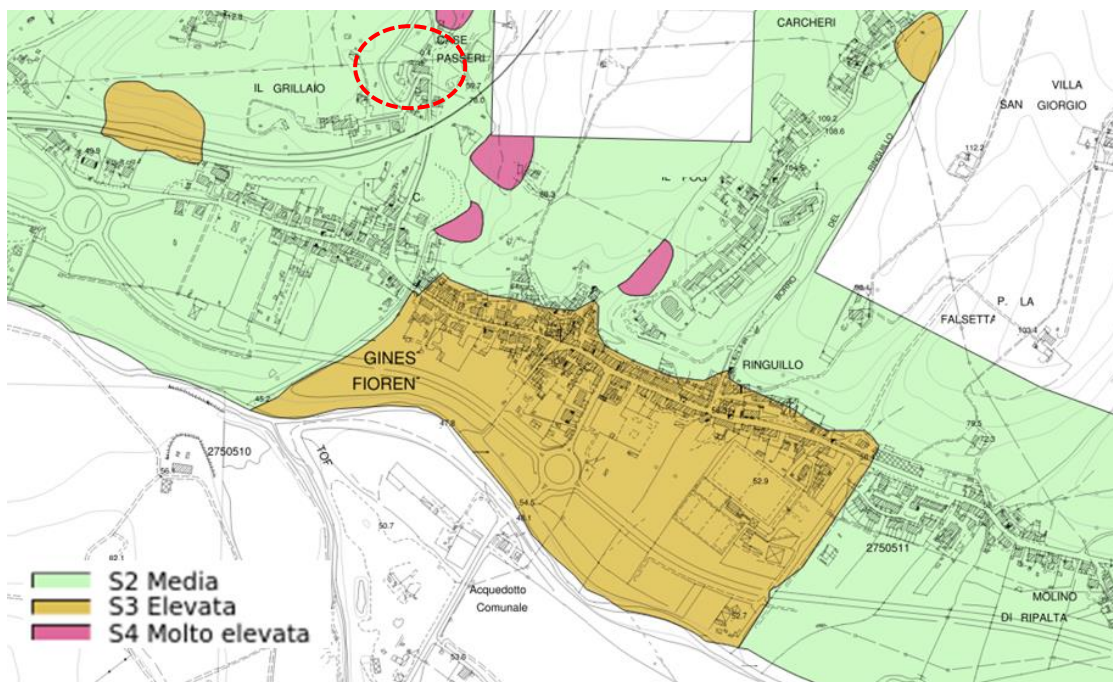


Figura 12 - Carta della Pericolosità sismica (da P. S. Comune di Lastra a Signa)



4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

L'intervento in oggetto prevede la regolazione idrica stradale sulla SP72 per il tratto compreso tra la km 7+300 e la km 7+450.

L'intervento prevede la realizzazione di un rinnovato sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, compreso un collettore di scarico verso il recapito di vale costituito dal Borro del Grillaio. Si riporta in Figura 13 un estratto planimetrico degli interventi previsti in progetto.

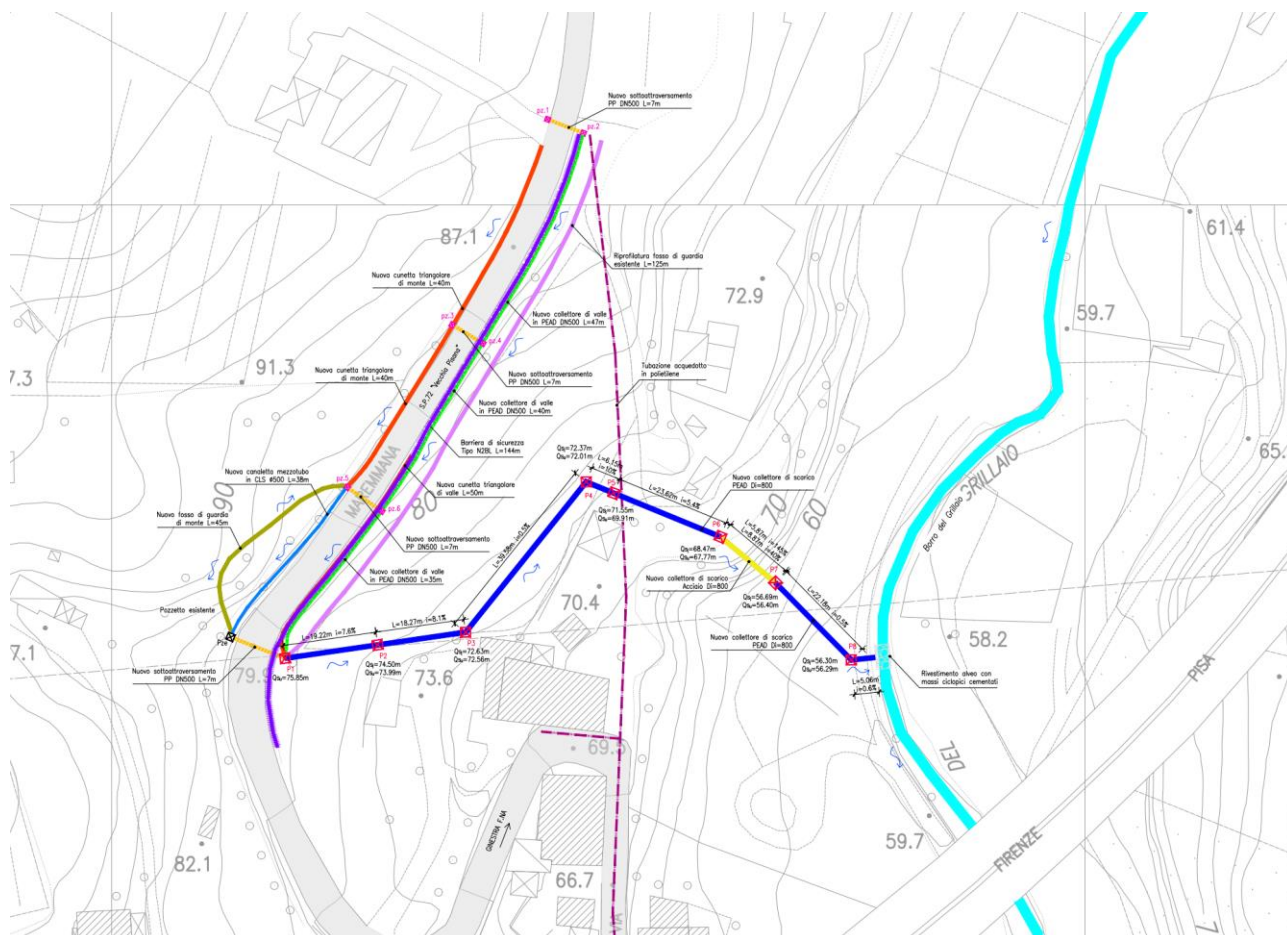



Figura 13 – Estratto planimetria interventi

In particolare, l'intervento prevede la realizzazione di nuove cunette triangolari di raccolta delle acque di piattaforma con pozzetti intermedi ogni 50 m (valore massimo) e raccolta finale nei pozzetti in corrispondenza della progressiva 7+450. I pozzetti di raccolta di valle saranno collegati tra di loro per mezzo di tubazioni DN500 (diametro esterno). Dato che queste non saranno carrabili si prevede l'impiego di tubazioni in Pead in modo da limitare il diametro esterno e quindi l'entità degli scavi. Per i sottoattraversamenti trasversali alla piattaforma stradale si prevede invece l'utilizzo di tubazioni in PE. Nonostante queste abbiano pendenza inferiore sono state verificate le sezioni e si prevede, anche in questo caso, l'impiego di tubazioni DN500 (diametro interno).

I pozzetti di ispezione avranno dimensioni di 100x100 cm. I pozzetti di raccolta finale avranno invece dimensioni diverse; per quello a monte della strada si prevede, almeno in questa fase di approfondimento progettuale, di mantenere quello esistente che appare di dimensioni idonee; per quello di valle se ne prevede il rifacimento data la necessità di realizzare

	<p>AQ servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione patrimonio stradale di proprietà e in gestione a CMF – Lotto 3</p> <p>S.P. 72 km 7+400</p> <p>Interventi di regolazione idrica stradale</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>	<p>Relazione geotecnica</p>
---	--	---------------------------------

l'innesto con il nuovo collettore di scarico. Tale pozzetto avrà dimensioni esterne pari a 200x200 cm. I pozzetti di ispezioni saranno prefabbricati; tuttavia per quelli di dimensioni maggiori si potrà valutare l'impiego di manufatti gettati in opera.

A monte della strada sarà rialzato il muro di controripa esistente, in modo da ricavare lo spazio sufficiente per la posa in opera di una canaletta mezzotubo di diametro 50 cm. Più a monte sarà invece realizzato un fosso di guardia 50x50x50 cm, che dovrà intercettare le acque del versante e recapitarle ai due lati del muro di controripa in corrispondenza dei pozzetti di raccolta. In Figura 14 è riportata una sezione tipo di interventi sulla SP72.

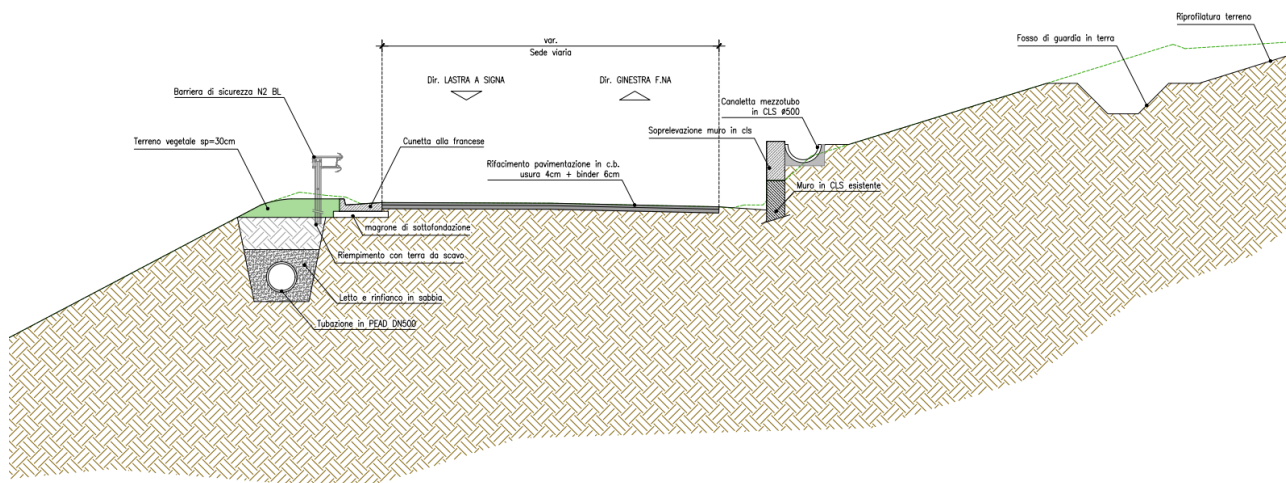



Figura 14 – Sezione tipo intervento

A valle della strada sarà ripristinato il fosso di guardia del rilevato che, allo stato attuale, appare assente o non funzionante. Anche il fosso di guardia convoglierà le acque all'interno del pozzetto sopra citato.

Il collettore di scarico verso il recapito finale sarà costituito da una tubazione in PEAD Di=800 mm SN4 disposta secondo la pendenza del versante in modo da limitare il più possibile i movimenti terra. Si prevedono pozzetti di ispezione prefabbricati ogni 50 m (valore massimo) di dimensioni 200x200 cm. Per superare il salto di quota di circa 13 m sarà impiegata una tubazione in acciaio Di=800 mm prevedendo un blocco di ancoraggio in cls di volume minimo pari a 8 mc, fino ad un pozzetto di raccolta posto a valle. Da qui lo scarico avverrà nuovamente attraverso un collettore Di=800 mm in PEAD fino allo scarico finale nel Borro del Grillaio. Per evitare fenomeni erosivi dovuti allo scarico delle acque localizzato si prevede la protezione con massi ciclopici cementati per un'estensione di circa 10 m a cavallo del punto di scarico.

Prima della riapertura al traffico della strada si prevede il ripristino della pavimentazione stradale mediante la stesa degli strati di binder ed usura e il rifacimento della segnaletica orizzontale. Si prevede inoltre di inserire una barriera bordo laterale N2, in quanto allo stato attuale la viabilità ne risulta sprovvista, ma trattandosi di una strada extraurbana con altezza dei rilevati superiore a 1.00 m, secondo quanto previsto dalla normativa vigente risulta obbligatoria la presenza di un dispositivo di ritenuta laterale.

	<p>AQ servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione patrimonio stradale di proprietà e in gestione a CMF – Lotto 3 S.P. 72 km 7+400 Interventi di regolazione idrica stradale PROGETTO DEFINITIVO</p>	<p>Relazione geotecnica</p>
--	---	---------------------------------

5 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

La campagna di indagine geognostica a supporto del progetto definitivo in oggetto è composta dalle seguenti indagini:

- N. 4 prove DPSH spinte alla profondità massima di 6.00 m
- N. 7 profili geoelettrici eseguiti con la tecnica del profilo Polo-Dipolo

Si rimanda alla relazione geologica del progetto definitivo per maggiori dettagli sui risultati delle indagini.

La falda è stata rinvenuta soltanto in una delle 4 prove DPSH ad una profondità di 1.80 m nella parte più a valle.

6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Le penetrometrie e le tomografie geoelettriche mettono in evidenza una prevalenza, entro i primi metri dal p.c., di depositi prevalentemente granulari fini (sabbie e sabbie limose) e subordinatamente ghiaiosi. Unica eccezione sembra essere data dalla tomografia PDP 4 che evidenzia un quadro caratterizzato da limi argillosi.

Di fatto lungo il tracciato della futura condotta sembrano comunque prevalere i depositi granulari incoerenti.

Il numero di colpi misurati mette in evidenza come in genere i litotipi presenti nel primo metro siano relativamente sciolti ($N_{20} \cong 4-6$) e diventino più addensati in profondità arrivando a rifiuto entro i 3.2-4.4 metri dal p.c.; in genere in questo intervallo il numero di colpi N_{20} varia tra 8 e 13/14.

Si ha quindi una prevalenza di litotipi a comportamento attritivo.

Unica eccezione è data dalla PD4, che tranne tra i -2 e i -3 metri dal p.c., mostra valori di N_{20} mediamente contenuti, intorno a 2 fino verso i -2 e inferiori a 8 oltre i -3 metri dal p.c.; fra -2 e -3 raggiunge punte di 18 colpi.

Tenuto quindi conto del quadro geostratigrafico ricostruito tramite le tomografie sismiche e dei dati di resistenza misurati dalle penetrometrie, si può ricostruire il quadro geotecnico parametrico locale di riferimento.

Sulla base della caratterizzazione geologica e delle indagini eseguite, riportate nei paragrafi precedenti, sono state individuate le seguenti unità geotecniche di riferimento per il progetto in oggetto.

Zona di monte

Orizzonte A: Intervallo costituito da sabbie fini e limi sabbiosi e subordinatamente da ghiaie e limi argillosi. Generalmente sciolti nel primo metro a mediamente addensati.

Orizzonte B: Sabbie addensate e/o ghiaie, mediamente molto addensate

Zona di valle


Orizzonte A: Intervallo costituito da sabbie e limi sabbiosi molto sciolti

Orizzonte B: Intervallo costituito da sabbie e limi sabbiosi mediamente addensati

Orizzonte C: Intervallo costituito da sabbie e limi sabbiosi poco addensati, subordinatamente argillosi.


Si riporta nella tabella seguente la caratterizzazione geotecnica di riferimento per la zona di monte:

Da [m]	A [m]	Unità	γ [kN/mc]	φ [°]	c' [kPa]	C_u [kPa]	E [Mpa]
0,00	3,20	Orizzonte A	19,0	28	0	0	20
3,20	6,00	Orizzonte B	19,5	40	0	0	70

	<p>AQ servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione patrimonio stradale di proprietà e in gestione a CMF – Lotto 3</p> <p>S.P. 72 km 7+400</p> <p>Interventi di regolazione idrica stradale</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>	<p>Relazione geotecnica</p>
--	---	--

Si riporta nella tabella seguente la caratterizzazione geotecnica di riferimento per la zona di valle:

Da [m]	A [m]	Unità	γ [kN/mc]	φ [°]	c' [kPa]	C_u [kPa]	E [Mpa]
0,00	2,00	Orizzonte A	18,5	27	0	0	20
2,00	3,00	Orizzonte B	20,0	32	0	0	30
3,00	6,00	Orizzonte C	19,0	28	0	0	20

	<p>AQ servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione patrimonio stradale di proprietà e in gestione a CMF – Lotto 3</p> <p>S.P. 72 km 7+400</p> <p>Interventi di regolazione idrica stradale</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>	<p>Relazione geotecnica</p>
--	--	---------------------------------

7 VERIFICA ALLE LIQUEFAZIONE

Tenuto conto delle caratteristiche delle unità geotecniche rinvenute nella campagna di indagini e della tipologia di intervento prevista in progetto si ritiene che il pericolo alla liquefazione sia trascurabile.



8 VERIFICHE DI STABILITA'

8.1 Premessa

Per verificare le condizioni di sicurezza in fase di scavo sono state eseguite verifiche di stabilità per le sezioni potenzialmente critiche, utilizzando il metodo dell'equilibrio limite.

8.2 Criteri di verifica

Le verifiche di stabilità sono state condotte secondo le N.T.C. 2018, la quale chiede di verificare che sia sempre soddisfatta la condizione $E_d \leq R_d$ verificando che non si raggiunga una condizione di stato limite ultimo con i valori di progetto delle azioni e dei parametri geotecnici.

Le verifiche 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 e 6.8.I.

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_F^*)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(0)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_f	1,0	1,0

Coefficiente	R2
γ_R	1.1


Nell'analisi non è stata considerata l'azione sismica in quanto lo scavo che si andrà a realizzare ha carattere provvisorio; quindi, il sisma può essere trascurato come previsto dalle NTC 2018.

Il software di calcolo utilizzato per le verifiche di stabilità, IS GEOPENDII prodotto da CDM Dolmen e Omnia IS srl, tiene implicitamente conto del fattore di sicurezza richiesto dalla NTC 2018 e pertanto restituisce un risultato positivo dell'analisi soltanto nel caso in cui il fattore di sicurezza sia maggiore di 1,1.

8.3 Metodologia di calcolo

8.3.1 Metodo dell'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

	<p>AQ servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione patrimonio stradale di proprietà e in gestione a CMF – Lotto 3 S.P. 72 km 7+400 Interventi di regolazione idrica stradale PROGETTO DEFINITIVO</p>	<p>Relazione geotecnica</p>
---	---	---------------------------------

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.

8.3.2 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.

Le verifiche di stabilità sono state eseguite mediante il software di calcolo IS GEOPENDII sviluppato dalla Dolmen che consente di implementare le variabili che si presentano su un pendio e, più in generale, nel materiale terra. I metodi di calcolo utilizzabili sono molteplici e sviluppati da vari Autori, ciascuno dei quali ha sviluppato proprie teorie. Nel caso specifico si è scelto il metodo di Morgenstern & Price perché è un metodo accurato, che risolve sia l'equazione del momento che quella della traslazione su superfici di forma qualsiasi. Come ipotesi semplificativa assume nota l'inclinazione delle forze tra i conci.



8.3.3 Metodo di Morgenstern e Price (1965)

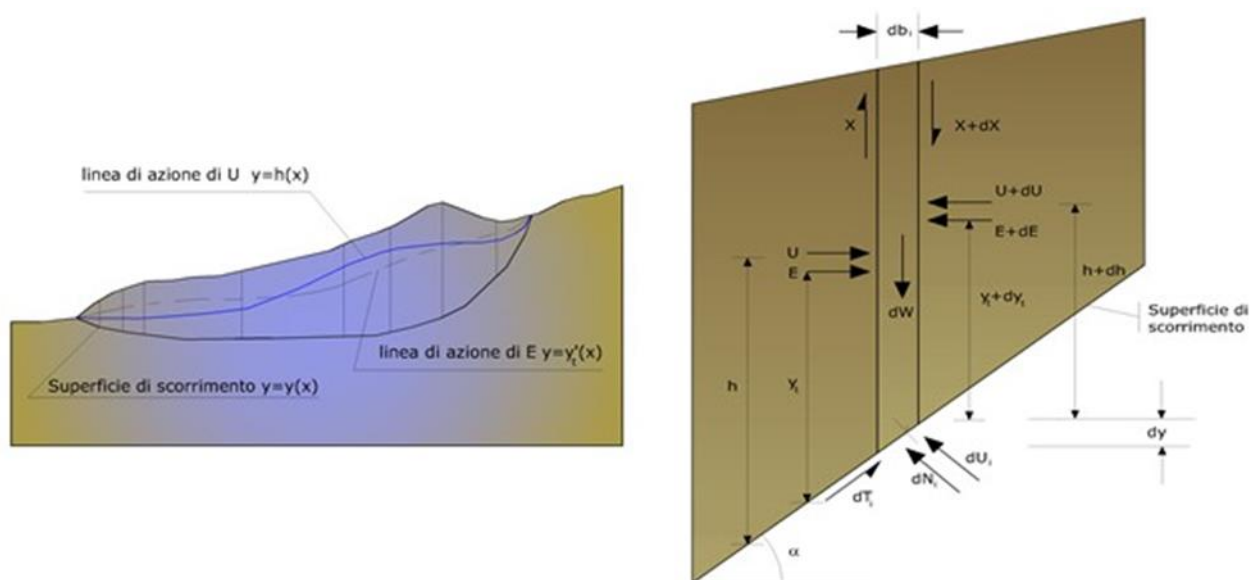
Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, 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 neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \tan \phi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \tan \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - \tan \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$




Una seconda equazione, detta "equazione dei momenti", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria 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.

	<p>AQ servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione patrimonio stradale di proprietà e in gestione a CMF – Lotto 3</p> <p>S.P. 72 km 7+400</p> <p>Interventi di regolazione idrica stradale</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>	<p>Relazione geotecnica</p>
--	--	---------------------------------

8.4 Sezioni analizzate


La sezione verifica è quella in fase di scavo per la posa in opera della condotta di scarico. Si verifica il fronte di scavo al fine di valutare la necessità di prevedere opere di sostegno provvisorie quali sbadacchiature. In via cautelativa si considera la sezione simmetrica dello scavo e quindi un solo fronte di scavo.

Le analisi sono state condotte sulla base delle seguenti ipotesi:

- Terreno con le seguenti caratteristiche omogenee
 - $\gamma=19$ kN/mc
 - $\varphi=28^\circ$
 - $c'=0$ Kpa
- Sisma assente
- Carico accidentale dovuto al passaggio di mezzi di cantiere pari a 20 kN/mq

Come è possibile notare dai risultati in allegato, alcune superfici di scivolamento presentano un fattore di sicurezza inferiore all'unità. Pertanto, si prevede l'impiego di sostegni provvisori in legno durante lo scavo per la posa in opera delle condotte idrauliche.

In allegato si riporta il report di calcolo per le analisi condotte.

	<p>AQ servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione patrimonio stradale di proprietà e in gestione a CMF – Lotto 3 S.P. 72 km 7+400 Interventi di regolazione idrica stradale PROGETTO DEFINITIVO</p>	<p>Relazione geotecnica</p>
--	---	---------------------------------

ALLEGATO – REPORT DI CALCOLO VERIFICHE DI STABILITA'

Relazione di Calcolo



CDM DOLMEN
CALCOLO STRUTTURALE E GEOTECNICO

18:58:54 lunedì 8 agosto 2022

1 Dati generali del pendio.	3
2 Cenni teorici sul metodo all'equilibrio limite.	3
3 Caratteristiche terreni.	3
4 Stratigrafia.	4
5 Carichi inseriti.	5
6 Normativa di riferimento.....	5
7 Generazione superfici di rottura.	5
8 Metodi utilizzati nel calcolo.....	6

1 Dati generali del pendio.

L'impresa Impresa, per conto del committente Committente si occupa di eseguire il progetto Progetto. Il progettista è Progettista ed il direttore dei lavori è Direttore dei lavori. Il pendio è situato in località Località (Posizione pendio).

2 Cenni teorici sul metodo all'equilibrio limite.

All'interno di un pendio molto esteso e sottoposto a deformazione piana si isola un volume mediante una superficie cilindrica. Il terreno è in equilibrio limite quando viene soddisfatta la condizione di rottura, che nell'ipotesi del criterio di Mohr-Coulomb è funzione della coesione, dell'angolo di resistenza al taglio e della pressione interstiziale. Se lungo la superficie la tensione tangenziale applicata, detta resistenza mobilitata, è minore della resistenza a rottura disponibile, si può determinare una condizione di equilibrio limite tramite un coefficiente di sicurezza, che rappresenta il fattore per cui dividere i parametri di resistenza del terreno ed avere la rottura del pendio lungo la superficie considerata. Questo valore è assunto per determinare la sicurezza del pendio nei confronti della rottura per taglio e viene assunto costante lungo tutta la superficie, in modo che in ogni punto di essa venga mobilitata la stessa aliquota di resistenza al taglio. Si ricava che il fattore di sicurezza è dato dal rapporto tra la resistenza disponibile e quella mobilitata. Per determinare tale valore si utilizzano le equazioni dell'equilibrio dei corpi rigidi ossia le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale ed alla rotazione rispetto ad un punto del piano delle forze. Nel pendio viene definito un numero elevato di superfici, ad ognuna di queste è possibile associare un fattore di sicurezza. Il fattore di sicurezza minore definisce la cosiddetta superficie critica e viene assunto come rappresentativo delle condizioni di stabilità del pendio.

Nell'ambito della teoria dell'equilibrio limite sono stati sviluppati numerosi metodi per il calcolo del fattore di sicurezza. Fra questi vi sono i cosiddetti metodi delle strisce, che prevedono di suddividere il volume di terreno considerato in blocchi di spessore finito, ma piccolo, di cui è possibile scrivere le equazioni di equilibrio. E' possibile considerare, con questi metodi, pendii di forma complessa costituiti da terreni aventi caratteristiche fisiche e meccaniche diverse. Per mantenere le strisce in condizione di equilibrio bisogna applicare sui lati e sulla base le risultanti degli sforzi efficaci e delle pressioni interstiziali, che si trasmettono mutuamente tra i blocchi. Per il volume suddiviso in n strisce si ha che il problema è $n-2$ volte iperstatico e le incognite sono le forze di interazione tra le strisce, i bracci e le forze normali alla base. Complessivamente si hanno $4n-2$ incognite. Avendo a disposizione $3n$ equazioni di equilibrio, ossia 3 per ciascuna striscia, il problema risulta affetto da un alto grado di indeterminatezza. I metodi di calcolo vengono suddivisi in due grandi gruppi: i metodi "semplificati" ed i metodi "rigorosi". Nei primi si adottano semplificazioni che trascurano alcune forze che agiscono sulle strisce o fissano la loro direzione ed il loro punto di applicazione. Nei secondi si ricercano le $n-2$ equazioni mancanti, rispettando così l'equilibrio globale delle strisce.

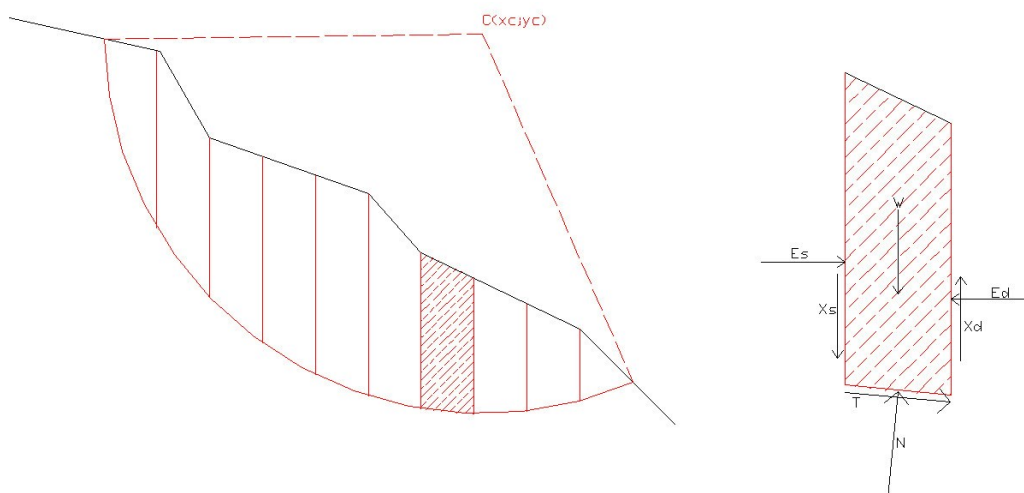


Figura 1.1: Rappresentazione della superficie di rottura circolare e suddivisione in strisce.

3 Caratteristiche terreni.

Terreno 1

Coesione: 0 daN/cm²

Angolo di resistenza al taglio: 28 deg

Peso secco: 0.0019 daN/cm³

Peso saturo: 0.0019 daN/cm³

4 Stratigrafia.

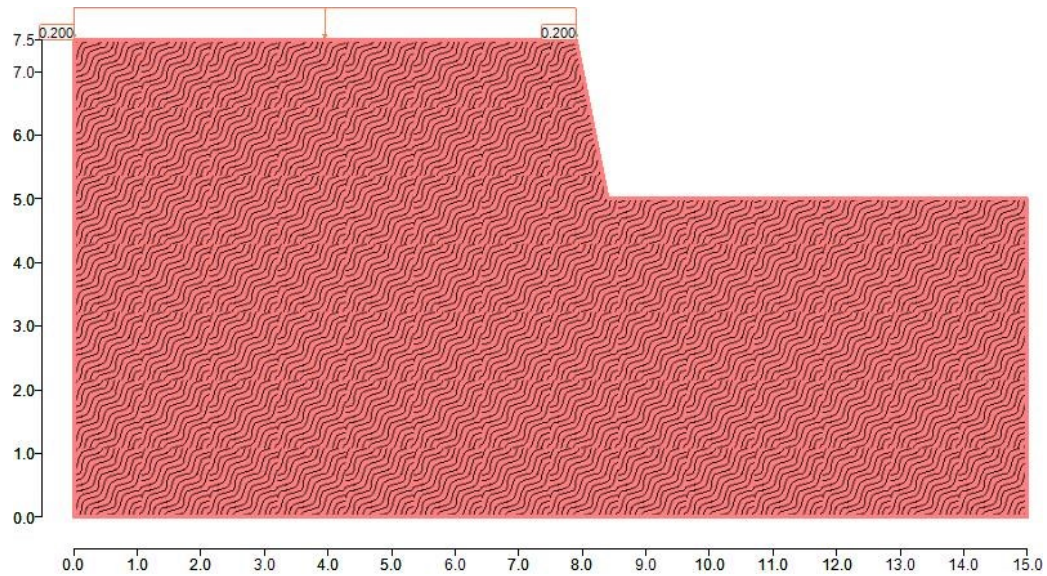


Figura 4.1: Rappresentazione del pendio.

E' stato definito un solo strato di cui si riportano le coordinate.

Strato 1

	x [cm]	y [cm]
1	0	750
2	790	750
3	840	500
4	1000	500
5	1500	500
6	1500	0
7	0	0

Tabella 4.1: Coordinate dello strato n. 1

Tipo di terreno presente nello strato 1: Terreno 1.

5 Carichi inseriti.

E' stato inserito un carico, le cui caratteristiche sono riportate di seguito.

Accidentale

Carico distribuito, permanente, avente direzione normale al pendio.

L'intensità iniziale del carico è pari a 0.2 e quella finale è pari a 0.2 daN/cm². Il suo punto di applicazione iniziale ha ascissa pari a 0 cm ed ordinata pari a 750 cm, mentre il punto finale ha ascissa pari a 790 cm ed ordinata pari a 750 cm.

6 Normativa di riferimento.

La normativa utilizzata per quanto riguarda il calcolo statico è:

NTC 2018: Le presenti Norme tecniche per le costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità.

L'approccio progettuale che è stato scelto è l'Approccio 1, la combinazione è la numero 2.

I fattori parziali sono:

- per la coesione: $\gamma_c = 1.25$
- per la coesione non drenata: $\gamma_{cu} = 1.4$
- per l'angolo di attrito: $\gamma_\phi = 1.25$
- per il peso di volume: $\gamma_\gamma = 1$
- per i carichi permanenti: $\gamma_g = 1$
- per i carichi variabili: $\gamma_q = 1.3$
- per la resistenza globale a taglio: $\gamma_R = 1.1$
- per gli ancoraggi: $\gamma_a = 1.2$, $\xi_a = 1.8$
- per i pali (trasversale): $\gamma_p = 1.6$, $\xi_p = 1.7$
- per le terre rinforzate (sfilamento): $\gamma_{T,po} = 2.5$
- per le terre rinforzate (scorrimento diretto): $\gamma_{T,ds} = 1.5$
- per le terre rinforzate (resistenza a trazione): $\gamma_{T,rt} = 1.5$
- per le opere di sostegno (scorrimento piano di posa): $\gamma_{R,h} = 1.1$
- per le opere di sostegno (capacità portante piano di posa): $\gamma_{R,v} = 1.4$
- per le opere di sostegno (ribaltamento): $\gamma_{R,o} = 1.15$

7 Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C(800,800), in direzione orizzontale ha passo pari a 100 cm, in direzione verticale ha passo pari a 100 cm.

Il raggio iniziale è pari a 500 cm, si hanno 20 incrementi di 50 cm.

Il numero di centri è 676 ed il numero di superfici circolari generate è 110.

Il numero di strisce è stato stabilito a 50.

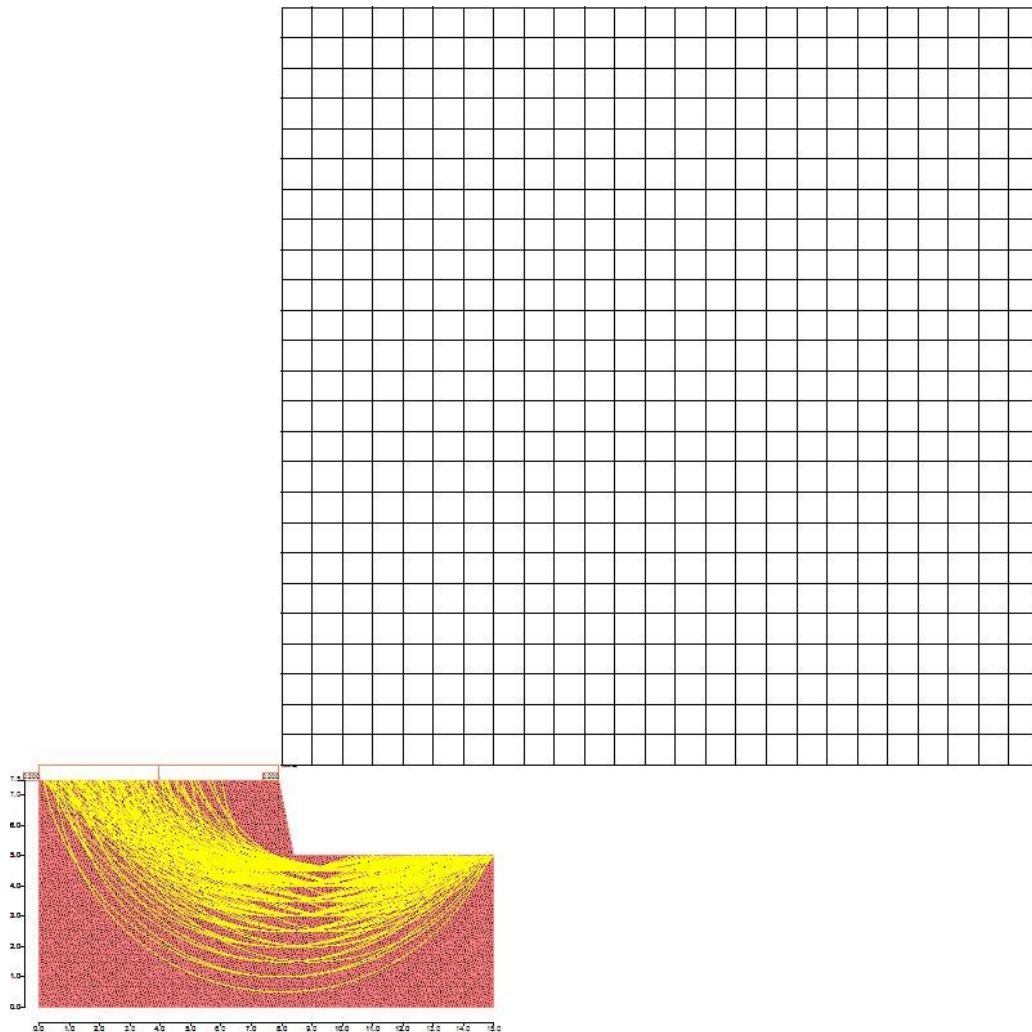


Figura 7.1 Superfici di rottura e maglia centri

La tolleranza è stata fissata a 0.001.

In fase di calcolo sono stati attivati:

- carichi
- falda

8 Metodi utilizzati nel calcolo.

Metodo GLE / Morgenstern-Price (1965,1968)

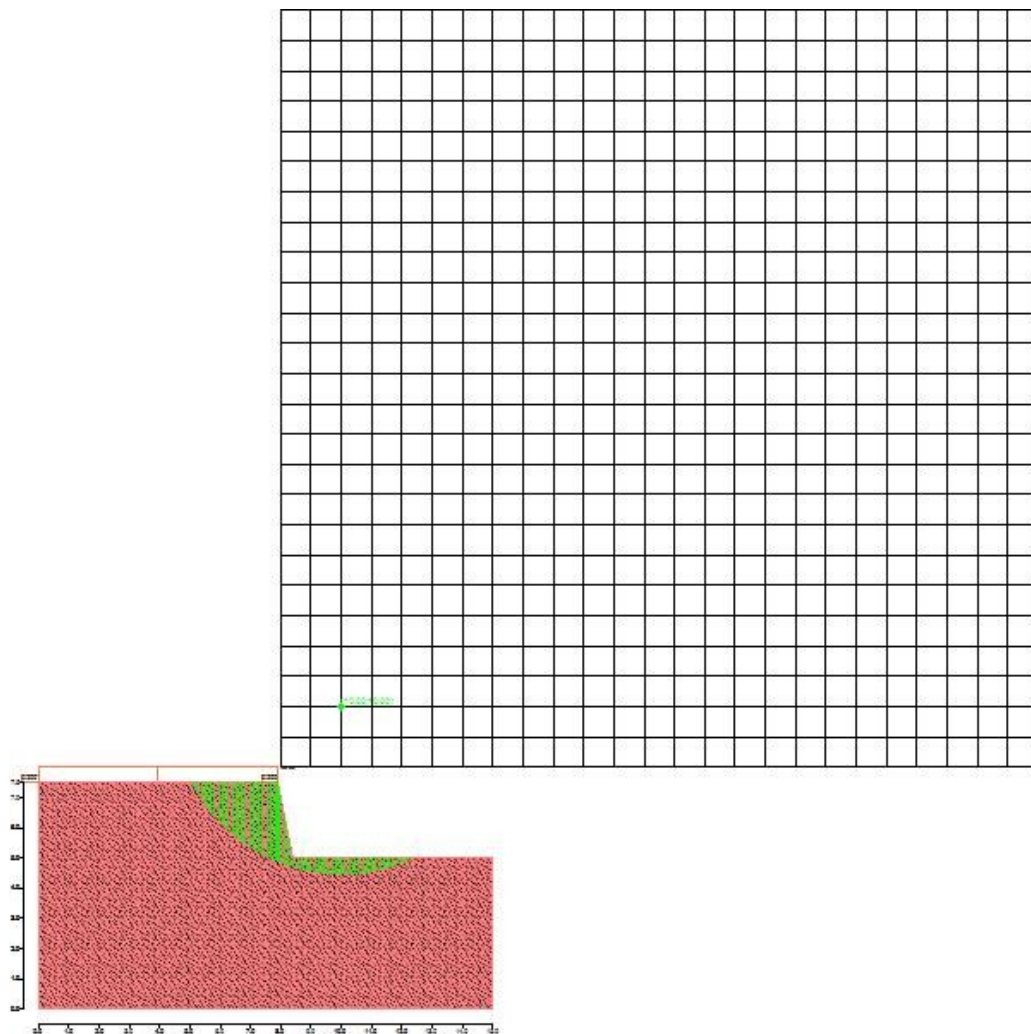


Figura 8.2 Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/cm ²]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	14	61	36	341	145	0	28	0	-216	0	-7
2	14	58	104	386	164	0	28	216	-441	7	-28
3	14	56	165	422	180	0	28	441	-667	28	-63
4	14	53	220	453	193	0	28	667	-890	63	-112
5	14	51	270	481	205	0	28	890	-1106	112	-173
6	14	48	316	507	216	0	28	1106	-1312	173	-245
7	14	46	358	532	226	0	28	1312	-1506	245	-326
8	14	44	398	555	236	0	28	1506	-1687	326	-414
9	14	42	434	579	246	0	28	1687	-1854	414	-506
10	14	40	468	603	256	0	28	1854	-2004	506	-602
11	14	38	500	627	267	0	28	2004	-2137	602	-697

12	14	36	530	652	278	0	28	2137	-2252	697	-790
13	14	34	558	679	289	0	28	2252	-2348	790	-879
14	14	33	584	706	300	0	28	2348	-2422	879	-961
15	14	31	608	734	312	0	28	2422	-2474	961	-1033
16	14	29	631	764	325	0	28	2474	-2503	1033	-1093
17	14	27	652	795	338	0	28	2503	-2506	1093	-1139
18	14	26	671	827	352	0	28	2506	-2482	1139	-1169
19	14	24	689	861	366	0	28	2482	-2429	1169	-1179
20	7	23	325	396	168	0	28	2429	-2396	1179	-1194
21	8	22	353	305	130	0	28	2396	-2365	1194	-1206
22	14	21	518	471	200	0	28	2365	-2306	1206	-1198
23	14	19	336	308	131	0	28	2306	-2258	1198	-1191
24	14	18	149	133	57	0	28	2258	-2234	1191	-1191
25	1	17	4	-6	-2	0	28	2234	-2235	1191	-1202
26	14	16	78	73	31	0	28	2235	-2219	1202	-1200
27	14	14	89	90	38	0	28	2219	-2197	1200	-1189
28	14	13	98	107	45	0	28	2197	-2167	1189	-1171
29	14	11	107	123	52	0	28	2167	-2130	1171	-1145
30	14	10	114	138	59	0	28	2130	-2084	1145	-1111
31	14	8	120	153	65	0	28	2084	-2029	1111	-1069
32	14	7	126	166	71	0	28	2029	-1964	1069	-1019
33	14	5	130	179	76	0	28	1964	-1889	1019	-963
34	14	4	133	190	81	0	28	1889	-1805	963	-899
35	14	2	135	200	85	0	28	1805	-1710	899	-831
36	14	1	136	208	88	0	28	1710	-1607	831	-758
37	1	0	9	46	19	0	28	1607	-1584	758	-721
38	13	1	127	202	86	0	28	1584	-1477	721	-647
39	14	2	135	217	92	0	28	1477	-1358	647	-570
40	14	4	133	218	93	0	28	1358	-1232	570	-493
41	14	5	130	216	92	0	28	1232	-1103	493	-418
42	14	7	126	212	90	0	28	1103	-970	418	-346
43	14	8	121	205	87	0	28	970	-837	346	-280
44	14	10	115	195	83	0	28	837	-705	280	-219
45	14	11	108	183	78	0	28	705	-577	219	-165

46	14	13	99	169	72	0	28	577	-456	165	-119
47	14	14	90	152	65	0	28	456	-343	119	-81
48	14	16	79	133	57	0	28	343	-241	81	-51
49	14	17	68	112	48	0	28	241	-153	51	-29
50	14	19	55	89	38	0	28	153	-80	29	-14
51	14	21	41	65	28	0	28	80	-26	14	-6
52	14	22	25	40	17	0	28	26	-9	6	-2
53	14	24	9	14	6	0	28	9	-21	2	0

Tabella 8.1: Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [m]	y centro [m]	Raggio [m]	Fs
1	1	8.0	8.0	5	1.679
1	2	8.0	8.0	5.5	1.898
1	3	8.0	8.0	6	2.123
1	4	8.0	8.0	6.5	2.351
1	5	8.0	8.0	7	2.580
1	6	8.0	8.0	7.5	2.812
2	1	8.0	9.0	5	1.293
2	2	8.0	9.0	5.5	1.481
2	3	8.0	9.0	6	1.679
2	4	8.0	9.0	6.5	1.886
2	5	8.0	9.0	7	2.097
2	6	8.0	9.0	7.5	2.314
2	7	8.0	9.0	8	2.532
3	1	8.0	10.0	5.5	1.203
3	2	8.0	10.0	6	1.347
3	3	8.0	10.0	6.5	1.520
3	4	8.0	10.0	7	1.708
3	5	8.0	10.0	7.5	1.896
3	6	8.0	10.0	8	2.108
4	1	8.0	11.0	6.5	1.271
4	2	8.0	11.0	7	1.406
4	3	8.0	11.0	7.5	1.571
4	4	8.0	11.0	8	1.751

4	5	8.0	11.0	8.5	1.940
5	1	8.0	12.0	7.5	1.339
5	2	8.0	12.0	8	1.467
5	3	8.0	12.0	8.5	1.626
5	4	8.0	12.0	9	1.801
6	1	8.0	13.0	8.5	1.405
6	2	8.0	13.0	9	1.529
6	3	8.0	13.0	9.5	1.683
7	1	8.0	14.0	9.5	1.470
7	2	8.0	14.0	10	1.589
8	1	8.0	15.0	10.5	1.533
9	1	8.0	16.0	11.5	1.593
27	1	9.0	8.0	5	1.542
27	2	9.0	8.0	5.5	1.780
27	3	9.0	8.0	6	2.018
27	4	9.0	8.0	6.5	2.257
28	1	9.0	9.0	5	1.102
28	2	9.0	9.0	5.5	1.322
28	3	9.0	9.0	6	1.545
28	4	9.0	9.0	6.5	1.769
28	5	9.0	9.0	7	1.994
29	1	9.0	10.0	5.5	0.963
29	2	9.0	10.0	6	1.160
29	3	9.0	10.0	6.5	1.366
29	4	9.0	10.0	7	1.577
29	5	9.0	10.0	7.5	1.782
30	1	9.0	11.0	6.5	1.040
30	2	9.0	11.0	7	1.223
30	3	9.0	11.0	7.5	1.420
30	4	9.0	11.0	8	1.622
31	1	9.0	12.0	7.5	1.114
31	2	9.0	12.0	8	1.288
31	3	9.0	12.0	8.5	1.477
31	4	9.0	12.0	9	1.674

32	1	9.0	13.0	8.5	1.185
32	2	9.0	13.0	9	1.352
32	3	9.0	13.0	9.5	1.536
32	4	9.0	13.0	10	1.728
33	1	9.0	14.0	9.5	1.253
33	2	9.0	14.0	10	1.415
33	3	9.0	14.0	10.5	1.595
34	1	9.0	15.0	10.5	1.318
34	2	9.0	15.0	11	1.477
34	3	9.0	15.0	11.5	1.654
35	1	9.0	16.0	11.5	1.381
35	2	9.0	16.0	12	1.534
36	1	9.0	17.0	12.5	1.442
36	2	9.0	17.0	13	1.595
37	1	9.0	18.0	13.5	1.501
38	1	9.0	19.0	14.5	1.557
53	1	10.0	8.0	5	1.557
53	2	10.0	8.0	5.5	1.803
54	1	10.0	9.0	5	1.036
54	2	10.0	9.0	5.5	1.284
54	3	10.0	9.0	6	1.523
55	1	10.0	10.0	5.5	0.828
55	2	10.0	10.0	6	1.073
55	3	10.0	10.0	6.5	1.307
55	4	10.0	10.0	7	1.536
56	1	10.0	11.0	6.5	0.897
56	2	10.0	11.0	7	1.126
56	3	10.0	11.0	7.5	1.350
57	1	10.0	12.0	7.5	0.967
57	2	10.0	12.0	8	1.184
57	3	10.0	12.0	8.5	1.400
58	1	10.0	13.0	8.5	1.035
58	2	10.0	13.0	9	1.243
59	1	10.0	14.0	9.5	1.101

59	2	10.0	14.0	10	1.303
60	1	10.0	15.0	10.5	1.165
60	2	10.0	15.0	11	1.362
61	1	10.0	16.0	11.5	1.227
61	2	10.0	16.0	12	1.420
62	1	10.0	17.0	12.5	1.286
62	2	10.0	17.0	13	1.476
63	1	10.0	18.0	13.5	1.344
64	1	10.0	19.0	14.5	1.400
79	1	11.0	8.0	5	1.810
80	1	11.0	9.0	5.5	1.406
81	1	11.0	10.0	6	1.106
82	1	11.0	11.0	7	1.119
83	1	11.0	12.0	8	1.154
86	1	11.0	15.0	10.5	1.061
87	1	11.0	16.0	11.5	1.118
88	1	11.0	17.0	12.5	1.174
89	1	11.0	18.0	13.5	1.229
90	1	11.0	19.0	14.5	1.282

Tabella 8.2: Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.