



AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO

COMPLETAMENTO ARGINE DESTRO
TORRENTE STRONA FINO ALLA SUPERSTRADA
PER BAVENO (NO) E REALIZZAZIONE NUOVO
ARGINE IN SPONDA DESTRA FIUME TOCE
(VB-E-31)

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione geologico-geotecnica

CODICE DOCUMENTO

ELABORATO

S 3 9 4 - 0 3 - 0 0 2 0 0 . D O C C O

2.1

00	MAGGIO 2013	G.CARRA	I.FRESIA	A.DENINA	
REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE	MODIFICHE

SERVIZI DI INGEGNERIA

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE


INGEGNERIA IDRAULICA MUNICIPALE
HY.M.STUDIO associazione professionale tra gli ingegneri A. Denina, A. Porcellana, M. Codo
sede legale e uffici: Via Pomba, 23 - 10123 Torino - t. 011 5613103 t.fax 011 5620620
Cod. Fisc./P.IVA 05639220010 - e-mail: hym.studio@hydrodata.it - sito web: www.hydrodata.it


ambiente risorse territorio

ART Ambiente Risorse Territorio srl
strada Pietro Del Prato 15/A 43100 Parma
tel. +39 0521 030911 fax +39 0521 030999
info@artambiente.org www.artambiente.org



AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO

COMPLETAMENTO ARGINE DESTRO
TORRENTE STRONA FINO ALLA SUPERSTRADA
PER BAVENO (NO) E REALIZZAZIONE NUOVO
ARGINE IN SPONDA DESTRA FIUME TOCE
(VB-E-31)

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione geologica

CODICE DOCUMENTO

ELABORATO

S 3 9 4 - 0 3 - 0 0 2 0 0 . D O C C O

2.1

00	MAGGIO 2013	G. CARRA	I.FRESIA	A.DENINA	
REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE	MODIFICHE

SERVIZI DI INGEGNERIA

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE

 **HY.M.STUDIO**
INGEGNERIA IDRAULICA MUNICIPALE
HY.M.STUDIO associazione professionale tra gli ingegneri A. Denina, A. Porcellana, M. Codo
sede legale e uffici: Via Pomba, 23 - 10123 Torino - T. 011 5613103 t.fax 011 5620620
Cod. Fisc./P.IVA 05639220010 - e-mail: hym.studio@hydrodata.it - sito web: www.hydrodata.it

 **art**
ambiente risorse territorio

ART Ambiente Risorse Territorio srl
strada Pietro Del Prato 15/A 43100 Parma
tel. +39 0521 030911 fax +39 0521 030999
info@artambiente.org www.artambiente.org

INDICE

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	1
2.1 Rete idrografica	2
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	3
3.1 Evoluzione geomorfologica	3
3.2 Pericolosità geomorfologica ed idraulica	4
4. GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA	6
4.1 Depositi superficiali	7
4.2 Substrato roccioso	8
4.3 Caratterizzazione idrogeologica	9
5. SISMICITÀ	10
5.1 Sismicità locale	10
5.2 Sorgenti simogenetiche	11
5.3 Azione sismica	13
5.3.1 Spettri di risposta elastici	17
5.4 DGR 11-13058 del 19-01-10	20

1. PREMESSA

Il presente elaborato costituisce la relazione geologica allegata al progetto esecutivo dei lavori relativi al *“Completamento argine destro torrente Strona fino alla superstrada per Baveno (NO) e realizzazione nuovo argine in sponda destra fiume Toce (VB-E-31)”*.

Per una descrizione di dettaglio degli interventi in progetto si rimanda all'elaborato S394-02-00100 *“Relazione tecnico-economica e descrittiva”* e alle relative tavole di progetto.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Gli interventi in progetto ricadono nei comuni di Gravellona Toce e di Verbania, nella provincia del Verbano-Cusio-Ossola, lungo la piana alluvionale in destra idrografica del fiume Toce, nel tratto compreso tra la confluenza del torrente Strona ed il rilevato ferroviario della linea Milano-Domodossola (Fig. 1).



Fig. 1 Inquadramento territoriale

L'area interessata dalle opere è caratterizzata dalla presenza del tracciato autostradale A26 Voltri-Gravellona Toce, che nel tratto di interesse corre parallelamente alla sponda destra del fiume, in parte in rilevato e in parte su viadotto. A sud dell'autostrada, tra questa e il tracciato storico della SS 33 del Sempione, si trova un'ampia area industriale denominata *“Parco Tecnologico del Lago Maggiore”*.

Le aree limitrofe al tracciato autostradale sono interessate da colture in serre fisse, colture orticole e floricole. Lungo la sponda destra del torrente Strona è presente una zona artigianale-industriale e un'attività di trattamento inerti (Cava Poscio) in cui sono ubicati silos ed attrezzature di estrazione attualmente non utilizzate.

2.1 Rete idrografica

Il reticolo idrografico principale è costituito dal fiume Toce, dal suo affluente di destra, il torrente Strona, dal torrente Stronetta e dai suoi affluenti principali in destra idrografica, rio Frassino e rio Cantonaccio (Fig. 2). Il fiume Toce scorre lungo tutta la val d'Ossola per quasi 90 km, drenando un bacino idrografico di quasi 1.800 km², per poi immettersi nel lago Maggiore.

Il tratto d'interesse del corso d'acqua ha una lunghezza di circa 2.500 m con andamento rettilineo in direzione ovest-est. I livelli idrometrici del fiume risentono, in questo tratto, delle variazioni del livello di base del lago Maggiore, con fenomeni di rigurgito significativi.

Il corso del Toce riceve in questo settore l'apporto delle acque del suo affluente principale in destra idrografica, il torrente Strona. Lo Strona raccoglie le acque dell'omonima valle con un bacino idrografico sotteso di circa 110 km² e quelle del lago d'Orta (bacino idrografico di 223 km²), attraversa il Cusio e si immette in Toce con un'ampia conoide alluvionale, sulla quale oggi si attesta l'abitato di Gravellona Toce.

Il torrente Stronetta ha origini dai ripidi pendii del monte Mottarone; nel tratto di monte scorre parallelamente al corso del torrente Strona per poi impostarsi nella piana alluvionale su un palealveo dello stesso Strona, limitando l'abitato di Feriolo con un andamento sinuoso e scaricando direttamente le acque nel lago Maggiore.

Il corso d'acqua funziona come canale drenante della piana alluvionale; in sponda sinistra raccoglie le acque di scolo attraverso una serie di canali, in sponda destra quelle del rio Frassino e del rio Cantonaccio e dei colatori minori che scendono dai ripidi versanti del monte Mottarone e del monte Camoscio. Il rio Frassino e Cantonaccio presentano un'accentuata dinamica fluviale a regime torrentizio, portando verso il piede della piana una gran quantità di materiale detritico.

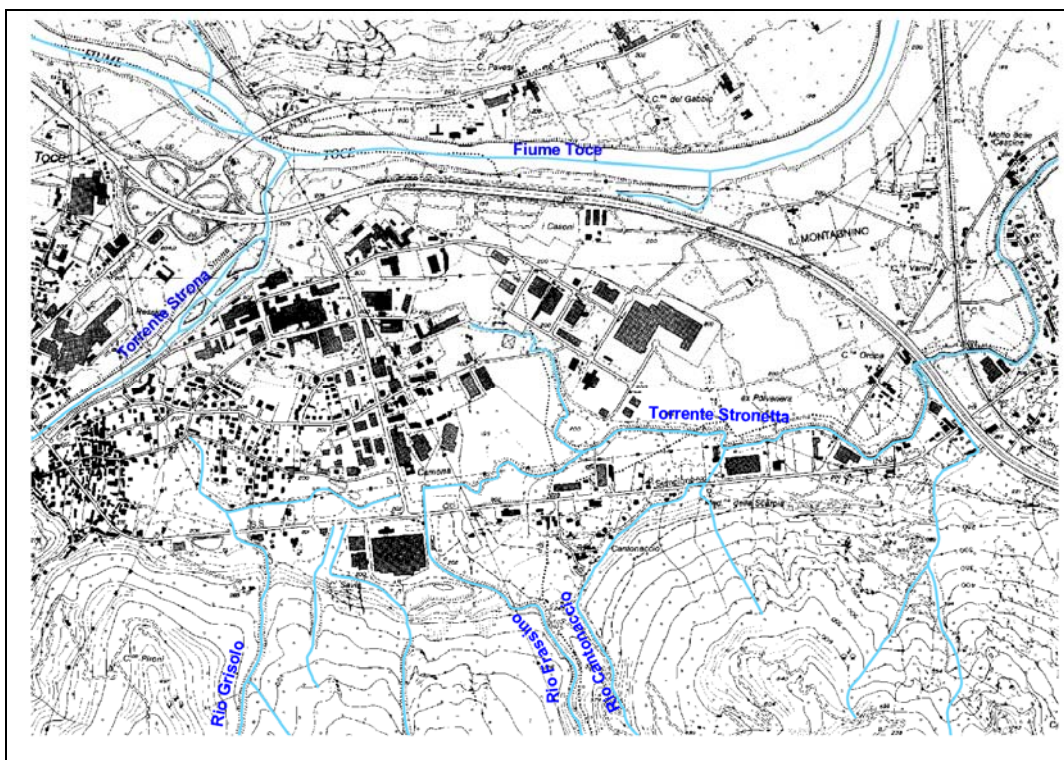


Fig. 2 Reticolo idrografico principale

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico siamo nel tratto di fondovalle della pianura alluvionale del fiume Toce denominato "Piano Grande", delimitato ad ovest dal conoide laterale del torrente Strona, a sud dai ripidi versanti del monte Mottarone e del monte Camoscio e a nord dall'alveo del fiume Toce e dal rilievo del monte Montorfano.

La costruzione e la modellazione di quest'area perfluviale, dal punto di vista geologico-geomorfologico, è di recente formazione ed è avvenuta in fasi successive attraverso fenomeni complessi che hanno portato all'attuale conformazione del territorio.

3.1 Evoluzione geomorfologica

La modellazione della valle e della piana della conca lacuale è legata alla fase glaciale (Pleistocene) in cui l'azione erosiva e di abrasione del ghiacciaio ossolano, a direzione sud-est, ha generato il tipico profilo ad "U", con ampio fondovalle e ripidi versanti, su cui si attestano sospese le valli degli affluenti principali del fiume Toce.

In particolare, nella zona in esame il ghiacciaio ha incontrato il massiccio granitico del monte Montorfano di età Permiana (evidenti sono le forme di erosione glaciale del plutone granitico) e si è diviso in due lingue, una verso il lago Maggiore, l'altra verso il lago d'Orta. Alla fine delle ultime glaciazioni è iniziata la formazione vera e propria della pianura alluvionale. Il continuo apporto di materiale ha portato al progressivo interrimento della conca fino a costituire il cosiddetto "Piano Grande" del fondo Toce.

Solo in epoca storica l'avanzamento in lago dei depositi deltizi del Toce ha portato, intorno al XV secolo, alla separazione tra il lago di Mergozzo e il lago Maggiore. Nel processo evolutivo del Toce si registra che la confluenza in lago è a ridosso di Fondo-Toce, nella zona dell'attuale canale emissario del lago di Mergozzo; alla fine del XIX secolo il Toce taglia la barra che separa il canale dal lago portando la nuova foce a circa 2 km a sud (L.Barbanti "Vicende remote e recenti della conca, 1997).

La larghezza attuale del fondovalle raggiunge i 1500 metri con pendenze dell'ordine dell'1‰. La mobilità planimetrica dell'alveo attivo del Toce è abbastanza limitata. Dall'analisi effettuata nello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Toce", redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po, risulta che l'attuale tratto di corso d'acqua non ha subito sostanziali variazioni del tracciato, ad eccezione della zona di confluenza del torrente Strona dove si osserva una variazione in destra idrografica leggibile dall'involuppo delle forme fluviali storicamente cartografate (1881 - 2000). La stabilità planimetrica del corso d'acqua è anche testimoniata dalla limitata presenza, nello specifico tratto, di opere di contenimento della divagazione.

L'alveo del Toce si presenta infatti monocursale, tendente all'incisione; ha un andamento subrettilineo fino a monte del ponte ferroviario dove tende ad accentuare la sinuosità, lasciando un sistema di depressioni e barre sulla riva convessa dell'ansa. In questa zona sono presenti, sul terrazzo alluvionale di destra, ondulazioni e ripe fluviali abbandonate, dossi di probabile emergenza del substrato granitico (Il Montagnino) e cordoni di probabile origine morenica. Il terrazzo alluvionale, caratterizzato da depositi di sabbie, sabbie fini e limose, limi, ha una quota topografica che varia dai 198 m s.l.m. ai 200 m, risulta fortemente modificato dall'attività antropica.

Come già segnalato, nell'area sono presenti il tracciato dell'autostrada A26 Voltri-Gravellona Toce che corre in parte su viadotto e in parte in rilevato, delimitando morfologicamente la piana a nord e a sud e l'area artigianale-industriale del Tecnoparco del lago Maggiore.

Durante le fasi costruttive delle infrastrutture sono avvenuti notevoli rimaneggiamenti morfologici dei depositi alluvionali con rialzi e/o livellamenti, utilizzando frequentemente i materiali inerti provenienti dagli scarti di lavorazione delle numerose cave di granito rosa di Baveno del monte Mottarone e del monte Camoscio, sovrastanti la piana stessa.

Di non minor importanza sono stati gli apporti di materiale proveniente dall'affluente in destra idrografica del fiume Toce, il torrente Strona; il corso d'acqua confluisce in Toce attraverso un'ampia conoide alluvionale interdigitata nel tempo con i depositi alluvionali del Toce.

Dall'analisi della cartografia storica delle forme fluviali si rileva che la confluenza dello Strona in Toce è variata nel tempo; fino a circa la metà del XX secolo l'immissione avveniva in località "Il Montagnino", un chilometro a valle dalla confluenza attuale, attraverso un sistema di canali. Nelle varie fasi della dinamica fluviale il fiume Toce ha effettuato la cattura del corso del torrente Strona a monte de "Il Montagnino" ed il paleoalveo dello Strona, è ora occupato dal torrente Stronetta, che scorre all'estremo lato destro della piana alluvionale, in un canale in gran parte artificializzato e confluisce direttamente nel lago Maggiore.

3.2 Pericolosità geomorfologica ed idraulica

La pericolosità geomorfologica dell'area d'intervento è legata alla dinamica fluviale dei corsi d'acqua presenti.

Il fiume Toce, principale responsabile della formazione della piana, alterna periodi di magra ad eventi di piena molto intensi, generando fenomeni di esondazione a media ed elevata energia, erosioni e deposizioni di materiali in prevalenza di natura sabbioso-limoso. All'attività del Toce si aggiunge quella deposizionale del torrente Strona, il cui bacino imbrifero è costituito sia dalla valle Strona che dal bacino del lago d'Orta. I materiali depositati alla confluenza Toce oggi risultano quasi completamente occupati dall'area urbana dell'abitato di Gravellona Toce.

Il torrente Stronetta presenta principalmente problemi di rigurgito mentre i suoi affluenti di destra sono caratterizzati da un regime torrentizio che, durante fenomeni meteorologici brevi ed intensi, sono soggetti a forti piene ad elevata portata e capacità di trasporto che generano imponenti colate detritiche (debris-flow) che si accumulano formando conoidi attive di materiali sciolti al piede del rilievo.

Tutti gli eventi alluvionali più recenti hanno coinvolto questa porzione di territorio (1993, 1996 e 2000); emerge quindi la necessità di provvedere alla difesa idraulica del territorio ormai fortemente antropizzato.

In particolare, nel 1996 per rigurgito delle acque del torrente Stronetta si sono allagate le aree lungo il corso d'acqua a sezione insufficiente, in prossimità della strettoia in corrispondenza della strada del Tecnoparco, con depositi di pochi centimetri di spessore di materiale prevalentemente sabbioso-limoso. Durante lo stesso evento il rio Cantonaccio ha depositato barre sabbiose nello Stronetta e generato fenomeni di deposizione grossolana in conoide, coinvolgendo l'infrastruttura della SS 33 del Sempione.

Durante l'evento del 2000 si è verificato il fenomeno d'ingressione delle acque dal lago verso monte per lo sfasamento temporale minimo tra il colmo della piena fluviale e quello lacustre. La tracimazione fluviale del Toce si è verificata già a monte della confluenza Stroneta; nell'area di studio la corrente principale si è appoggiata al rilevato autostradale ed è defluita lungo l'area golenale del "Lancone" dove si sono verificati abbondanti depositi di materiale sabbioso. L'inondazione attraverso i forni dei sottopassi autostradali (Fig. 3) è proseguita nella parte retrostante del rilevato autostradale, coinvolgendo l'area industriale del Parco Tecnologico del lago Maggiore; le acque di tracimazione sono state drenate dall'asta del torrente Stronetta.

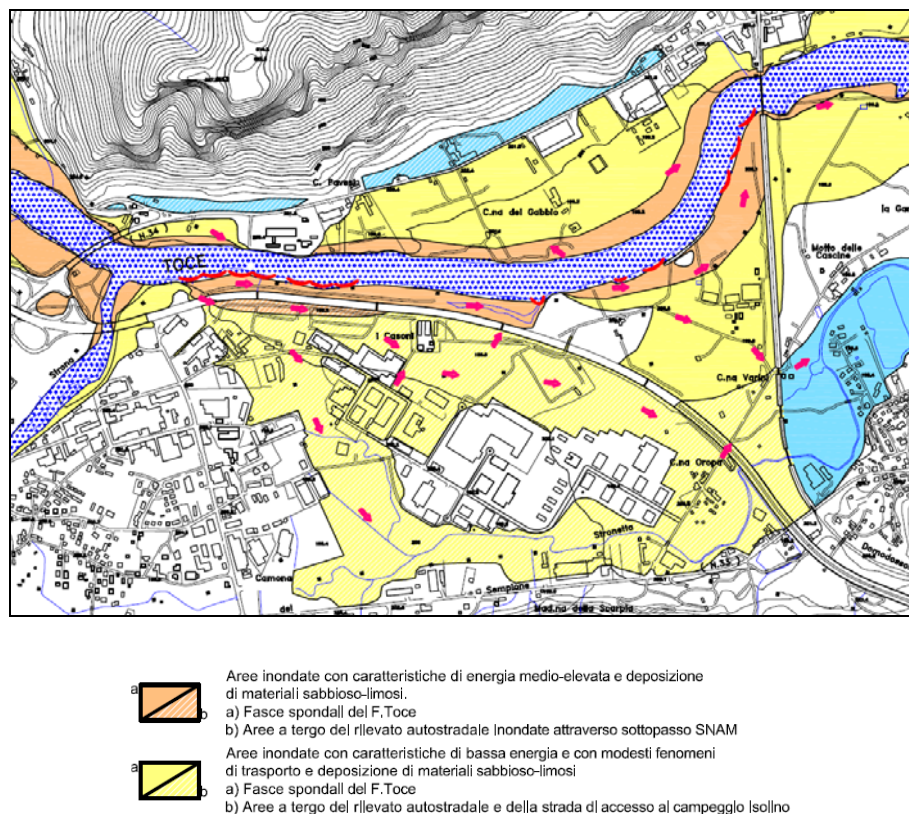


Fig. 3 Evento alluvionale 2000 - colmo di piena del fiume Toce (stralcio della Carta del dissesto idrogeologico del P.R.G. del Comune di Verbania, 2002)

L'esondazione del torrente Stronetta ha interessato l'area dell'ex Polveriera sino a circa 2 m di quota rispetto all'alveo di portata ordinaria; il fenomeno è stato condizionato ed incrementato dal contemporaneo innalzamento del livello del lago Maggiore (livello massimo a quota 197,94 m s.l.m.), fenomeno che ha impedito il normale deflusso delle acque (Fig. 4).

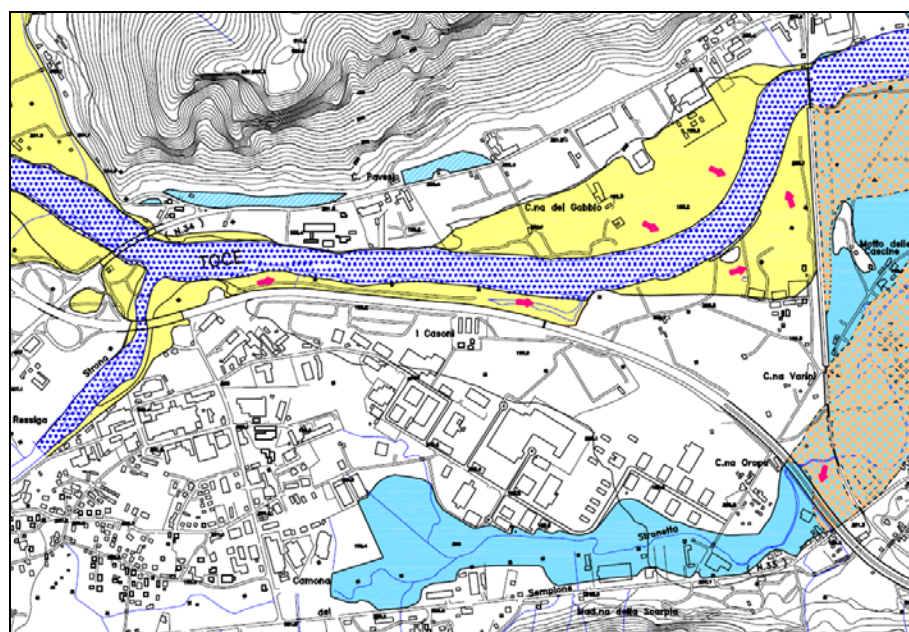


Fig. 4 Evento alluvionale 2000 - colmo di piena del lago Maggiore (stralcio della Carta del dissesto idrogeologico del P.R.G. del Comune di Verbania, 2002)

Sempre in sponda destra, in località “Il Montagnino”, si è avuta una tracimazione con erosione lungo tutta l’ansa e deposizione di materiale sabbioso parallelamente alla sponda destra.

4. GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Il territorio oggetto di studio ricade in un’area perifluviale costituita da un notevole spessore di depositi alluvionali che si sono accumulati in epoca recente sopra il substrato roccioso, che affiora lungo i versanti del corso d’acqua del fiume Toce (Fig. 5) .

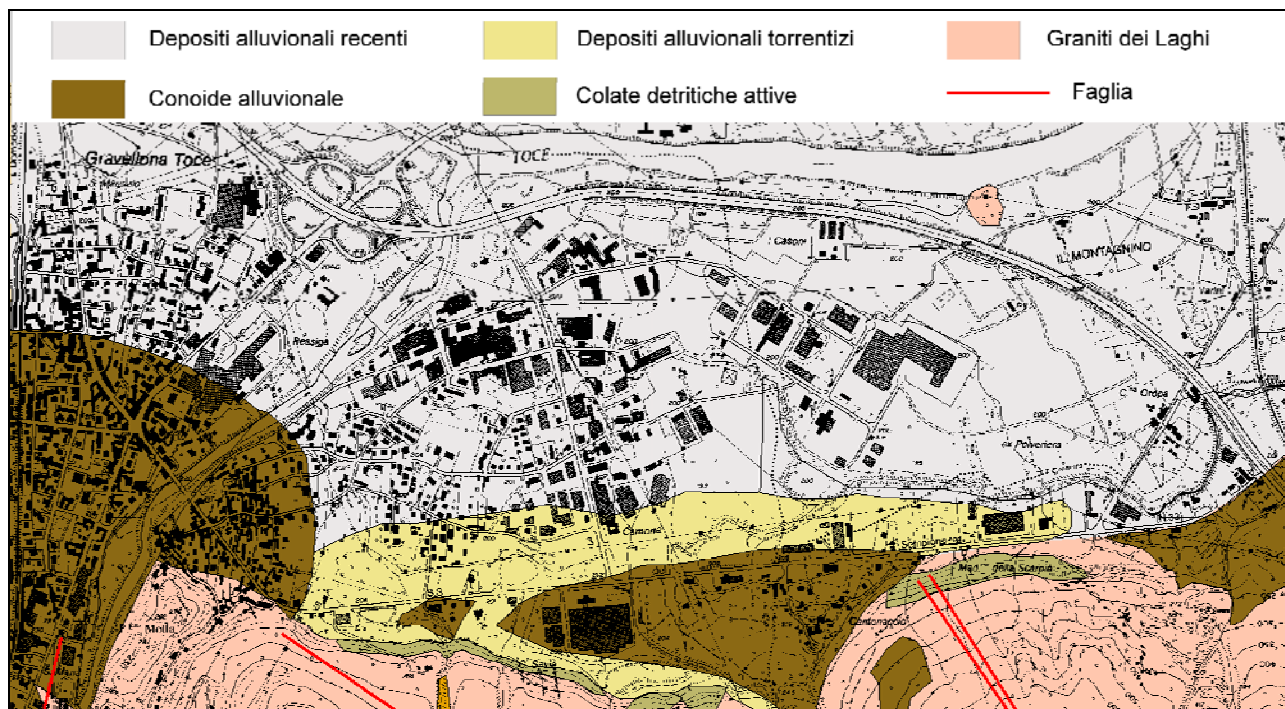


Fig. 5 Carta geolitologica

Di seguito vengono descritte le caratteristiche dei depositi superficiali e quelle del substrato roccioso affiorante in zona.

4.1 Depositi superficiali

Depositi alluvionali fluviali recenti

I depositi alluvionali fluviali recenti sono dovuti all'attività del fiume Toce ed in misura minore del torrente Stronetta; sono sedimenti di natura sabbiosa e sabbioso-limosa, con rare intercalazioni ghiaiose e lenti torbose. Dall'analisi delle stratigrafie di pozzi e sondaggi (ARPA Piemonte - Centro Regionale per le Ricerche Territoriali) si desume che lo spessore deposizionale di questo materiale sia superiore ai 100 metri.

I sedimenti hanno una granulometria più fine in profondità, con caratteristiche prevalentemente limose e livelli torbosi, mentre in superficie prevalgono alternanze sabbioso-limose verso il fiume Toce e sabbioso-ghiaiose verso il Mottarone, in corrispondenza delle conoidi degli affluenti. Gli ambienti di deposizione sono variati nel tempo passando da una fase subacquea a quella deltizia ed infine subaerea per il progressivo avanzamento della foce Toce in lago. Notevoli sono stati i rimaneggiamenti della piana alluvionale con l'utilizzo di materiali inerti provenienti dagli scarti di lavorazione delle vicine cave di granito.

Depositi alluvionali torrentizi e depositi di conoide alluvionale

Questi depositi si rinvencono al piede dei rilievi in destra idrografica (monte Mottarone) e sono legati al regime torrentizio degli affluenti minori, che attraverso processi di debris flow generano delle conoidi alluvionali attive, che si innestano ai margini della piana alluvionale.

Le caratteristiche granulometriche di queste conoidi variano molto: nella parte apicale presentano una grana grossolana caotica per divenire ghiaioso-ciottolosa da caotica a selettiva nelle parti medio-apicali; sabbioso-

ghiaiosa ben selezionata per il continuo dilavamento delle acque dei torrenti nella parte distale sino al passaggio coi sedimenti fluviali di fondovalle.

4.2 Substrato roccioso

Il substrato roccioso è costituito dal dominio Sudalpino che si estende a sud dalla linea del Canavese (SCHMID et al., 1989), fino al sottosuolo della pianura padana, ove è sepolto il fronte degli scorrimenti sud-vergenti.

Questo settore delle Alpi Meridionali è formato da un basamento metamorfico prealpino e da coperture sedimentarie largamente smantellate dall'erosione. Il basamento, sulla base di differenze litologiche e strutturali, è suddiviso dalla linea tettonica Cossato-Mergozzo-Brissago in due unità principali: la Serie dei Laghi, a cui è attribuito un significato di crosta continentale intermedia e superiore, e la Zona Ivrea-Verbanò, che rappresenta la crosta inferiore.

La "Serie dei Laghi" è suddivisa a sua volta in quattro sub-unità (Zingg, 1983, Gibbi Origoni et al. 1997) di cui due ricadono nella zona in esame, gli Scisti dei Laghi e la Zona Strona-Ceneri. Tutta l'unità è stata successivamente intrusa da una serie di plutoni a composizione granitica denominati "Graniti dei Laghi" di cui fanno parte, nel versante in destra idrografica del fiume Toce, il monte Mottarone e Camoscio ed in sinistra il monte Montorfano (Fig. 6).

Dal punto di vista strutturale il territorio presenta caratteristiche molto complesse e ancora poco conosciute con più fasi deformative, la più intensa delle quali è attribuibile in questa zona all'orogenesi Ercinica. I lineamenti tettonici principali hanno direzione SO-NE e riguardano essenzialmente la serie dei laghi, mentre i litotipi granitici messi in posto in una fase successiva alle deformazioni non sono stati interessati dai fenomeni deformativi.

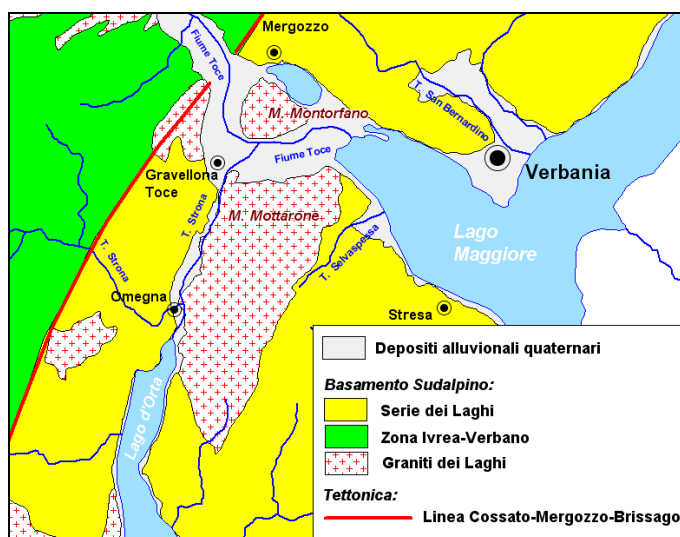


Fig. 6 Schema geologico-strutturale semplificato (semplificato da Regione Piemonte, Settore Prevenzione del Rischio Geologico. Meteorologico e Sismico)

In particolare, nell'area limitrofa all'intervento si distinguono:

Scisti dei Laghi: è una formazione metapelitica che affiora dal lago d'Orta al lago Maggiore, presso Verbania. Sono costituiti dall'alternanza di micascisti, paragneiss e, a volte, livelli centimetrici di anfiboliti. La loro composizione mineralogica è data da quarzo, muscovite, biotite, plagioclasio. In affioramento si presentano

alterati con colorazione rossastra in bancate scistose ampiamente sfogliate di micascisti ricchi in muscovite e biotite e bancate a composizione paragnessica compatta. Tipici sono i piegamenti a piccola e media scala degli strati di micascisti affioranti. In epoca successiva sono avvenute le intrusioni magmatiche (Permiano inferiore) con ridotte aureole metamorfiche di contatto.

Graniti dei Laghi: i graniti Permiani, comunemente detti Graniti dei Laghi, costituiscono un grande batolite allungato in direzione NE-SO; sono intrusioni magmatiche tardo-erciniche, non metamorfosate e generalmente poco deformate presenti sia negli Scisti dei Laghi, sia nella Zona Strona-Ceneri. L'aureola di contatto è alquanto ridotta ed è costituita da biotite, andalusite, cordierite, spinello e corindone (GALLITELLI, 1943; BORIANI et al., 1988a). Nell'area emergono il plutone di Mottarone-Baveno e quello di Montorfano.

Il plutone di Mottarone-Baveno presenta tre varietà di rocce: il "Granito Rosa di Baveno", il granito bianco di Mottarone che costituisce la maggior parte del plutone, e la granodiorite che costituisce un piccolo corpo contenente xenoliti scistosi (BORIANI et al., 1988a; CAIRONI, 1985). Il granito rosa è uno storico materiale ornamentale, composto da quarzo, ortoclasio, oligoclasio, biotite e, in quantità accessoria, da apatite, zircone, mica bianca, magnetite, fluorite con occasionali fayalite e zeoliti. Ha grana media e contiene sacche e vene pegmatitiche costituite da quarzo e feldspato, con occasionale berillo azzurro.

Il plutone di Montorfano è l'unico esempio, in zona, di roccia magmatica raffreddata lentamente in profondità in camera magmatica ed emersa per erosione delle rocce circostanti. E' costituito da granito bianco che, nella parte orientale, contiene inclusi mafici da centimetrici a pluridecimetrici e pegmatiti. Nel versante settentrionale è presente una fascia di trasformazione deutERICA profonda, che ha profondamente modificato il granito con sviluppo di una paragenesi ad albite, clorite e sericite e conseguente colorazione verde della roccia (BORIANI, 2000). Si tratta del cosiddetto "granito verde di Mergozzo", coltivato in passato come pietra ornamentale ("Verde di Mergozzo") ed attualmente trascurato anche a causa della scarsa tenuta della lucidatura e della presenza localizzata di carbonati ferriferi di colore giallo, che ne deturpano rapidamente l'aspetto superficiale (BIGIOGGERO e ZEZZA, 1997)

4.3 Caratterizzazione idrogeologica

I depositi alluvionali recenti si presentano come materiali sciolti di grana variabile da sabbie, ghiaie, limi e in profondità di lenti torbiditiche di scarsa continuità laterale; è presente una falda freatica superficiale alimentata dall'infiltrazione superficiale e dall'alimentazione di subalveo del corso d'acqua del fiume Toce.

Dall'analisi dei dati disponibili (ARPA Piemonte - Centro Regionale per le Ricerche Territoriali) la superficie piezometrica risulta attestarsi a pochi metri di profondità, con valori oscillanti dai 2 ai 5 metri dal p.c. in relazione alle variazioni stagionali e agli eventi di piena (durante i quali si verifica, in alcune zone depresse, l'innalzamento della falda fino alla superficie topografica). Le caratteristiche deposizionali e morfologiche indicano dei bassi gradienti idraulici con andamento della direzione di flusso lungo la direttrice del fiume Toce, con curve di livello piezometrico ben distanziate e velocità medio bassa di deflusso sotterraneo. La permeabilità dei terreni varia a seconda degli orizzonti granulometrici da 10^{-4} a 10^{-7} m/s.

5. SISMICITÀ

5.1 Sismicità locale

La sismicità rappresenta uno strumento indispensabile per le analisi sismotettoniche e un utile supporto alla geologia strutturale, in quanto varie tipologie di dati sismici, ottenuti attraverso differenti metodologie, possono fornire indicazioni per l'identificazione e la caratterizzazione delle strutture geologicamente attive.

L'insieme delle informazioni disponibili sui terremoti avvenuti in passato, ottenute secondo metodi di analisi di tipo sia strumentale che non, consistono essenzialmente in registrazioni del moto del terreno dalle quali è possibile ricavare l'ipocentro (in termini di latitudine, longitudine, profondità e relative incertezze), così come la dimensione (in termini di magnitudo o momento sismico) e la tipologia del meccanismo del terremoto (in termini di parametri di faglia o di tensore momento). I dati strumentali, sono integrati da informazioni sulla distribuzione spaziale degli effetti indotti dal terremoto sulle persone, sulle cose e sull'ambiente, dalle quali, attraverso la codifica di una scala macrosimica, è possibile ricavare la localizzazione, la magnitudo equivalente, le dimensioni fisiche ed anche l'orientazione della struttura sismogenetica.

Per la caratterizzazione della sismicità locale è stato fatto riferimento all'area circostante il centroide dell'area di intervento per un raggio di circa 70 Km. Nell'area in oggetto sono stati riportati gli epicentri relativi ai terremoti strumentali, storici ed i dati concernenti i meccanismi focali presenti in letteratura. I principali riferimenti bibliografici utilizzati per la definizione del quadro macrosismico sono i seguenti:

- SISMICITÀ STRUMENTALE: Catalogo Strumentale dei Terremoti Italiani (CSTI, 2001)
- EPICENTRI MACROSISMICI: Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI, 1999,2004)

La seguente tabella rappresenta i principali eventi sismici i cui epicentri sono stati rilevati in un raggio di circa 70 Km a partire dall'area di intervento (dati: Gruppo di lavoro CPTI (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna).

Tab. 1 Eventi sismici manifestatisi in un intorno di 70 Km dall'area di intervento (dati: CPTI04 - maggio 2004 dell' INGV)

Anno	Me	Gi	Area dei massimi effetti	Imx	Io	Maw	Lat	Lon
1394	3	22	BRIG		80	5.57	46.3	7.967
1597			SIMPLON		60	4.83	46.2	8.067
1684	2	26	ALETSCHEGLETSCHER		70	5.17	46.367	8.067
1755	12	9	Vallese	80	80	5.9	46.32	7.98
1827	2	26	BRIG		60	4.83	46.267	8
1837	1	24	BRIG		70	5.17	46.317	7.967
1851	1	1	BRIG		60	4.83	46.267	7.967
1855	7	25	Vallese	85	85	5.81	46.217	7.85
1855	10	28	RARON		70	5.17	46.25	7.917
1856	8	6	RARON		70	5.17	46.25	7.867
1857	11	4	ST. NIKLAUS		60	4.83	46.217	7.867
1858	2	5	ST. NIKLAUS		60	4.83	46.217	7.9
1862	5	4	ST. NICOLAS		65	5.03	46.167	7.833

Anno	Me	Gi	Area dei massimi effetti	Imx	Io	Maw	Lat	Lon
1874	12	1	ZERMATT	65	65	5.03	46.017	7.75
1877	10	22	ZERMATT		60	4.83	46.017	7.75
1880	7	4	Vallese	70	70	5.38	46.27	8.07
1881	3	3	RARON		60	4.83	46.3	7.917
1891	12	20	VALLE DELL'ISORNO		55	4.63	46.167	8.433
1892	3	5	PONT S. MARTIN	75	70	5.09	45.569	7.797
1895	11	2	SOMMA LOMBARDO		55	4.63	45.667	8.75
1924	4	15	RARON		70	5.48	46.25	7.917
1933	1	24	VIEGE		60	4.83	46.3	7.917
1933	9	24	RARON		60	4.77	46.267	7.867
1949	7	22	VISPERTAL		55	4.58	46.2	7.9
1954	7	29	MONTANA	30		5.24	46.267	7.7
1960	3	23	Vallese	65	65	5.36	46.35	7.98
1968	6	18	BARD	60	60	5.18	45.683	7.768

Legenda:

Intensità massima (Imx) intensità massima x 10 (scala MCS). È stato riportato il valore presente nello studio o nel catalogo di partenza.

Intensità epicentrale (Io) intensità epicentrale x 10 (scala MCS). È stata determinata con l'obiettivo di utilizzare questo parametro come uno strumento omogeneo per la misura delle dimensioni del terremoto ($I_0 = 2.288 M_w - 4.864$).

Magnitudo momento (Mw) in base alla tipologia di stima (Maw)

5.2 Sorgenti simogenetiche

L'Istituto Nazionale di Geofisica e di Vulcanologia ha diffuso, nell'ambito del Progetto DISS3, le informazioni riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismico-tettoniche delle Sorgenti Sismogenetiche presenti sul territorio nazionale. L'area di studio non risulta insistere in corrispondenza di sorgenti sismogenetiche. La sorgente più vicina (48 Km) risulta essere quella classificata come CHCS001 Eastern Valais (Fig. 7), le cui caratteristiche sono sintetizzate all'interno della Tab. 2.

Tab. 2 Caratteristiche della sorgente Sismogenetica ITCS023 Western Piemonte

DISS 3.1.1: Seismogenic Source CHCS001 - Eastern Valais	
Source Info Summary	Commentary
References	Pictures
General information	
Code	CHCS001
Name	Eastern Valais
Compiled By	Burrato, P., and S. Mariano
Latest Update	24/09/2007
Parametric information	
Parameter	Qual. Evidence
Min Depth (km)	5 LD Based on seismological data from Delacou et al. (2004).
Max Depth (km)	20 LD Based on seismological data from Delacou et al. (2004).
Strike (deg)	40 - 65 OD Based on regional geological data.
Dip (deg)	60 - 70 EJ Inferred from regional geological data.
Rake (deg)	250 - 290 LD Based on regional geological and seismological data from Delacou et al. (2004).
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 1 EJ Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude (Mw)	5.9 LD Derived from the strongest earthquake occurred in the region.
Q-keys: LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement	

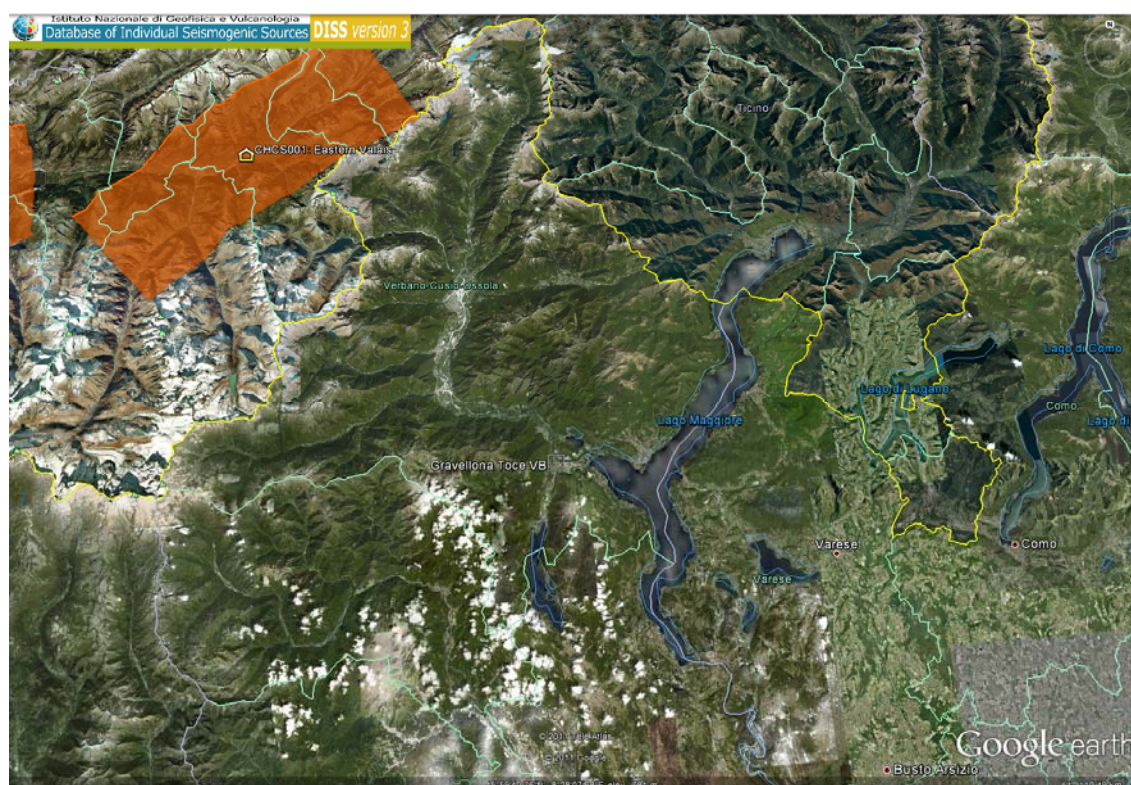


Fig. 7 Database zone sismogenetiche INGV (DISS3): rappresentazione cartografica delle CSS (Composite Seismogenic Source)

Le caratteristiche salienti della sorgente sismogenetica riguardano in particolare la Magnitudo degli eventi attesi, pari a 5,9 e la profondità degli ipocentri, compresa tra 5 e 20 chilometri.

5.3 Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati dalle NTC 2008, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

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), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le NTC 2008 stabiliscono che le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T^*_C : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g , F_o e T^*_C necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

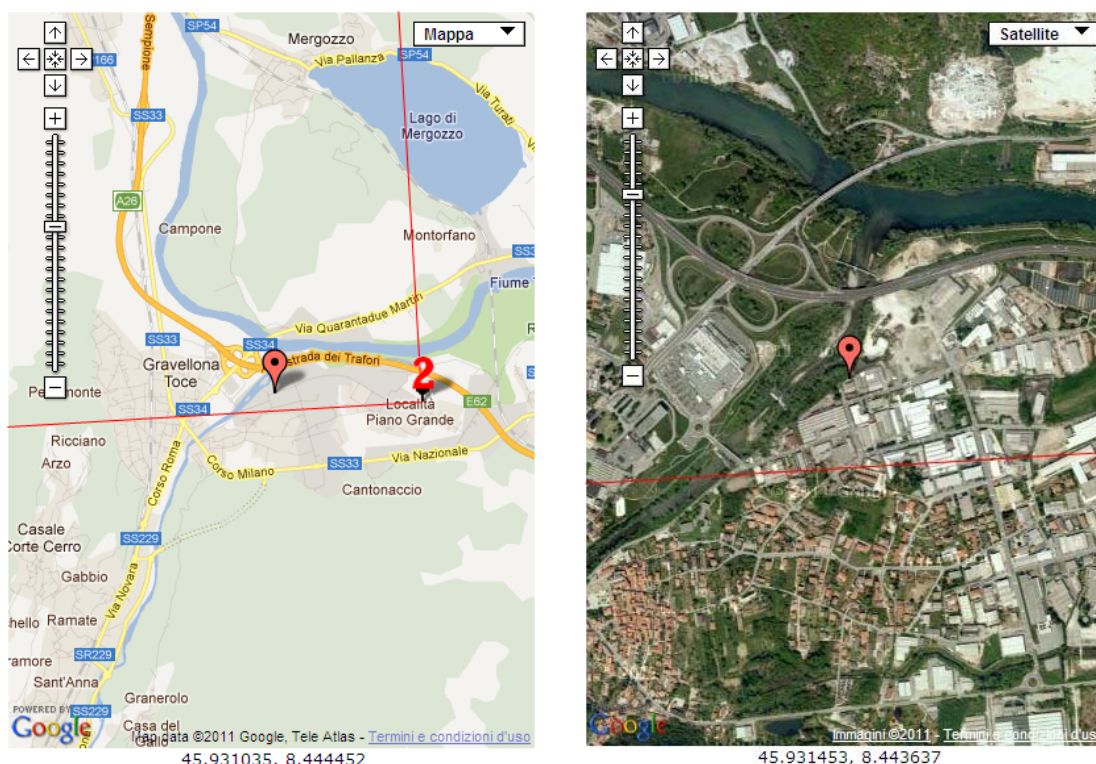


Fig. 8 Rappresentazione dei punti della maglia del reticolo di riferimento riportati nella Tab.1 allegata alle NTC 2008

L'area di studio è individuata dalle coordinate (WGS84) 49.931° di Latitudine e 8.444° di Longitudine e ricade pertanto all'interno del reticolo di riferimento tra i 4 vertici indicati nella Fig. 3 per i quali le NTC definiscono i parametri necessari per definire l'azione sismica (TABELLA 1: Valori di a_g , F_o e T^*_c per 10751 punti del reticolo di riferimento).

Per quanto riguarda la definizione dei parametri sismici sono state operate a livello preliminare le seguenti classificazioni:

in primo luogo è stata definita la classe dell'opera, facendo riferimento alla I Classe, così come definita dalle NTC 2008 (Tab. 3).

Tab. 3 Classi degli edifici secondo le NTC 2008

Classe	Descrizione
I.	Presenza occasionale di persone, edifici agricoli
II.	Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali
III.	Affollamento significativo
IV.	Funzioni pubbliche o strategiche importanti

E' stata quindi definita la "Vita nominale" dell'opera, facendo riferimento al valore di 50 anni, così come definito dalle NTC 2008 (Tab. 4).

Tab. 4 Vita nominale delle opere secondo le NTC 2008

Tipo opera	Vita Nominale
------------	---------------

Opere provvisorie	<=10,
Opere ordinarie	>=50,
Grandi opere	>=100

La seguente Tab. 5 riporta i parametri sismici relativi all'area di intervento, così come definiti dalle NTC 2008:

Tab. 5 Parametri sismici dell'area di intervento (Tabella 1 allegata alle NTC 2008)

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,018	2,568	0,154
Danno (SLD)	50	0,023	2,527	0,185
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,050	2,642	0,282
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,060	2,721	0,305
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

E' stata inoltre definita, sempre con riferimento ai criteri classificativi introdotti dalle NTC 2008, e sulla base delle caratteristiche stratigrafiche individuate attraverso le indagini eseguite nell'area (facendo riferimento in particolare ai valori di SPT), la categoria di sottosuolo dei siti di edificazione secondo quanto previsto dalle NTC 2008 (Tab. 6) .

Tab. 6 Categorie di sottosuolo secondo le NTC 2008

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

In considerazione della natura stratigrafica dei terreni di fondazione delle opere previste dal progetto e sulla base dei valori di resistenza dei terreni (da prove SPT), risulta opportuno differenziare la categoria del suolo di fondazione nelle diversi siti di intervento.

La seguente Tab. 7 sintetizza, con riferimento alle caratteristiche geotecniche del substrato, la classificazione effettuata circa la categoria del suolo di fondazione.

Tab. 7 Categorie di sottosuolo riferite ai singoli interventi in progetto

Intervento	Classificazione geotecnica del suolo di fondazione	Categoria sottosuolo (NTC 2008)
A Argine in terra l=290 m	G 1	C
B Argine in terra l=72 m	G 1	C
C, C1, C2 Manufatti imbocco tombini	G 1	C
D Argine in terra l=155 m	G 1	C
E Manufatto imbocco tombino	G 2 – A1	D
F Argine in terra l=155 m	G 2 – A1	D

Per quanto riguarda infine la definizione della categoria topografica dell'area in esame è stato fatto riferimento alla categoria T1 in ragione della morfologia pianeggiante dei siti di intervento, così come definita dalle NTC 2008 (Tab. 8).

Tab. 8 Categorie topografiche secondo le NTC 2008

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Sulla base delle classificazioni sopra riportate è stato possibile calcolare i coefficienti sismici che permetteranno di definire gli spettri di accelerazione sia orizzontali che verticali, così come definiti dalle relazioni riportate nel paragrafo 3.2.3.2 delle NTC.

Le seguenti Tab. 9 e Tab. 10 riportano i coefficienti sismici necessari per la definizione dello spettro di accelerazione relativo alle diverse aree di intervento.

Tab. 9 Calcolo dei coefficienti sismici relativi alle aree con categoria di sottosuolo C

Categoria sottosuolo		C			
Categoria topografica		T1			
		SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	*				
Amplificazione stratigrafica		1,50	1,50	1,50	1,50
Cc	*				
Coeff. funz categoria		1,95	1,83	1,59	1,55
St	*				
Amplificazione topografica		1,00	1,00	1,00	1,00
Coefficienti		SLO	SLD	SLV	SLC

kh	0,005	0,007	0,015	0,018
kv	0,003	0,003	0,008	0,009
Amax [m/s ²]	0,260	0,334	0,736	0,886
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Tab. 10 Calcolo dei coefficienti sismici relativi alle aree con categoria di sottosuolo D

Categoria sottosuolo		<div>D</div>			
Categoria topografica		<div>T1</div>			
		SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	*				
Amplificazione stratigrafica		<div>1,80</div>	<div>1,80</div>	<div>1,80</div>	<div>1,80</div>
Cc	*				
Coeff. funz categoria		<div>3,18</div>	<div>2,91</div>	<div>2,35</div>	<div>2,26</div>
St	*				
Amplificazione topografica		<div>1,00</div>	<div>1,00</div>	<div>1,00</div>	<div>1,00</div>
Coefficienti		SLO	SLD	SLV	SLC
kh		0,006	0,008	0,018	0,022
kv		0,003	0,004	0,009	0,011
Amax [m/s ²]		0,312	0,401	0,883	1,063
Beta		0,200	0,200	0,200	0,200

5.3.1 Spettri di risposta elastici

Sulla base del software predisposto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Spettri di risposta ver. 1.0.3) sono stati definiti gli spettri relativi alle componenti orizzontale e verticale, con riferimento agli stati limite contemplati dalle NTC-08 ed in particolare:

SLE Stati limite di esercizio	SLO	Stato limite di operatività
	SLD	Stato limite di danno
SLU Stati limite ultimi	SLV	Stato limite di salvaguardia della vita
	SLC	Stato limite di prevenzione del collasso

I grafici riportati nelle seguenti figure rappresentano i valori di accelerazione spettrali attesi (S_d [g]) rispetto al periodo di oscillazione (T [s]).

5.3.1.1 Sottosuolo di categoria C

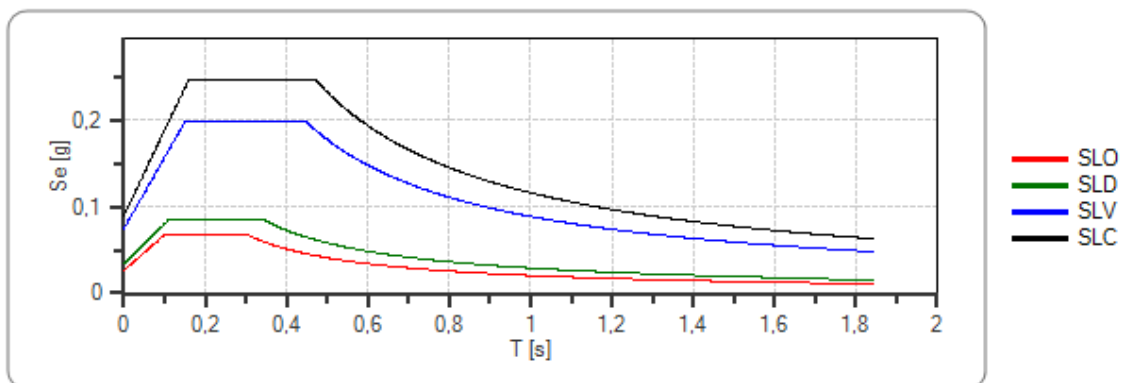
Spettro di risposta elastico in accelerazione
 Coefficiente di smorzamento viscoso ξ

5

 %

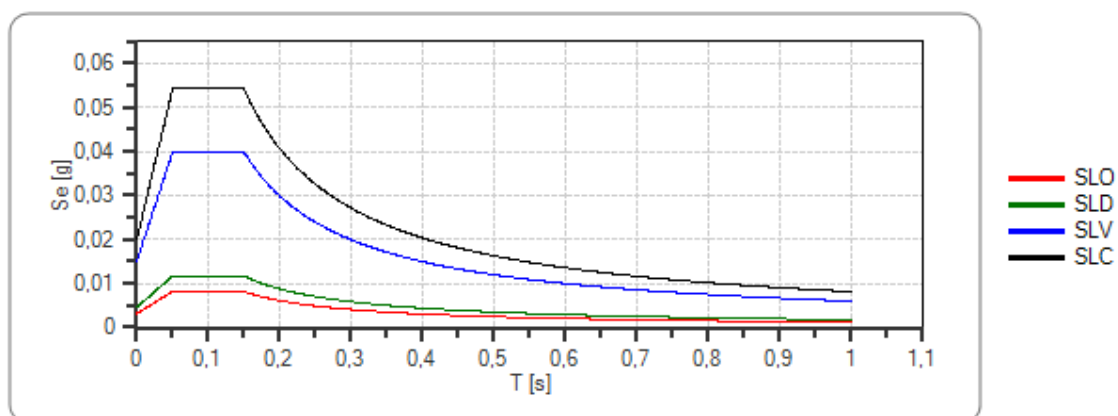
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [(10/5+\xi)]^{(1/2)}$ 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,018	2,568	0,154	1,500	1,950	1,000	1,500	1,000	0,100	0,301	1,671
SLD	1	0,023	2,527	0,185	1,500	1,830	1,000	1,500	1,000	0,113	0,338	1,691
SLV	1	0,050	2,642	0,282	1,500	1,590	1,000	1,500	1,000	0,149	0,448	1,800
SLC	1	0,060	2,721	0,305	1,500	1,550	1,000	1,500	1,000	0,158	0,473	1,841

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,018	2,568	0,154	1,000	1,950	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,023	2,527	0,185	1,000	1,830	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,050	2,642	0,282	1,000	1,590	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,060	2,721	0,305	1,000	1,550	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

5.3.1.2 Sottosuolo di categoria D

Spettro di risposta elastico in accelerazione

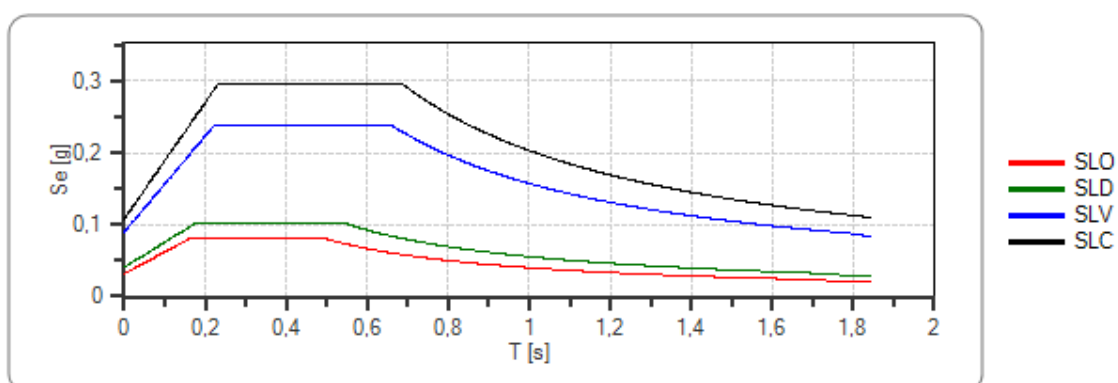
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [(10/5+\xi)]^{(1/2)}$

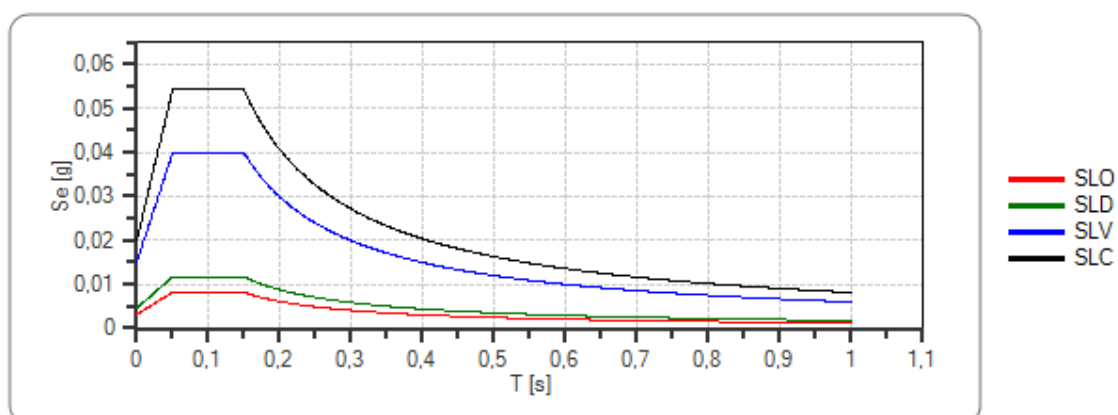
1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,018	2,568	0,154	1,800	3,180	1,000	1,800	1,000	0,164	0,491	1,671
SLD	1	0,023	2,527	0,185	1,800	2,910	1,000	1,800	1,000	0,179	0,538	1,691
SLV	1	0,050	2,642	0,282	1,800	2,350	1,000	1,800	1,000	0,221	0,662	1,800
SLC	1	0,060	2,721	0,305	1,800	2,260	1,000	1,800	1,000	0,230	0,690	1,841

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag	Fo	Tc*	Ss	Cc	St	S	η	TB	TC	TD
--	----	----	----	-----	----	----	----	---	--------	----	----	----

		[g]		[s]						[s]	[s]	[s]
SLO	1	0,018	2,568	0,154	1,000	3,180	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,023	2,527	0,185	1,000	2,910	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,050	2,642	0,282	1,000	2,350	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,060	2,721	0,305	1,000	2,260	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

5.4 DGR 11-13058 del 19-01-10

La Regione Piemonte, con la DGR 11-13058 del 19-01-10 “Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)” ha rielaborato la classificazione dei comuni ai sensi della vigente normativa antisismica nazionale, definendo nello specifico le procedure da seguire nella gestione dei progetti di intervento sul territorio.

Il Comune di Gravellona Toce rientra tra quelli classificati in ZONA 4. (Fig. 9)

Con riferimento a tale classificazione la citata D.G.R. elimina l'esenzione dall'obbligo della progettazione antisismica (contenuta nell'art. 2 della D.G.R. 61-11017 del 17/11/2003) stabilendo che le “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al Decreto Ministero Infrastrutture del 14 gennaio 2008 trovano piena applicazione su tutto il territorio regionale

Per la zona 4 non viene, inoltre, introdotto l'obbligo del rispetto dell'art. 89 D.P.R. 380/2001 (richiesta di parere del competente ufficio tecnico regionale sugli strumenti urbanistici generali e particolareggiati prima della delibera di adozione), fatta salva la permanenza dell'obbligo relativamente agli abitati da consolidare.

COMPLETAMENTO ARGINE DESTRO
TORRENTE STRONA FINO ALLA SUPERSTRADA
PER BAVENO (NO) E REALIZZAZIONE NUOVO
ARGINE IN SPONDA DESTRA FIUME TOCE
(VB-E-31)

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione geotecnica

CODICE DOCUMENTO

ELABORATO

S 3 9 4 - 0 3 - 0 0 2 0 0 . D O C C O

2.1

00	MAGGIO 2013	G. CARRA	I.FRESIA	A.DENINA	
REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE	MODIFICHE

SERVIZI DI INGEGNERIA

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE

**HY.M.STUDIO**
INGEGNERIA IDRAULICA MUNICIPALE
HY.M.STUDIO associazione professionale tra gli ingegneri A. Denina, A. Porcellana, M.Codo
sede legale e uffici: Via Pomba, 23 - 10123 Torino - T. 011 5613103 t.fax 011 5620620
Cod. Fisc./P.IVA 05639220010 - e-mail: hym.studio@hydrodata.it - sito web: www.hydrodata.it**art**
ambiente risorse territorio**ART Ambiente Risorse Territorio srl**
strada Pietro Del Prato 15/A 43100 Parma
tel. +39 0521 030911 fax +39 0521 030999
info@artambiente.org www.artambiente.org

INDICE

1. PREMESSA	1
2. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO	1
2.1 Sondaggi stratigrafici	1
2.2 Caratteristiche stratigrafiche	2
2.3 Analisi delle caratteristiche di resistenza dei terreni	3
2.4 Considerazioni relative al fenomeno della liquefazione	8
3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	9
3.1 Stima del carico ammissibile e dei cedimenti	9
3.2 Verifica di stabilità del rilevato arginale	13
3.3 Verifica del pericolo di sifonamento del rilevato arginale	17
3.4 Conclusioni	19

Allegato A – Dati stratigrafici

Allegato B – Risultati di analisi della verifica della stabilità del rilevato arginale

1. PREMESSA

Il presente elaborato costituisce la relazione geotecnica allegata al progetto esecutivo dei lavori relativi al *"Completamento argine destro torrente Strona fino alla superstrada per Baveno (NO) e realizzazione nuovo argine in sponda destra fiume Toce (VB-E-31)"*.

Le opere che si prevede di realizzare sono costituite da quattro nuove tratte di arginatura, due di sviluppo contenuto e localizzato in corrispondenza di attraversamenti esistenti dell'A26 e due di sviluppo longitudinale più importante (290 m per l'intervento di monte e 400 m per l'intervento di valle), che proteggeranno dall'allagamento l'area all'interno della quale si trovano gli insediamenti industriali del Tecnoparco del lago Maggiore.

2. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

2.1 Sondaggi stratigrafici

Lo studio delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei siti di intervento è stato effettuato sulla base delle informazioni pubblicate dal portale web gis dell'ARPA Piemonte - Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto.

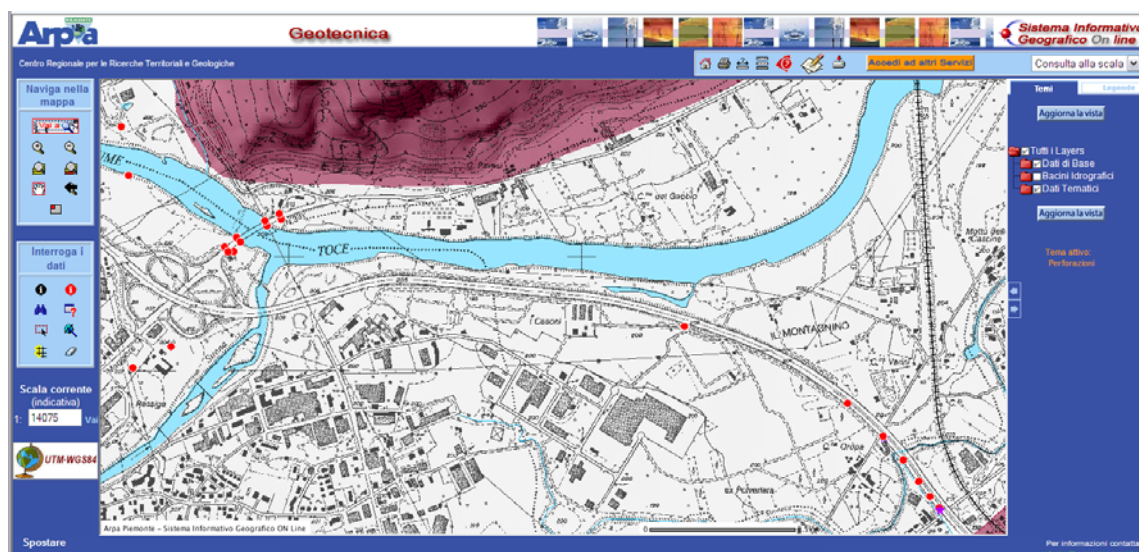


Fig. 1 Portale cartografico della Banca dati Geotecnica dell'ARPA Piemonte

Per la rappresentazione delle caratteristiche del sottosuolo sono stati selezionati i sondaggi che per prossimità e per affinità con le caratteristiche morfologiche e sedimentarie presenti in corrispondenza delle singole aree di intervento possono essere considerati rappresentativi e di conseguenza sufficientemente affidabili. I sondaggi utilizzati, dettagliatamente descritti nei seguenti paragrafi, sono elencati nella seguente **Tab. 1** (la loro rappresentazione planimetrica è riportata nell'allegata tavola " Planimetria di progetto con indicazione sondaggi"):

Tab. 1 Elenco dei sondaggi di riferimento

CODICE	DATA	COMUNE	CANTIERE	LOCALITA'	QUOTA P.C.	PROFONDITA'	FALDA
100095	29/7/1998	GRAVELLONA TOCE	VI tronco Metanodotto Matera-Mortara	S.S. n. 34 - Gravelona Toce	207	15	-
100098	29/7/1998	VERBANIA	VII tronco Metanodotto Matera-Mortara	Autostrada Gravelona Toce	200	8	-
103208	17/4/1984	VERBANIA	Autostrada dei trafori A26, tratto Carpugnino-Ferolo	Viadotto sul torrente La Stronetta	196	35	-4
103210	12/4/1984	VERBANIA	Autostrada dei trafori A26, tratto Carpugnino-Ferolo	Viadotto sul torrente La Stronetta	198	35,5	-4
103344	0/0/1969	GRAVELLONA TOCE	S.S. n. 34 costruzione nuovo ponte sul fiume Toce	S.S. n. 34 Ponte sul fiume Toce - Spalla destra	208	38,4	-
103663	30/5/2002	GRAVELLONA TOCE	Edilizia: Realizzazione centro commerciale svincolo autostrada A 26 e S.S. 34	Ressiga	203	10	-5

2.2 Caratteristiche stratigrafiche

Gli elementi disponibili circa le caratteristiche del substrato di fondazione delle opere in progetto evidenziano un quadro stratigrafico piuttosto complesso e differenziato nei differenti settori. I sedimenti alluvionali, in ragione della tipologia di ambiente di sedimentazione e delle complessità dell'evoluzione morfologica subita dall'area, presentano caratteristiche disomogenee.

Ai fini del progetto delle opere si è resa pertanto necessaria la definizione di un modello geotecnico in grado di rappresentare la variabilità delle caratteristiche geotecniche dei materiali alluvionali sia lungo lo sviluppo longitudinale complessivo, sia lungo le verticali nei singoli tratti. Sono pertanto state elaborate opportune stratigrafie lungo i profili di progetto evidenziando le differenti unità individuate. Tali unità sono state definite comprendendo i livelli che, sulla base delle indagini eseguite, sono risultati caratterizzati da una sostanziale omogeneità delle caratteristiche geotecniche complessive e rispetto ai quali sono stati definiti i parametri necessari per il dimensionamento delle opere di fondazione e soprattutto per la verifica dei requisiti di stabilità.

Le caratteristiche stratigrafiche che contraddistinguono la sponda destra del T.Strona nel tratto interessato dall'intervento "A Argine in terre e scogliera in massi di cava" e intervento "B Argine in terra", descritte nelle tavole allegate (Stratigrafia su intervento A e Stratigrafia su intervento B), sono sintetizzate nella seguente Tab. 2.

Tab. 2 Caratteristiche stratigrafiche in sponda destra del T.Strona

Nome strato	Terreno	profondità (m)		Spessore (m)
		tetto	letto	(m)
orizzonte G1	granulare	0.00 – 2.00	> - 15.00	> 13.00

(le quote sono riferite allo 0 stabilito sul piano campagna attuale)

In corrispondenza della sponda destra del F.Toce, nel tratto interessato dalla realizzazione degli interventi "C, C1 e C2 Rifacimento ed innalzamento pareti manufatti di imbocco dei tombini" e dall'intervento "D Argine in terra" le caratteristiche stratigrafiche, descritte nelle tavole allegate (Stratigrafia su intervento C -

esemplificativo dei tre interventi C, C1 e C2) e Stratigrafia su intervento D), sono sintetizzate nella seguente Tab. 3.

Tab. 3 Caratteristiche stratigrafiche in sponda destra del F.Toce

Nome strato	Terreno	profondità (m)		Spessore (m)
		tetto	letto	(m)
orizzonte G1	granulare	0.00	> - 8.00	> 8.00

(le quote sono riferite allo 0 stabilito sul piano campagna attuale)

Più a valle, in corrispondenza della loc. C.na Oropa dove il progetto prevede la realizzazione dell' intervento "E Rifacimento del manufatto di imbocco del tombino" e dell'intervento "F Argine in terra" le caratteristiche stratigrafiche, descritte nelle tavole allegate (Stratigrafia su intervento E e Stratigrafia su intervento F) , sono sintetizzate nella seguente Tab. 4.

Tab. 4 Caratteristiche stratigrafiche in loc. C.na Oropa











Nome strato	Terreno	profondità (m)		Spessore (m)
		tetto	letto	(m)
orizzonte G2	granulare	0.00	7.00 – 18.50	7.00 – 18.50
orizzonte A1	coesivo	7.00 – 18.50	> 35.50	> 17.00

(le quote sono riferite allo 0 stabilito sul piano campagna attuale)











2.3 Analisi delle caratteristiche di resistenza dei terreni











Sulla base dei valori di resistenza alla penetrazione dinamica SPT, pubblicati dalla Banca Dati Geotecnica regionale, sono stati definiti i principali parametri necessari per la descrizione del modello geotecnico di riferimento per la progettazione. I dati disponibili sono stati analizzati attraverso metodologie ed algoritmi di trasformazione estremamente cautelativi.

Le tabelle riportate nelle seguenti pagine evidenziano i risultati ottenuti relativamente alle verticali di sondaggio prese come riferimento. I diversi parametri, opportunamente trattati in termini statistici e valutati rispetto alle caratteristiche stratigrafiche delle aree di intervento sono stati attribuiti alle tre principali unità stratigrafiche individuate, nei termini rappresentati in Tab. 5.

			Prof.	Nspt	correzione Terzaghi-Peck (1948)	Nspt corretto	σ'_{v0} (kPa)	Cn (kPa)	N ₆₀	N' ₆₀	Dr (%)	ϕ' (°)	OCR (NC/OC)	E (Mpa)
Prova	100098							2			65		NC	0.3
					<input checked="" type="checkbox"/> 									
Falda	4.0	1	1.0	34	<input checked="" type="checkbox"/> 	24.5	20	1.36	26.5	36.1	75	44	NC	35
		2	2.0	34	<input checked="" type="checkbox"/> 	24.5	39	1.25	26.5	33.1	71	44	NC	35
γ_n	19.5	3	3.0	34	<input checked="" type="checkbox"/> 	24.5	59	1.16	26.5	30.6	69	43	NC	35
		4	4.0	34	<input checked="" type="checkbox"/> 	24.5	78	1.07	26.5	28.4	66	43	NC	35
Pressione atmosferica		5	5.0	34	<input checked="" type="checkbox"/> 	24.5	88	1.04	26.5	27.4	65	43	NC	35
Kpa	98.00	6	6.0	49	<input checked="" type="checkbox"/> 	32.0	97	1.00	34.6	34.6	73	44	NC	41
		7	7.0	49	<input checked="" type="checkbox"/> 	32.0	107	0.97	34.6	33.5	72	44	NC	41
Rendim. Normalizzato		8	8.0	49	<input checked="" type="checkbox"/> 	32.0	117	0.94	34.6	32.5	71	44	NC	41
ER/60	1.08	9	9.0	49	<input checked="" type="checkbox"/> 	32.0	126	0.91	34.6	31.5	70	44	NC	41
		10	10.0	49		32.0	136	0.89	34.6	30.6	69	43	NC	41
parametri ϕ'														
38	0.08													

			Prof.	Nspt	correzione Terzaghi-Peck (1948)	Nspt corretto		σ'_{v0} (kPa)	Cn (kPa)	N ₆₀	N' ₆₀	Dr (%)	ϕ' (°)	OCR (NC/OC)	E (Mpa)
Prova	103210								2			65		NC	0.3
Falda	4.0	1	1.0	12		13.5		20	1.36	14.6	19.9	55	42	NC	27
		2	2.0	12		13.5		39	1.25	14.6	18.2	53	42	NC	27
γ_n	19.5	3	3.0	12		13.5		59	1.16	14.6	16.8	51	42	NC	27
		4	4.0	12		13.5		78	1.07	14.6	15.6	49	42	NC	27
Pressione atmosferica		5	5.0	12		13.5		88	1.04	14.6	15.1	48	42	NC	27
Kpa	98.00	6	6.0	12		13.5		97	1.00	14.6	14.6	47	42	NC	27
		7	7.0	12		13.5		107	0.97	14.6	14.1	47	42	NC	27
Rendim. Normalizzato		8	8.0	14		14.5		117	0.94	15.7	14.7	48	42	NC	28
ER/60	1.08	9	9.0	14		14.5		126	0.91	15.7	14.3	47	42	NC	28
		10	10.0	14		14.5		136	0.89	15.7	13.9	46	42	NC	28
parametri ϕ'															
38	0.08														

			Prof.	Nspt	correzione Terzaghi-Peck (1948)	Nspt corretto		σ'_{v0} (kPa)	Cn (kPa)	N ₆₀	N' ₆₀	Dr (%)	ϕ' (°)		OCR (NC/OC)	E (Mpa)
Prova	103663								2			65			NC	0.3
																
Falda	4.0	1	1.0	36		25.5	20	1.36	27.5	37.6	76	44			NC	36
		2	2.0	36		25.5	39	1.25	27.5	34.5	73	44			NC	36
γ_n	19.5	3	3.0	36		25.5	59	1.16	27.5	31.8	70	44			NC	36
		4	4.0	36		25.5	78	1.07	27.5	29.6	67	43			NC	36
Pressione atmosferica		5	5.0	36		25.5	88	1.04	27.5	28.5	66	43			NC	36
Kpa	98.00	6	6.0	68		41.5	97	1.00	44.8	44.9	83	45			NC	48
		7	7.0	68		41.5	107	0.97	44.8	43.5	82	45			NC	48
Rendim. Normalizzato		8	8.0	68		41.5	117	0.94	44.8	42.1	81	44			NC	48
ER/60	1.08	9	9.0	68		41.5	126	0.91	44.8	40.9	79	44			NC	48
		10	10.0	68		41.5	136	0.89	44.8	39.7	78	44			NC	48
parametri ϕ'																
38	0.08															

			Prof.	Nspt	correzione Terzaghi-Peck (1948)	Nspt corretto	σ'_{v0} (kPa)	Cn (kPa)	N ₆₀	N' ₆₀	Dr (%)	ϕ' (°)	OCR (NC/OC)	E (Mpa)
Prova	103209							1			55		NC	0.3
														
Falda	4.0	1	1.0	7		7.0	18	1.69	7.6	12.8	48	35	NC	22
		2	2.0	7		7.0	36	1.46	7.6	11.1	45	34	NC	22
γ_n	18.0	3	3.0	7		7.0	54	1.29	7.6	9.7	42	34	NC	22
		4	4.0	7		7.0	72	1.15	7.6	8.7	40	34	NC	22
Pressione atmosferica		5	5.0	7		7.0	80	1.10	7.6	8.3	39	33	NC	22
Kpa	98.00	6	6.0	7		7.0	88	1.05	7.6	8.0	38	33	NC	22
		7	7.0	12		12.0	97	1.01	13.0	13.1	49	35	NC	26
Rendim. Normalizzato		8	8.0	12		12.0	105	0.97	13.0	12.5	48	35	NC	26
ER/60	1.08	9	9.0	12		12.0	113	0.93	13.0	12.0	47	35	NC	26
		10	10.0	12		12.0	121	0.89	13.0	11.6	46	34	NC	26
parametri ϕ'														
28	0.14													

Le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione sono pertanto riassunte nella seguente Tab. 5.

Tab. 5 Parametri geotecnici di riferimento per la progettazione

Orizzonte G1

Parametro	Sigla	Valore
Coesione non drenata	C_u	0,00 KPa
Angolo di attrito interno (efficace)	Φ'	30 - 35°
Coesione efficace	C'	0 KPa
Peso di volume	γ	19.5 KN/m ³
Modulo elastico	E	60 MPa
Coefficiente di permeabilità	K	10 ⁻³ m/s

Orizzonte G2

Parametro	Sigla	Valore
Coesione non drenata	C_u	0,00 KPa
Angolo di attrito interno (efficace)	Φ'	25 - 30°
Coesione efficace	C'	0 - 50 KPa
Peso di volume	γ	19,5 KN/m ³
Modulo elastico	E	40 MPa
Coefficiente di permeabilità	K	10 ⁻⁴ m/s

Orizzonte A1

Parametro	Sigla	Valore
Coesione non drenata	C_u	40 - 80 KPa
Angolo di attrito interno (efficace)	Φ'	20°
Coesione efficace	C'	0 - 50 KPa
Peso di volume	γ	18.0 KN/m ³
Modulo elastico	E	25 MPa
Coefficiente di permeabilità	K	10 ⁻⁴ m/s

2.4 Considerazioni relative al fenomeno della liquefazione

La vigente normativa tecnica per il progetto di opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggette ad azioni sismiche richiede che, in fase di scelta della localizzazione del sito di costruzione, sia accertato che i terreni di fondazione in esso presenti siano esenti da pericolo di liquefazione, cioè diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidezza causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo

scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative e conseguente possibile collasso delle strutture.

Le informazioni stratigrafiche e geotecniche di dettaglio pubblicate nell'ambito della banca dati geotecnica dell'ARPA Regionale hanno permesso di escludere la potenziale insorgenza del fenomeno.

Nonostante infatti siano presenti orizzonti stratigrafici potenzialmente liquefacibili come sabbie fini, sabbie limose, sabbie con ghiaia, terreni plastici, con basso stato di addensamento sotto falda, deve essere evidenziato come al di sopra di essi, ed in particolare in corrispondenza del substrato di fondazione sia sempre presente un consistente strato di materiali non soggetti a tale fenomeno e come pertanto vengano meno le condizioni per lo sviluppo dello stesso.

Secondo la letteratura scientifica in materia (si ricorda ad esempio il metodo Sherif e Ishibashi, 1978) la presenza di uno spessore di almeno 3 m di terreno non liquefacibile a partire dal piano campagna (o dal piano di fondazione) costituirebbe un filtro sufficiente per le opere in superficie, che non risentirebbero quindi di eventuali fenomeni di liquefazione che si dovessero verificare in terreni posti a profondità maggiori.

Nel caso specifico, le stratigrafie osservate mostrano che la natura dei terreni entro i primi 3-5 metri di profondità, non presentano caratteristiche granulometriche favorevoli alla liquefazione.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

3.1 Stima del carico ammissibile e dei cedimenti

In fase di progetto preliminare, i rilievi topografici, i sopralluoghi hanno evidenziato l'interferenza di alcune opere in oggetto con i seguenti metanodotti segnalati dai tecnici della Snam S.p.A.:

- Metanodotto potenziamento Importazione Nord Europa DN 1200 mm (48")
- Metanodotto Passo Gries - Mortara DN 850 mm (34")
- Metanodotto potenziamento derivazione per Verbania DN 300 mm (12")

Secondo quanto segnalato dal gestore (Ufficio competente di zona Snam rete gas S.p.A., centro di Verbania – loc. Trobaso, via Battaglione Intra 26, 28923 VERBANIA) le suddette condutture si configurano come opere in pressione ed esercizio destinate ad attività di trasporto del gas naturale, dichiarata, ai sensi del D.Lgs. 23/05/2000 n. 164 - *attività di interesse pubblico*.

Pur prevedendo una variante planimetrica che riducesse le interferenze, nel progetto ne permangono tre, per le quali, in accordo con SNAM, sono stati previsti i seguenti interventi:

Intervento B: la parte terminale dell'argine interferisce con un gasdotto D=850 mm; si prevede la posa, durante l'esecuzione delle opere, in corrispondenza della tubazione in acciaio di Snam, alla base dell'argine, di una piastra provvisoria di ripartizione del carico in acciaio Fe 360 di lunghezza pari a 12 m, spessore 2 cm, larghezza 4 m (forata per evitare fenomeni di galleggiamento),

Intervento D: l'opera interferisce con il tracciato del gasdotto Snam D=1.200 mm sia perpendicolarmente che in parallelismo (parte iniziale dell'argine parzialmente interna alla fascia di rispetto di 20 m); si prevede la posa, in corrispondenza della tubazione in acciaio di Snam, alla base dell'argine, di una piastra provvisoria di ripartizione del carico in acciaio Fe 360 di lunghezza pari a 18 m, spessore 2 cm, larghezza 4 m (forata per evitare fenomeni di galleggiamento).

Intervento F: l'argine interferisce in due punti (perpendicolarmente) con due gasdotti D=300 mm e D= 1.200 mm; si prevede la posa, in fase di lavorazione, in corrispondenza delle tubazioni in acciaio di Snam, alla base dell'argine, di una piastra di ripartizione del carico in acciaio Fe 360 di lunghezza pari a 12 m, spessore 2 cm, larghezza 4 m (forata per evitare fenomeni di galleggiamento).

In base a quanto definito negli elaborati progettuali, ai quali si rimanda per una dettagliata descrizione degli interventi, si è proceduto alla verifica del carico ammissibile del terreno di fondazione.

Sulla base delle tipologie progettuali l'intervento "F", nel tratto costituito dal rilevato arginale in terra interferente con il passaggio del metanodotto Snam, è quello ritenuto più idoneo per la verifica del carico ammissibile e dei cedimenti; sia per le caratteristiche dimensionali che per le locali condizioni idrauliche durante gli eventi di piena.

La fondazione del rilevato arginale interferente (intervento "F", schema tipo 5) ha le seguenti caratteristiche: lato B = 2,00 m e L = 13 m, H = 2,5 m ed altezza di incastro nella formazione in posto d = 1,00 m. Secondo la formula di Terzaghi generalizzata da Brinch e Hansen (1970), avremo un carico limite di:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma} + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$$

dove:

γ = peso di volume sotto il piano di fondazione

q = carico sopra il piano di fondazione

B = larghezza della fondazione

c = coesione

s = fattore di forma della fondazione

i = inclinazione ed eccentricità del carico

b = inclinazione del piano di posa della fondazione

g = inclinazione del piano campagna

d = profondità del piano d'imposta della fondazione

N_{γ} , N_c , N_q = coefficienti adimensionali in funzione dell'angolo di attrito Φ

Ipotezzando come caratteristiche geotecniche del substrato del rilevato arginale siano:

$\gamma = 1,8 \text{ T/m}^3$ peso di volume efficace

$\Phi = 28^\circ$ angolo di attrito in termini di sforzi efficaci

$c' = 0 \text{ Kg/cm}^2$ coesione in termini di sforzi efficaci

Dalla tipologia degli schemi progettuali tipo (intervento "F", schema tipo 5) il tratto di rilevato arginale interferente con il gasdotto ha dimensioni:

$B = 2,0 \text{ m}$

L= 13,0 m

H= 2,5 m

e un peso di volume efficace $\gamma = 1,8 \text{ T/m}^3$

Il carico N imposto sul terreno è pari a 1147,4 kN mentre i fattori di forma sono espressi da:

$$s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

$$s_q = s_\gamma$$

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

Applicando le formule si deduce che:

$$s_\gamma = s_q = 1,04$$

I coefficienti N_γ , N_c , N_q adimensionali sono in funzione dell'angolo di attrito Φ del terreno (Vesic 1975):

φ (°)	N_q	N_c	N_γ	φ (°)	N_q	N_c	N_γ
0	1,00	5,14	0,00	25	10,66	20,72	10,88
1	1,09	5,38	0,07	26	11,85	22,25	12,54
2	1,20	5,63	0,15	27	13,20	23,94	14,47
3	1,31	5,90	0,24	28	14,72	25,80	16,72
4	1,43	6,19	0,34	29	16,44	27,86	19,34
5	1,57	6,49	0,45	30	18,40	30,14	22,40
6	1,72	6,81	0,57	31	20,63	32,67	25,99
7	1,88	7,16	0,71	32	23,18	35,49	30,22
8	2,06	7,53	0,86	33	26,09	38,64	35,19
9	2,25	7,92	1,03	34	29,44	42,16	41,06
10	2,47	8,35	1,22	35	33,30	46,12	48,03
11	2,71	8,80	1,44	36	37,75	50,59	56,31
12	2,97	9,28	1,69	37	42,92	55,63	66,19
13	3,26	9,81	1,97	38	48,93	61,35	78,03
14	3,59	10,37	2,29	39	55,96	67,87	92,25
15	3,94	10,98	2,65	40	64,20	75,31	109,41
16	4,34	11,63	3,06	41	73,90	83,86	130,22
17	4,77	12,34	3,53	42	85,38	93,71	155,55
18	5,26	13,10	4,07	43	99,02	105,11	186,54
19	5,80	13,93	4,68	44	115,31	118,37	224,64
20	6,40	14,83	5,39	45	134,88	133,88	271,76
21	7,07	15,82	6,20	46	158,51	152,10	330,35
22	7,82	16,88	7,13	47	187,21	173,64	403,67
23	8,66	18,05	8,20	48	222,31	199,26	496,01
24	9,60	19,32	9,44	49	265,51	229,93	613,16

Per $\Phi = 28^\circ$ $N_\gamma = 16,72$ e $N_q = 14,72$; il termine $c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c$ della formula di Brinch e Hansen (1970) si annulla essendo la coesione $c=0$ e supponendo il carico centrato si ha:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q = 577,18 \text{ kPa}$$

Per il calcolo del fattore di sicurezza F_s :

$$F_s = \frac{q_{lim}}{q_s}$$

dove il carico $q_s = \frac{N}{B \cdot L} = 44,13 \text{ kPa}$

$$F_s = 13,08$$

Applicando un coefficiente di sicurezza $F_s = 3$ si ottiene un carico ammissibile

$$q_{amm}=1,96 \text{ Kg/cm}^2$$

Per la stima dei cedimenti in terreni non coesivi si applica la formula di Burland e Burbidge

$$w = \sigma'_{v0} \cdot B^{0.7} \cdot \frac{I_c}{3} + (q' - \sigma'_{v0}) \cdot B^{0.7} \cdot I_c$$

le caratteristiche del piano di posa del rilevato e quelle del terreno di fondazione sono:

B= 2,0 m larghezza della fondazione

L=13,0 m lunghezza della fondazione

d=1,0 m piano di posa del rilevato

$\gamma = 1,8 \text{ T/m}^3$ peso di volume efficace del terreno di fondazione

N= 34 colpi/30 cm media del numero di colpi prova spt del terreno di fondazione influenzato dal carico del rilevato

$\Phi = 28^\circ$ angolo di attrito in termini di sforzi efficaci

q' = carico trasmesso dal rilevato

$\sigma'_{v0} = \gamma \cdot d$ tensione litostatica

dove la zona d'influenza del carico Z_I dipende dalla $Z_I=B^{0.7}=1,62 \text{ m}$
e l'indice di compressibilità:

$$I_c = \frac{1.7}{N^{1.4}}$$

Il valore del numero di colpi della prova spt, nel caso di sabbie fini e sabbie limose sotto falda , con $N_{spt}>15$, subisce un fattore di correzione, secondo Terzaghi-Peck, per depurarlo dai possibili effetti delle sovrappressioni neutre pari a:

$$N_{corretto} = 15 + 0,5(N-15)$$

Da cui si ricava $N_{corretto} = 25$

Il valore di I_c è quindi pari a 0,01876

Applicando la formula di Burland e Burbidge si ottiene:

$$W=3,451 \text{ cm}$$

Il valore del cedimento calcolato è in realtà quello iniziale W_i (elastico-plastico) per un terreno non coesivo normal consolidato. L'intero cedimento (primario e secondario) è ottenibile applicando i seguenti fattori correttivi:

$$W_{tot}=W_i \cdot f_s \cdot f_h \cdot f_t$$

Fattore di forma della fondazione

$$\frac{L}{B} > 1 \Rightarrow f_s = \left[\frac{\frac{1.25}{B}}{\frac{L}{B} + 0.25} \right]^2 > 1$$

Fattore di altezza dello strato comprimibile

$$H < Z_I = B^{0.7} \Rightarrow f_H = \frac{H}{Z_I} \left(2 - \frac{H}{Z_I} \right) < 1$$

Fattore per effetti differiti nel tempo

$$f_t = (1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3})$$

dove $R_3=0,3$ e $R = 0,2$ per carichi statici e assumendo $t=30$ anni

si ottiene $W_{tot} = 5,8$ cm

La formula W esprime il valore medio del cedimento. Per riportarsi al valore massimo atteso si deve moltiplicare tale valore per 1,5 .

$$W_{max} = W_{tot} \cdot 1,5 = 8,7 \text{ cm}$$

3.2 Verifica di stabilità del rilevato arginale

Con il DM 14/01/2008 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008, vengono emanate le nuove "Norme tecniche per le costruzioni", frutto della revisione della normativa esistente (DM 14/9/2005, DM 9/1/1996, DM 16/1/1996, DM 11/3/1988, DM 20/11/1987).

Il decreto, in vigore dal 5 marzo 2008, raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni con un approfondimento degli aspetti connessi alla presenza delle azioni sismiche al fine di garantire, per stabiliti livelli di sicurezza, la pubblica incolumità.

In particolare viene definita l'azione sismica attraverso parametri sismici in funzione delle coordinate geografiche del sito e della classe d'uso della costruzione.

Queste nuove norme, che in linea generale confermano l'impostazione di base delle norme 2005, introducono alcune novità e forniscono una serie di precisazioni su aspetti particolari, alcuni dei quali ripresi dalla OPCM 3274 del 20 marzo 2003 e sue successive modifiche.

Per l'analisi di stabilità dei pendii si devono quindi tenere in conto le forze d'inerzia in direzione orizzontale F_h e verticale F_v , definite come:

$$F_h = \pm 0.5 S_t S_s a_g W \quad F_v = \pm 0.5 F_h$$

in cui:

- S_s è il coefficiente stratigrafico dipendente dalla categoria di profilo stratigrafico del suolo;
- S_t è il coefficiente topografico dipendente dalle caratteristiche topografiche del sito;
- a_g è l'accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A;
- W è la massa del terreno instabile.

Le accelerazioni sismiche di analisi corrispondono quindi ai termini:

$$a_h = f_r S_t S_s a_g \quad a_v = 0.5 a_h$$

in cui figurano i parametri di definizione seguenti:

a_g = accelerazione orizzontale massima,

S_s = coefficiente stratigrafico,

S_t = coefficiente topografico,

f_r = fattore riduttivo di calcolo.

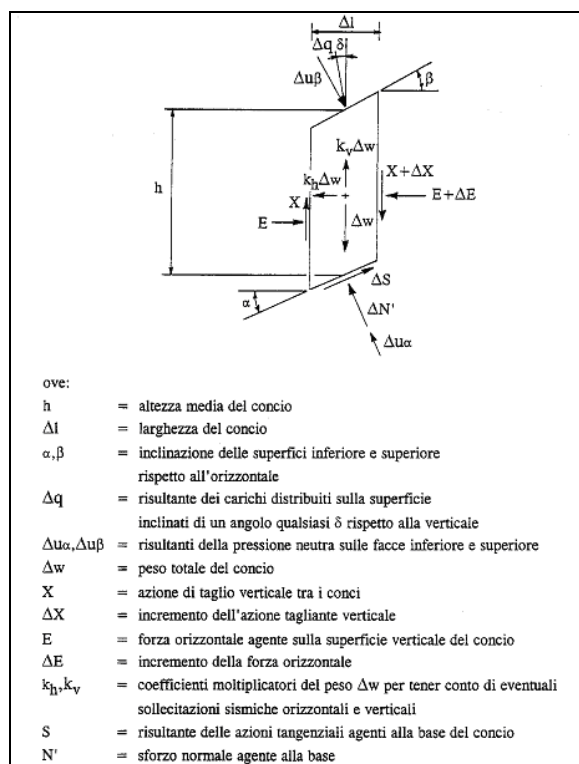
L'accelerazione orizzontale massima dipende dalla zona sismica in cui ricade l'area d'intervento. I comuni di Gravellona Toce e Verbania sono, secondo la più recente classificazione, in zona sismica 4 con un'accelerazione a_g pari a **0,05 g**.

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità è stata condotta mediante un programma di calcolo automatico, in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento, a sviluppo circolare, applicando il metodo semplificato di Bishop (1955).

Il metodo dell'equilibrio limite assume infatti a priori una superficie di scorrimento (in questo caso circolare) ed effettua il calcolo dell'equilibrio statico della massa di terreno compresa tra la superficie di scorrimento assunta e la superficie del pendio, sulla base del criterio di rottura, prescindendo dalle relazioni sforzi-deformazioni del materiale.

Per tener conto in modo semplice ma sufficientemente accurato dell'andamento variabile delle tensioni lungo la superficie di scivolamento, l'intero pendio viene suddiviso in un insieme opportunamente fitto di strisce verticali dette conci.

La generica striscia è sottoposta ad un sistema di forze derivanti dalle azioni interne (peso proprio ed eventuale carico sismico) e dalle azioni di contatto agenti sul piano di campagna, sulle due interfacce (di sinistra e di destra) che la collegano alle strisce adiacenti e sulla parte della superficie di scivolamento tagliata dalla striscia.



Il metodo applicato assume comunque le seguenti schematizzazioni:

- il pendio viene trattato come bidimensionale;
- la massa viene discretizzata mediante la suddivisione in conci delimitati da superfici verticali piane;
- le forze agenti vengono espresse attraverso le risultanti;
- il fattore di sicurezza viene definito come rapporto tra resistenza al taglio disponibile e resistenza al taglio mobilitata;
- la resistenza al taglio disponibile è valutata con la nota formula di Coulomb;
- il fattore di sicurezza viene considerato costante lungo tutta la superficie di scorrimento;
- le forze di interazione tra i conci che agiscono sulle facce laterali sono considerate nulle.

Dall'esame congiunto delle sezioni trasversali del tracciato arginale è stata individuata la situazione più gravosa in caso di evento di piena pari a $T_r = 200$ anni relativa all'intervento "F" alla sezione F01 in cui si ha il battente idrico più elevato.

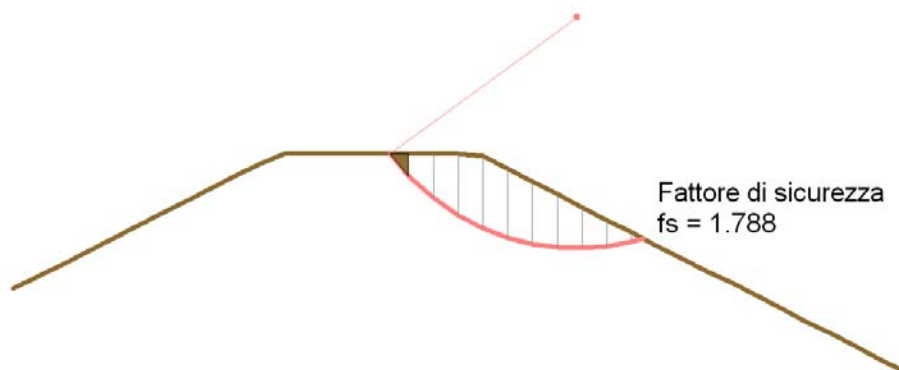
Cautelativamente, per le analisi di stabilità del rilevato arginale, si considerano i seguenti parametri di resistenza, supponendo il terreno omogeneo:

$\gamma = 1,8 \text{ T/m}^3$ peso di volume efficace
 $\Phi = 28^\circ$ angolo di attrito in termini di sforzi efficaci
 $c' = 0 \text{ Kg/cm}^2$ coesione in termini di sforzi efficaci

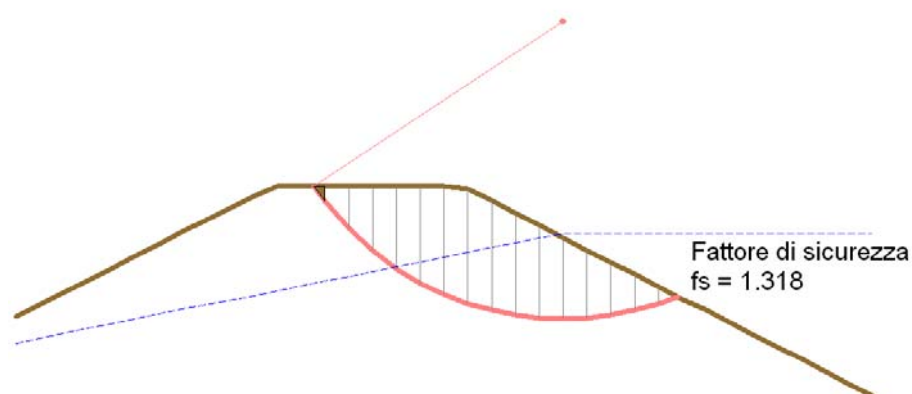
Per quanto riguarda la linea di filtrazione ipotetica è stata assunta quella avente pendenza di 1/5 sul lato fiume, a partire dalla quota massima della piena di progetto ($T_r = 200$ anni).

Nelle seguenti figure si riportano i risultati delle analisi svolte, illustrando le superfici di scorrimento più critiche, relative alle condizioni statiche e sismiche attuali e all'ipotesi di un evento di piena con tempo di ritorno duecentennale. Si rimanda all'allegato B per i risultati di dettaglio dell'analisi di stabilità.

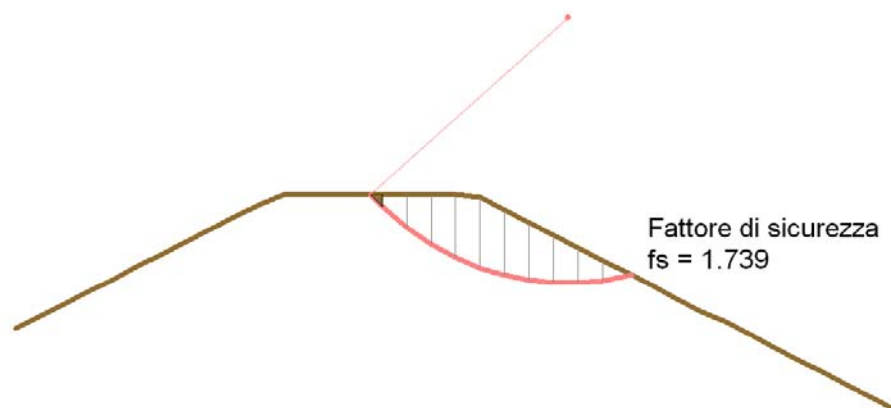
Condizione statica - superficie critica di scorrimento 5



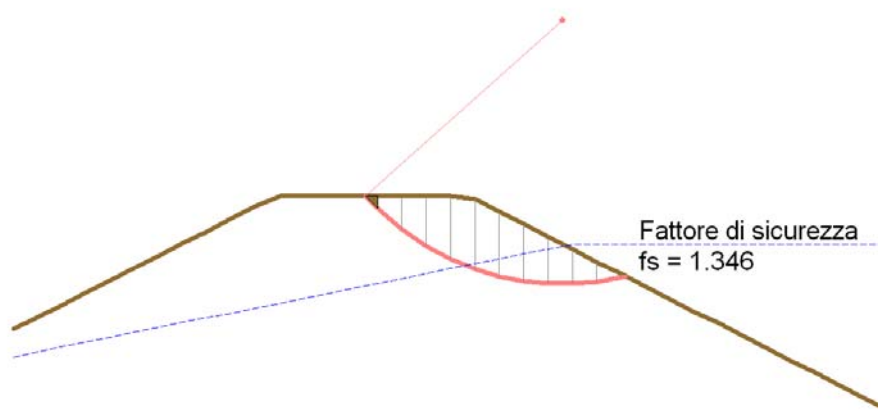
Condizione statica con evento di piena Tr 200 anni- superficie critica di scorrimento 1



Condizione sismica - superficie critica di scorrimento 9



Condizione sismica con evento di piena Tr 200 anni - superficie critica scorrimento 9



3.3 Verifica del pericolo di sifonamento del rilevato arginale

I terreni superficiali che caratterizzano il substrato nel settore di intervento, per la natura non coesiva e per la loro permeabilità, sono da ritenersi potenzialmente soggetti a fenomeni di sifonamento.

L'innalzamento dei livelli idrici in alveo, dovuti al passaggio di una piena, alimenta il moto di filtrazione nei meati del terreno costituente il rilevato arginale e la sua fondazione. Quando la differenza tra il carico idraulico nel fiume e quello lato campagna non sia completamente dissipata dalle forze di attrito tra liquido e matrice solida del terreno, possono svilupparsi elevati gradienti idraulici a valle del rilevato, lungo il paramento o al piede del rilevato.

Qualora la forza di trascinamento dovuta al gradiente idraulico del moto di filtrazione supera il peso immerso del materiale sciolto costituente il terreno, questo può essere asportato dalla corrente. Il fenomeno è enfatizzato dalla presenza di terreni di tessitura fine non coesivi. Si può innescare una erosione retrograda, il cui propagarsi è accelerato dalla progressiva riduzione del percorso di filtrazione dovuto all'asportazione del materiale, che induce gradienti idraulici sempre più elevati, sino al collasso del rilevato arginale.

Di norma, si assume una linea di filtrazione ipotetica avente pendenza di 1/5 sul lato fiume, a partire dalla quota massima di piena.

Nella pratica progettuale si è soliti procedere alla verifica al sifonamento della fondazione valutando il coefficiente di sicurezza $F_s = i_c / i_{max}$ dato dal rapporto tra il gradiente idraulico critico (i_c), che annulla la tensione

efficace nel suolo, relativo alla specifica classe tessiturale ed il massimo valore della componente verticale del gradiente del carico idraulico in uscita (i_{\max}).

Diversi valori del coefficiente di sicurezza sono consigliati, in dipendenza anche della precisione con cui si conducono le determinazioni del gradiente idraulico. Qualora tale gradiente sia determinato localmente con procedure affidabili, è possibile adottare un valore di coefficiente di sicurezza dell'ordine di $F_s=4$.

Le verifiche effettuate sulle sezioni trasversali del tratto di argine in progetto hanno tuttavia mostrato che la conformazione dei rilevati e della superficie topografica è tale da poter escludere l'instaurarsi di fenomeni di tale natura. La linea di filtrazione ipotetica avente pendenza di 1/5 è ampiamente coperta dal lato campagna.

Il calcolo è stato condotto in modo speditivo attraverso il confronto tra gradiente idraulico critico (i_c) e quello previsto nel caso dell'evento di piena di progetto.

La tipologia progettuale più a rischio del fenomeno di sifonamento riguarda l'intervento "F" di lunghezza di circa 400 m (Sez. tipo 5) essendo gli altri rilevati arginali protetti sul lato fiume da una difesa in massi che copre il livello della piena di riferimento, da muri di contenimento o costituiti da terre rinforzate.

Per le quote delle altezze idrometriche del livello di piena si è fatto riferimento alla portata di progetto con tempo di ritorno duecentennale ($T_r = 200$) avente portata pari a $Q = 3.120 \text{ m}^3/\text{s}$. Per ulteriori approfondimenti si rimanda ai risultati ottenuti dallo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Toce nel tratto da Masera alla foce", a cura dell'AdBPo, del 2003.

La lunghezza della linea di flusso è stata definita ipotizzando una direzione di flusso lineare tra il piede del rilevato lato fiume e quello lato campagna.

Il gradiente critico è stato definito attraverso la nota relazione:

$$i_c = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$

dove γ' corrisponde al peso specifico dei granuli sommersi, qui considerato cautelativamente pari a $1,5 \text{ T/m}^3$ e γ_w è pari al peso specifico dell'acqua (circa $1,0 \text{ T/m}^3$). I risultati delle verifiche sono riportati nella tabella seguente, dove F_s rappresenta il fattore di sicurezza ($F_s = i_c/i_{\max}$).

SEZIONE TRASVERSALE.	Battente (m)	Lunghezza linea di flusso (m)	i_{\max}	i_c	F_s
F01	1,50	10,95	0,137	1,5	10,95
F02	1,42	10,52	0,135	1,5	11,11
F03	1,35	10,54	0,128	1,5	11,72
F04	0,98	10,40	0,09	1,5	16,66
F10	1,25	10,95	0,114	1,5	13,16
F11	1,36	10,86	0,125	1,5	12,00
F12	1,34	10,86	0,123	1,5	12,19
F13	1,29	10,76	0,120	1,5	12,50
F14	1,21	10,66	0,113	1,5	13,27
F15	1,14	10,27	0,111	1,5	13,51

Dai calcoli emerge pertanto un fattore di sicurezza F_s superiore a 10 per tutte le sezioni verificate e quindi decisamente elevato, anche tenendo conto del fatto che, data la complessità dei fenomeni di sifonamento, per prassi si impone che F_s debba essere maggiore di 4.

3.4 Conclusioni

La verifica di stabilità e di sifonamento del rilevato arginale rientra nei parametri previsti dalla normativa vigente anche nelle condizioni più sfavorevoli (azione sismica con evento di piena pari a $T_r=200$ anni).

Le condizioni geotecniche individuate in fase progettuale saranno verificate all'apertura degli scavi; qualora si riscontrassero significative differenze tra le caratteristiche geotecniche, idrauliche ed idrogeologiche a quelle assunte in fase di progetto esecutivo, saranno adottati tutti i provvedimenti necessari per garantire la stabilità locale e globale delle opere da eseguire.

In fase di realizzazione delle opere sarà previsto :

- la messa in opera del materiale necessario per la formazione dei rilevati in terra per strati successivi di spessore non superiore a 0,5 m provvedendo, tra la posa di uno strato ed il successivo, al compattamento del terreno necessario a garantire il raggiungimento dei requisiti minimi di carattere strutturale ed idraulico;
- la posa di una piastra provvisoria di ripartizione del carico opportunamente dimensionata nei tratti di interferenza dei metanodotti, sulla base delle indicazioni tecniche concordate con l'ente gestore Snam S.p.A.;
- l'inerbimento del paramento lato fiume e campagna dei rilevati arginali per attenuare il rischio sifonamento.

Allegato A

Dati stratigrafici (fonte ARPA Piemonte - Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche)

Sondaggio 103664: Centro commerciale svincolo A26 e SS34 confluenza T. Strona-F. Toce		
Profondità (m)	Descrizione	Falda Freatica (m)
0,90	Sabbia medio fine molto addensata	Da 4, 5
2,60	Ghiaia eterometrica prevalentemente fine sabbiosa con clasti in matrice fine	
3,00	Blocco di granito	
4,50	Ghiaia grossolana con ciottoli di granito prevalente	
5,50	Sabbia grossolana ghiaiosa con ciottoli	
5,70	Blocco di granito	
6,10	Sabbia grossolana ghiaiosa con ciottoli	
6,70	Ghiaia grossolana con clasti di granito prevalente	
7,00	Sabbia grossolana ghiaiosa con ciottoli	
7,40	Ghiaia grossolana con clasti di granito prevalente	
10,00	Sabbia grossolana ghiaiosa con ciottoli	

Sondaggio 103663: Centro commerciale svincolo A26 e SS34 confluenza T. Strona-F. Toce		
Profondità (m)	Descrizione	Falda Freatica (m)
0,30	Sabbia medio fine limosa poco addensata	Da 4, 7
0,80	Sabbia medio fine limoso ghiaiosa	
1,10	Ghiaia grossolana con clasti di granito prevalente	
4,00	Ghiaia eterometrica prevalentemente fine sabbiosa con clasti in matrice fine	
4,30	Ghiaia grossolana con clasti di granito prevalente	
4,60	Blocco di granito	
5,70	Ghiaia grossolana con ciottoli di granito prevalente	
7,00	Sabbia grossolana ghiaiosa con ciottoli	
7,60	Ghiaia grossolana con clasti di granito prevalente	
9,00	Sabbia grossolana ghiaiosa con ciottoli	
10,00	Ghiaia grossolana con ciottoli di granito prevalente	

Sondaggio 103344: SS 34 costruzione nuovo ponte del fiume Toce		
Profondità (m)	Descrizione	Falda Freatica (m)
8,00	Ghiaia e sabbia	n.d.
18,00	Sabbia con ghiaietto	
38,40	Sabbia	

Sondaggio 100095: VI tronco metanodotto Masera-Mortara lungo fiume Toce		
Profondità (m)	Descrizione	Falda Freatica (m)
1,50	Sabbia fine scarsamente addensata con ciottoli e ghiaia rara	n.d.
5,50	Sabbia media e/o grossolana addensata con ghiaia addensata e ciottoli eterometrici addensati	
15,00	Sabbia grossolana addensata con ghiaia fine e media	

Sondaggio 100098: VII tronco metanodotto Masera-Mortara lungo A26		
Profondità (m)	Descrizione	Falda Freatica (m)
8,00	Sabbia media e/o grossolana mediamente addensata con ghiaia mediamente addensata e ciottoli eterometrici rari mediamente addensati	n.d.

Sondaggio 103210: Autostrada A26 tratto Carpugnino-Feriolo		
Profondità (m)	Descrizione	Falda Freatica (m)
2,50	Riporto sabbia media limosa con ghiaia ghiaietto e ciottoli con presenza di rari trovanti	Da 3, 5
4,00	Sabbia fine limosa micacea localmente con presenza rara di ghiaia	
8,80	Sabbia fine limosa inglobante resti torbosi con presenza di interlivelli di sabbia fine	
12,10	Sabbia medio fine debolmente limosa	
15,00	Sabbia micacea limosa fine	
17,20	Sabbia media debolmente limosa	
18,00	Sabbia fine limosa	
18,50	Sabbia fine micacea	
21,40	Sabbia fine molto limosa micacea con presenza di interlivelli di sabbia	
22,30	Sabbia media localmente con presenza di interlivelli di limo sabbioso	
30,40	Sabbia molto limosa micacea localmente torbosa	
32,70	Sabbia medio fine	
32,80	Limo	
33,10	Sabbia fine limosa	
35,10	Limo localmente torboso	

Sondaggio 103209: Autostrada A26 tratto Carpugnino-Feriolo		
Profondità (m)	Descrizione	Falda Freatica (m)
2,20	Riporto sabbia media limosa con ghiaia ghiaietto e ciottoli con presenza di rari trovanti	Da 4, 0
3,00	Sabbia fine limosa micacea localmente con presenza rara di ghiaia	
4,00	Sabbia fine limosa inglobante resti torbosi con presenza di interlivelli di sabbia fine	
5,00	Sabbia medio fine debolmente limosa	
7,60	Sabbia micacea limosa fine	
9,10	Sabbia media debolmente limosa	
9,60	Sabbia fine limosa	
16,00	Sabbia fine micacea	
17,40	Sabbia fine molto limosa micacea con presenza di interlivelli di sabbia	
21,00	Sabbia media localmente con presenza di interlivelli di limo sabbioso	
24,60	Sabbia molto limosa micacea localmente torbosa	
26,00	Sabbia medio fine	
37,00	Limo	
39,00	Sabbia fine limosa	
41,00	Limo localmente torboso	
41,50	Limo sabbioso inglobanti ciottoli scistosi	
43,40	Limo sabbioso inglobante ghiaia e trovanti poligenici prevalentemente gneissici	
43,70	Trovante gneissico	
45,10	Limo inglobante ghiaietto e ghiaia ed alcuni ciottoli gneissici localmente con presenza di interlivelli sabbiosi	
45,80	Argilla compatta	
47,50	Limo argilloso inglobante raro ghiaietto	
48,80	Limo argilloso	
51,00	Limo argilloso localmente a matrice sabbiosa fine	
56,90	Limo argilloso inglobante raro ghiaietto con presenza di interlivelli argillosi	
60,00	Limo sabbioso inglobante raro ghiaietto	

Sondaggio 103208: Autostrada A26 tratto Carpugnino-Feriolo		
Profondità (m)	Descrizione	Falda Freatica (m)
3,20	Sabbia fine localmente debolmente limosa	Da 4, 1
4,70	Sabbia localmente debolmente limosa con presenza di interlivelli limosi	
9,00	Sabbia medio grossolana debolmente limosa	
15,40	Sabbia fine limosa inglobante raro ghiaietto fine con presenza di interlivelli di sabbia fine	
16,60	Limo sabbioso con interlivelli di sabbia fine	
25,30	Limo micaceo localmente con presenza di rsti vegetali	
30,80	Limo da debolmente argilloso e argilloso con presenza di interlivelli sabbiosi	
33,60	Limo sabbioso localmente debolmente argilloso con ghiaia ghiaietto e rari ciottoli con presenza di trovante scistoso granitifero	
35,00	Sabbia fine limosa	

Allegato B

Risultati di analisi della verifica stabilità del rilevato arginale

Metodo utilizzato: Bishop

Legende dei simboli utilizzati nelle tabelle

Quadro sintetico dei coefficienti di sicurezza

Simbolo	Descrizione	Misura
n.	Indice della superficie di rottura	
Nome	Nome della superficie di rottura	
geometria	Centro e raggio per le circolari/Lista nodi per le generiche	
vol	Volume del terreno compreso fra superficie campagna e rottura	
Swi	Spinta iniziale dovuta alla pressione neutra nella frattura di monte	<kg>
esito	Esito dell'analisi: eseguita/non eseguibile	
fs	Coefficiente di sicurezza della superficie, se analizzata	
ok	Verifica soddisfatta sì/no	

Legenda Caratteristiche geometriche delle strisce

Simbolo	Descrizione	Misura
n.	Indice della striscia	
xs	Ascissa interfaccia di sinistra	<m>
xd	Ascissa interfaccia di destra	<m>
b	Larghezza della striscia	<m>
hs	Altezza sull'interfaccia sinistra	<m>
hd	Altezza sull'interfaccia destra	<m>
angolo	Angolo fra la superficie di rottura e l'asse x in senso antiorario	<gradi>

Legenda Caratteristiche meccaniche sulle strisce

Simbolo	Descrizione	Misura
n.	Indice della striscia	
Pv	Forza peso complessiva agente	<kg>
Nu	Risultante delle pressioni neutra in direzione normale alla base	<kg>
N'	Risultante delle pressioni effettive del terreno in direzione normale alla base	<kg>
S	Risultante delle tensioni tangenziali di equilibrio mobilitate sulla base	<kg>
hi	Quota della forza sull'interfaccia iniziale	<%Altezza>
Ei	Forza x sull'interfaccia iniziale	<kg>
Ti	Forza y sull'interfaccia iniziale	<kg>
hf	Quota della forza sull'interfaccia finale	<%Altezza>
Ef	Forza x sull'interfaccia finale	<kg>
Tf	Forza y sull'interfaccia finale	<kg>

CONDIZIONE STATICA:

Quadro sintetico dei coefficienti di sicurezza

n.	Nome	geometria	vol	esito	Swi	fs	ok
			mc		kg		
1	Circolare...	C: [11.00 5.95] R: 6.26 [m]	11	soluzione regolare	0	2,112	si
2	Circolare...	C: [10.40 5.70] R: 6.31 [m]	15	soluzione regolare	0	2,533	si
3	Circolare...	C: [9.75 3.80] R: 4.03 [m]	11	soluzione regolare	0	2,989	si
4	Circolare...	C: [10.30 5.85] R: 5.90 [m]	11	soluzione regolare	0	2,448	si
5	Circolare...	C: [10.90 5.25] R: 4.67 [m]	5	soluzione regolare	0	1,788	si
6	Circolare...	C: [10.35 5.05] R: 4.91 [m]	8	soluzione regolare	0	2,295	si
7	Circolare...	C: [10.40 5.45] R: 5.03 [m]	7	soluzione regolare	0	2,188	si
8	Circolare...	C: [10.55 5.35] R: 5.09 [m]	7	soluzione regolare	0	2,132	si
9	Circolare...	C: [10.95 6.15] R: 5.41 [m]	4	soluzione regolare	0	1,806	si
10	Circolare...	C: [10.45 6.05] R: 5.30 [m]	5	soluzione regolare	0	2,093	si

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 1

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	5,77	6,00	0,23	0,00	0,31	-53,43
2	6,00	6,50	0,50	0,31	0,90	-49,72
3	6,50	7,00	0,50	0,90	1,36	-42,61
4	7,00	7,50	0,50	1,36	1,74	-37,23
5	7,50	8,00	0,50	1,74	2,04	-30,96
6	8,00	8,50	0,50	2,04	2,28	-25,64
7	8,50	9,00	0,50	2,28	2,42	-21,80
8	9,00	9,50	0,50	2,42	2,31	-15,64
9	9,50	10,00	0,50	2,31	2,15	-11,31
10	10,00	10,50	0,50	2,15	1,96	-7,97
11	10,50	11,00	0,50	1,96	1,72	-2,29
12	11,00	11,50	0,50	1,72	1,44	2,29
13	11,50	12,00	0,50	1,44	1,12	7,97
14	12,00	12,50	0,50	1,12	0,76	11,31
15	12,50	13,00	0,50	0,76	0,36	15,64
16	13,00	13,41	0,41	0,36	0,00	20,10

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 1

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	64	0	79	20	33,00	0	0	0,00	53	0
2	545	0	647	163	0,00	53	0	0,00	442	0
3	1017	0	1107	279	0,00	442	0	0,00	994	0
4	1395	0	1452	365	0,00	994	0	0,00	1589	0
5	1701	0	1714	432	0,00	1589	0	0,00	2104	0
6	1944	0	1908	480	0,00	2104	0	0,00	2500	0
7	2115	0	2037	513	0,00	2500	0	0,00	2785	0
8	2129	0	2028	511	0,00	2785	0	0,00	2841	0
9	2007	0	1911	481	0,00	2841	0	0,00	2742	0
10	1850	0	1787	450	0,00	2742	0	0,00	2543	0
11	1656	0	1639	413	0,00	2543	0	0,00	2196	0
12	1422	0	1436	362	0,00	2196	0	0,00	1777	0
13	1152	0	1194	301	0,00	1777	0	0,00	1309	0
14	846	0	891	224	0,00	1309	0	0,00	906	0
15	504	0	553	139	0,00	906	0	0,00	618	0
16	133	0	153	39	0,00	618	0	33,00	528	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 2

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	4,96	5,50	0,54	0,00	0,77	-54,96

2	5,50	6,00	0,50	0,77	1,32	-47,73
3	6,00	6,50	0,50	1,32	1,76	-41,35
4	6,50	7,00	0,50	1,76	2,11	-34,99
5	7,00	7,50	0,50	2,11	2,40	-30,11
6	7,50	8,00	0,50	2,40	2,63	-24,70
7	8,00	8,50	0,50	2,63	2,81	-19,80
8	8,50	9,00	0,50	2,81	2,89	-15,64
9	9,00	9,50	0,50	2,89	2,73	-10,20
10	9,50	10,00	0,50	2,73	2,52	-5,71
11	10,00	10,50	0,50	2,52	2,27	-1,15
12	10,50	11,00	0,50	2,27	1,99	2,29
13	11,00	11,50	0,50	1,99	1,66	7,97
14	11,50	12,00	0,50	1,66	1,30	12,41
15	12,00	12,50	0,50	1,30	0,89	16,70
16	12,50	13,00	0,50	0,89	0,42	22,78
17	13,00	13,42	0,42	0,42	0,00	26,57

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 2

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	374	0	501	105	33,00	0	0	0,00	350	0
2	941	0	1131	237	0,00	350	0	0,00	1030	0
3	1386	0	1544	324	0,00	1030	0	0,00	1814	0
4	1742	0	1852	389	0,00	1814	0	0,00	2558	0
5	2030	0	2063	433	0,00	2558	0	0,00	3228	0
6	2264	0	2271	477	0,00	3228	0	0,00	3744	0
7	2448	0	2413	506	0,00	3744	0	0,00	4086	0
8	2565	0	2471	519	0,00	4086	0	0,00	4255	0
9	2529	0	2437	512	0,00	4255	0	0,00	4183	0
10	2363	0	2314	486	0,00	4183	0	0,00	3928	0
11	2156	0	2146	451	0,00	3928	0	0,00	3521	0
12	1917	0	1933	406	0,00	3521	0	0,00	3037	0
13	1643	0	1692	355	0,00	3037	0	0,00	2445	0
14	1332	0	1424	299	0,00	2445	0	0,00	1845	0
15	986	0	1094	230	0,00	1845	0	0,00	1309	0
16	590	0	698	147	0,00	1309	0	0,00	901	0
17	159	0	194	41	0,00	901	0	33,00	775	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 3

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	5,93	6,00	0,07	0,00	0,17	-67,62
2	6,00	6,50	0,50	0,17	1,08	-61,21
3	6,50	7,00	0,50	1,08	1,64	-48,24
4	7,00	7,50	0,50	1,64	2,04	-38,66
5	7,50	8,00	0,50	2,04	2,33	-30,11
6	8,00	8,50	0,50	2,33	2,53	-21,80
7	8,50	9,00	0,50	2,53	2,59	-13,50
8	9,00	9,50	0,50	2,59	2,41	-7,97
9	9,50	10,00	0,50	2,41	2,15	0,00
10	10,00	10,50	0,50	2,15	1,82	7,97
11	10,50	11,00	0,50	1,82	1,44	13,50
12	11,00	11,50	0,50	1,44	0,98	21,80
13	11,50	12,00	0,50	0,98	0,44	30,11
14	12,00	12,35	0,35	0,44	0,00	36,61

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 3

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	11	0	19	3	33,00	0	0	0,00	17	0
2	563	0	875	156	0,00	17	0	0,00	715	0
3	1224	0	1531	272	0,00	715	0	0,00	1676	0
4	1656	0	1856	330	0,00	1676	0	0,00	2578	0
5	1967	0	2032	362	0,00	2578	0	0,00	3295	0
6	2187	0	2164	385	0,00	3295	0	0,00	3748	0
7	2304	0	2254	401	0,00	3748	0	0,00	3885	0

8	2250	0	2195	391	0,00	3885	0	0,00	3802	0
9	2052	0	2052	365	0,00	3802	0	0,00	3437	0
10	1787	0	1832	326	0,00	3437	0	0,00	2854	0
11	1467	0	1563	278	0,00	2854	0	0,00	2214	0
12	1089	0	1243	221	0,00	2214	0	0,00	1536	0
13	639	0	812	145	0,00	1536	0	0,00	996	0
14	139	0	196	35	0,00	996	0	33,00	849	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 4

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	5,44	5,50	0,06	0,00	0,08	-53,13
2	5,50	6,00	0,50	0,08	0,68	-50,19
3	6,00	6,50	0,50	0,68	1,16	-43,83
4	6,50	7,00	0,50	1,16	1,54	-37,23
5	7,00	7,50	0,50	1,54	1,84	-30,96
6	7,50	8,00	0,50	1,84	2,08	-25,64
7	8,00	8,50	0,50	2,08	2,26	-19,80
8	8,50	9,00	0,50	2,26	2,34	-15,64
9	9,00	9,50	0,50	2,34	2,18	-10,20
10	9,50	10,00	0,50	2,18	1,97	-5,71
11	10,00	10,50	0,50	1,97	1,71	0,00
12	10,50	11,00	0,50	1,71	1,41	4,57
13	11,00	11,50	0,50	1,41	1,07	9,09
14	11,50	12,00	0,50	1,07	0,69	14,57
15	12,00	12,50	0,50	0,69	0,26	18,78
16	12,50	12,78	0,28	0,26	0,00	23,20

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 4

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	4	0	6	1	33,00	0	0	0,00	4	0
2	342	0	423	92	0,00	4	0	0,00	270	0
3	828	0	945	205	0,00	270	0	0,00	779	0
4	1215	0	1293	281	0,00	779	0	0,00	1345	0
5	1521	0	1561	339	0,00	1345	0	0,00	1860	0
6	1764	0	1757	382	0,00	1860	0	0,00	2280	0
7	1953	0	1920	417	0,00	2280	0	0,00	2539	0
8	2070	0	1990	432	0,00	2539	0	0,00	2662	0
9	2034	0	1957	425	0,00	2662	0	0,00	2589	0
10	1868	0	1828	397	0,00	2589	0	0,00	2375	0
11	1656	0	1656	360	0,00	2375	0	0,00	2015	0
12	1404	0	1429	310	0,00	2015	0	0,00	1590	0
13	1116	0	1156	251	0,00	1590	0	0,00	1154	0
14	792	0	856	186	0,00	1154	0	0,00	754	0
15	428	0	480	104	0,00	754	0	0,00	496	0
16	66	0	77	17	0,00	496	0	33,00	450	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 5

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	7,12	7,50	0,38	0,00	0,45	-49,82
2	7,50	8,00	0,50	0,45	0,91	-42,61
3	8,00	8,50	0,50	0,91	1,25	-34,22
4	8,50	9,00	0,50	1,25	1,45	-27,47
5	9,00	9,50	0,50	1,45	1,39	-20,81
6	9,50	10,00	0,50	1,39	1,26	-14,57
7	10,00	10,50	0,50	1,26	1,07	-7,97
8	10,50	11,00	0,50	1,07	0,82	-1,15
9	11,00	11,50	0,50	0,82	0,53	3,43
10	11,50	12,00	0,50	0,53	0,18	11,31
11	12,00	12,24	0,24	0,18	0,00	11,77

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 5

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	154	0	174	52	33,00	0	0	0,00	101	0
2	612	0	644	191	0,00	101	0	0,00	400	0
3	972	0	970	288	0,00	400	0	0,00	710	0
4	1215	0	1179	350	0,00	710	0	0,00	944	0
5	1278	0	1217	362	0,00	944	0	0,00	1039	0
6	1193	0	1129	336	0,00	1039	0	0,00	998	0
7	1049	0	1007	299	0,00	998	0	0,00	839	0
8	851	0	845	251	0,00	839	0	0,00	605	0
9	608	0	619	184	0,00	605	0	0,00	384	0
10	320	0	340	101	0,00	384	0	0,00	215	0
11	39	0	41	12	0,00	215	0	33,00	194	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 6

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,15	6,50	0,35	0,00	0,49	-54,46
2	6,50	7,00	0,50	0,49	1,03	-47,20
3	7,00	7,50	0,50	1,03	1,44	-39,35
4	7,50	8,00	0,50	1,44	1,76	-32,62
5	8,00	8,50	0,50	1,76	1,99	-24,70
6	8,50	9,00	0,50	1,99	2,11	-19,80
7	9,00	9,50	0,50	2,11	1,97	-12,41
8	9,50	10,00	0,50	1,97	1,77	-6,84
9	10,00	10,50	0,50	1,77	1,52	-1,15
10	10,50	11,00	0,50	1,52	1,22	4,57
11	11,00	11,50	0,50	1,22	0,87	10,20
12	11,50	12,00	0,50	0,87	0,47	16,70
13	12,00	12,50	0,50	0,47	0,00	22,78

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 6

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	154	0	200	46	33,00	0	0	0,00	136	0
2	684	0	799	185	0,00	136	0	0,00	600	0
3	1112	0	1196	277	0,00	600	0	0,00	1150	0
4	1440	0	1480	343	0,00	1150	0	0,00	1662	0
5	1688	0	1677	389	0,00	1662	0	0,00	2010	0
6	1845	0	1805	418	0,00	2010	0	0,00	2228	0
7	1836	0	1782	413	0,00	2228	0	0,00	2208	0
8	1683	0	1637	379	0,00	2208	0	0,00	2025	0
9	1481	0	1474	341	0,00	2025	0	0,00	1713	0
10	1233	0	1256	291	0,00	1713	0	0,00	1321	0
11	941	0	981	227	0,00	1321	0	0,00	917	0
12	603	0	674	156	0,00	917	0	0,00	573	0
13	212	0	253	59	0,00	573	0	33,00	420	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 7

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,32	6,50	0,18	0,00	0,22	-50,71
2	6,50	7,00	0,50	0,22	0,75	-46,67
3	7,00	7,50	0,50	0,75	1,15	-38,66
4	7,50	8,00	0,50	1,15	1,47	-32,62
5	8,00	8,50	0,50	1,47	1,70	-24,70
6	8,50	9,00	0,50	1,70	1,82	-19,80
7	9,00	9,50	0,50	1,82	1,68	-12,41
8	9,50	10,00	0,50	1,68	1,49	-7,97
9	10,00	10,50	0,50	1,49	1,24	-1,15
10	10,50	11,00	0,50	1,24	0,95	3,43
11	11,00	11,50	0,50	0,95	0,60	10,20
12	11,50	12,00	0,50	0,60	0,21	15,64
13	12,00	12,25	0,25	0,21	0,00	17,74

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 7

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	36	0	43	10	33,00	0	0	0,00	27	0
2	437	0	500	121	0,00	27	0	0,00	310	0
3	855	0	916	223	0,00	310	0	0,00	709	0
4	1179	0	1204	293	0,00	709	0	0,00	1114	0
5	1427	0	1411	343	0,00	1114	0	0,00	1393	0
6	1584	0	1544	375	0,00	1393	0	0,00	1563	0
7	1575	0	1525	371	0,00	1563	0	0,00	1529	0
8	1427	0	1380	335	0,00	1529	0	0,00	1387	0
9	1229	0	1223	297	0,00	1387	0	0,00	1114	0
10	986	0	1000	243	0,00	1114	0	0,00	811	0
11	698	0	729	177	0,00	811	0	0,00	502	0
12	365	0	399	97	0,00	502	0	0,00	298	0
13	47	0	53	13	0,00	298	0	33,00	269	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 8

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,33	6,50	0,17	0,00	0,23	-53,53
2	6,50	7,00	0,50	0,23	0,79	-48,24
3	7,00	7,50	0,50	0,79	1,22	-40,70
4	7,50	8,00	0,50	1,22	1,55	-33,42
5	8,00	8,50	0,50	1,55	1,80	-26,57
6	8,50	9,00	0,50	1,80	1,93	-20,81
7	9,00	9,50	0,50	1,93	1,82	-15,64
8	9,50	10,00	0,50	1,82	1,64	-9,09
9	10,00	10,50	0,50	1,64	1,40	-2,29
10	10,50	11,00	0,50	1,40	1,13	1,15
11	11,00	11,50	0,50	1,13	0,80	7,97
12	11,50	12,00	0,50	0,80	0,42	14,57
13	12,00	12,49	0,49	0,42	0,00	18,08

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 8

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	35	0	43	11	33,00	0	0	0,00	29	0
2	459	0	538	134	0,00	29	0	0,00	341	0
3	905	0	968	241	0,00	341	0	0,00	796	0
4	1247	0	1263	315	0,00	796	0	0,00	1236	0
5	1508	0	1474	368	0,00	1236	0	0,00	1571	0
6	1679	0	1625	405	0,00	1571	0	0,00	1772	0
7	1688	0	1609	401	0,00	1772	0	0,00	1820	0
8	1557	0	1497	373	0,00	1820	0	0,00	1686	0
9	1368	0	1354	338	0,00	1686	0	0,00	1402	0
10	1139	0	1144	285	0,00	1402	0	0,00	1094	0
11	869	0	900	224	0,00	1094	0	0,00	743	0
12	549	0	599	149	0,00	743	0	0,00	444	0
13	185	0	210	52	0,00	444	0	33,00	328	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 9

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,95	7,00	0,05	0,00	0,04	-38,66
2	7,00	7,50	0,50	0,04	0,51	-43,23
3	7,50	8,00	0,50	0,51	0,88	-36,50
4	8,00	8,50	0,50	0,88	1,17	-30,11
5	8,50	9,00	0,50	1,17	1,33	-23,75
6	9,00	9,50	0,50	1,33	1,25	-18,78
7	9,50	10,00	0,50	1,25	1,10	-12,41
8	10,00	10,50	0,50	1,10	0,91	-7,97
9	10,50	11,00	0,50	0,91	0,66	-1,15
10	11,00	11,50	0,50	0,66	0,38	2,29
11	11,50	12,00	0,50	0,38	0,05	9,09

12 12,00 12,08 0,08 0,05 0,00 7,13

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 9

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	2	0	2	1	33,00	0	0	0,00	1	0
2	248	0	264	78	0,00	1	0	0,00	126	0
3	626	0	637	188	0,00	126	0	0,00	355	0
4	923	0	898	264	0,00	355	0	0,00	580	0
5	1125	0	1076	317	0,00	580	0	0,00	725	0
6	1161	0	1098	323	0,00	725	0	0,00	773	0
7	1058	0	1013	298	0,00	773	0	0,00	699	0
8	905	0	869	256	0,00	699	0	0,00	565	0
9	707	0	702	207	0,00	565	0	0,00	372	0
10	468	0	474	139	0,00	372	0	0,00	214	0
11	194	0	203	60	0,00	214	0	0,00	121	0
12	4	0	4	1	0,00	121	0	33,00	120	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 10

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,51	7,00	0,49	0,00	0,47	-43,81
2	7,00	7,50	0,50	0,47	0,85	-37,23
3	7,50	8,00	0,50	0,85	1,14	-30,11
4	8,00	8,50	0,50	1,14	1,37	-24,70
5	8,50	9,00	0,50	1,37	1,48	-18,78
6	9,00	9,50	0,50	1,48	1,35	-13,50
7	9,50	10,00	0,50	1,35	1,16	-7,97
8	10,00	10,50	0,50	1,16	0,91	-1,15
9	10,50	11,00	0,50	0,91	0,63	2,29
10	11,00	11,50	0,50	0,63	0,29	9,09
11	11,50	11,90	0,40	0,29	0,00	12,68

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 10

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	207	0	228	58	33,00	0	0	0,00	118	0
2	594	0	617	157	0,00	118	0	0,00	369	0
3	896	0	890	226	0,00	369	0	0,00	624	0
4	1130	0	1112	283	0,00	624	0	0,00	832	0
5	1283	0	1228	312	0,00	832	0	0,00	933	0
6	1274	0	1224	311	0,00	933	0	0,00	916	0
7	1130	0	1091	277	0,00	916	0	0,00	792	0
8	932	0	927	235	0,00	792	0	0,00	575	0
9	693	0	700	178	0,00	575	0	0,00	369	0
10	414	0	432	110	0,00	369	0	0,00	190	0
11	104	0	113	29	0,00	190	0	33,00	137	0

CONDIZIONE STATICA CON EVENTO DI PIENA $T_r = 200$ anni:

Quadro sintetico dei coefficienti di sicurezza

n.	Nome	geometria	vol	esito	Swi	fs	ok
			<i>mc</i>		<i>kg</i>		
1	Circolare...	C: [11.00 5.95] R: 6.26 [m]	11	soluzione regolare	0	1,318	si
2	Circolare...	C: [10.40 5.70] R: 6.31 [m]	15	soluzione regolare	0	1,659	si
3	Circolare...	C: [9.75 3.80] R: 4.03 [m]	11	soluzione regolare	0	2,207	si
4	Circolare...	C: [10.30 5.85] R: 5.90 [m]	11	soluzione regolare	0	1,758	si
5	Circolare...	C: [10.90 5.25] R: 4.67 [m]	5	soluzione regolare	0	1,307	si
6	Circolare...	C: [10.35 5.05] R: 4.91 [m]	8	soluzione regolare	0	1,663	si
7	Circolare...	C: [10.40 5.45] R: 5.03 [m]	7	soluzione regolare	0	1,675	si
8	Circolare...	C: [10.55 5.35] R: 5.09 [m]	7	soluzione regolare	0	1,543	si
9	Circolare...	C: [10.95 6.15] R: 5.41 [m]	4	soluzione regolare	0	1,406	si
10	Circolare...	C: [10.45 6.05] R: 5.30 [m]	5	soluzione regolare	0	1,734	si

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 1

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
<i>n.</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>gradi</i>
1	5,77	6,00	0,23	0,00	0,31	-53,43
2	6,00	6,50	0,50	0,31	0,90	-49,72
3	6,50	7,00	0,50	0,90	1,36	-42,61
4	7,00	7,50	0,50	1,36	1,74	-37,23
5	7,50	8,00	0,50	1,74	2,04	-30,96
6	8,00	8,50	0,50	2,04	2,28	-25,64
7	8,50	9,00	0,50	2,28	2,42	-21,80
8	9,00	9,50	0,50	2,42	2,31	-15,64
9	9,50	10,00	0,50	2,31	2,15	-11,31
10	10,00	10,50	0,50	2,15	1,96	-7,97
11	10,50	11,00	0,50	1,96	1,72	-2,29
12	11,00	11,50	0,50	1,72	1,44	2,29
13	11,50	12,00	0,50	1,44	1,12	7,97
14	12,00	12,50	0,50	1,12	0,76	11,31
15	12,50	13,00	0,50	0,76	0,36	15,64
16	13,00	13,41	0,41	0,36	0,00	20,10

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 1

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
<i>n.</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
1	64	0	69	28	33,00	0	0	0,00	39	0
2	545	0	568	229	0,00	39	0	0,00	326	0
3	1017	0	994	401	0,00	326	0	0,00	709	0
4	1395	1	1324	534	0,00	709	0	0,00	1090	0
5	1725	139	1500	605	0,00	1090	0	0,00	1344	0
6	2006	338	1567	632	0,00	1344	0	0,00	1453	0
7	2209	498	1594	643	0,00	1453	0	0,00	1448	0
8	2250	617	1517	612	0,00	1448	0	0,00	1265	0
9	2150	715	1341	541	0,00	1265	0	0,00	992	0
10	2011	808	1147	462	0,00	992	0	0,00	690	0
11	1832	878	940	379	0,00	690	0	0,00	349	0
12	1580	900	692	279	0,00	349	0	0,00	42	0
13	1280	878	436	176	0,00	42	0	0,00	-195	0
14	940	835	132	53	0,00	-195	0	0,00	-274	0
15	560	791	-231	-93	0,00	-274	0	0,00	-119	0
16	148	604	-516	-208	0,00	-119	0	33,00	260	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 2

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
<i>n.</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>gradi</i>
1	4,96	5,50	0,54	0,00	0,77	-54,96
2	5,50	6,00	0,50	0,77	1,32	-47,73
3	6,00	6,50	0,50	1,32	1,76	-41,35
4	6,50	7,00	0,50	1,76	2,11	-34,99
5	7,00	7,50	0,50	2,11	2,40	-30,11
6	7,50	8,00	0,50	2,40	2,63	-24,70
7	8,00	8,50	0,50	2,63	2,81	-19,80
8	8,50	9,00	0,50	2,81	2,89	-15,64
9	9,00	9,50	0,50	2,89	2,73	-10,20
10	9,50	10,00	0,50	2,73	2,52	-5,71
11	10,00	10,50	0,50	2,52	2,27	-1,15
12	10,50	11,00	0,50	2,27	1,99	2,29
13	11,00	11,50	0,50	1,99	1,66	7,97
14	11,50	12,00	0,50	1,66	1,30	12,41
15	12,00	12,50	0,50	1,30	0,89	16,70
16	12,50	13,00	0,50	0,89	0,42	22,78
17	13,00	13,42	0,42	0,42	0,00	26,57

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 2

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
<i>n.</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
1	374	0	447	143	33,00	0	0	0,00	284	0
2	941	0	1029	330	0,00	284	0	0,00	826	0
3	1386	0	1427	457	0,00	826	0	0,00	1431	0
4	1751	65	1692	542	0,00	1431	0	0,00	1957	0
5	2080	288	1760	564	0,00	1957	0	0,00	2358	0
6	2350	476	1838	589	0,00	2358	0	0,00	2591	0
7	2566	623	1881	603	0,00	2591	0	0,00	2661	0
8	2709	734	1874	601	0,00	2661	0	0,00	2586	0
9	2695	828	1778	570	0,00	2586	0	0,00	2336	0
10	2545	913	1586	508	0,00	2336	0	0,00	1987	0
11	2351	978	1365	438	0,00	1987	0	0,00	1576	0
12	2122	1023	1114	357	0,00	1576	0	0,00	1175	0
13	1825	1023	851	273	0,00	1175	0	0,00	783	0
14	1480	997	556	178	0,00	783	0	0,00	489	0
15	1095	949	214	69	0,00	489	0	0,00	361	0
16	655	888	-205	-66	0,00	361	0	0,00	501	0
17	176	660	-540	-173	0,00	501	0	33,00	906	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 3

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
<i>n.</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>gradi</i>
1	5,93	6,00	0,07	0,00	0,17	-67,62
2	6,00	6,50	0,50	0,17	1,08	-61,21
3	6,50	7,00	0,50	1,08	1,64	-48,24
4	7,00	7,50	0,50	1,64	2,04	-38,66
5	7,50	8,00	0,50	2,04	2,33	-30,11
6	8,00	8,50	0,50	2,33	2,53	-21,80
7	8,50	9,00	0,50	2,53	2,59	-13,50
8	9,00	9,50	0,50	2,59	2,41	-7,97
9	9,50	10,00	0,50	2,41	2,15	0,00
10	10,00	10,50	0,50	2,15	1,82	7,97
11	10,50	11,00	0,50	1,82	1,44	13,50
12	11,00	11,50	0,50	1,44	0,98	21,80
13	11,50	12,00	0,50	0,98	0,44	30,11
14	12,00	12,35	0,35	0,44	0,00	36,61

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 3

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	11	0	17	4	33,00	0	0	0,00	15	0
2	563	0	806	194	0,00	15	0	0,00	632	0
3	1224	0	1446	348	0,00	632	0	0,00	1480	0
4	1668	74	1729	416	0,00	1480	0	0,00	2235	0
5	2020	305	1757	423	0,00	2235	0	0,00	2757	0
6	2276	469	1779	429	0,00	2757	0	0,00	3024	0
7	2419	587	1783	429	0,00	3024	0	0,00	3023	0
8	2385	673	1662	400	0,00	3023	0	0,00	2855	0
9	2200	740	1460	352	0,00	2855	0	0,00	2504	0
10	1941	773	1217	293	0,00	2504	0	0,00	2040	0
11	1622	788	926	223	0,00	2040	0	0,00	1603	0
12	1210	758	594	143	0,00	1603	0	0,00	1244	0
13	710	675	167	40	0,00	1244	0	0,00	1124	0
14	154	391	-240	-58	0,00	1124	0	33,00	1316	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 4

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	5,44	5,50	0,06	0,00	0,08	-53,13
2	5,50	6,00	0,50	0,08	0,68	-50,19
3	6,00	6,50	0,50	0,68	1,16	-43,83
4	6,50	7,00	0,50	1,16	1,54	-37,23
5	7,00	7,50	0,50	1,54	1,84	-30,96
6	7,50	8,00	0,50	1,84	2,08	-25,64
7	8,00	8,50	0,50	2,08	2,26	-19,80
8	8,50	9,00	0,50	2,26	2,34	-15,64
9	9,00	9,50	0,50	2,34	2,18	-10,20
10	9,50	10,00	0,50	2,18	1,97	-5,71
11	10,00	10,50	0,50	1,97	1,71	0,00
12	10,50	11,00	0,50	1,71	1,41	4,57
13	11,00	11,50	0,50	1,41	1,07	9,09
14	11,50	12,00	0,50	1,07	0,69	14,57
15	12,00	12,50	0,50	0,69	0,26	18,78
16	12,50	12,78	0,28	0,26	0,00	23,20

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 4

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	4	0	5	2	33,00	0	0	0,00	3	0
2	342	0	391	118	0,00	3	0	0,00	228	0
3	828	0	886	268	0,00	228	0	0,00	650	0
4	1215	0	1225	370	0,00	650	0	0,00	1103	0
5	1520	14	1480	448	0,00	1103	0	0,00	1482	0
6	1795	171	1577	477	0,00	1482	0	0,00	1737	0
7	2016	331	1629	493	0,00	1737	0	0,00	1825	0
8	2159	454	1619	490	0,00	1825	0	0,00	1790	0
9	2145	553	1518	459	0,00	1790	0	0,00	1604	0
10	1995	638	1321	399	0,00	1604	0	0,00	1337	0
11	1796	700	1096	331	0,00	1337	0	0,00	1005	0
12	1552	738	837	253	0,00	1005	0	0,00	685	0
13	1240	730	546	165	0,00	685	0	0,00	433	0
14	880	691	234	71	0,00	433	0	0,00	304	0
15	475	627	-137	-41	0,00	304	0	0,00	389	0
16	73	318	-270	-82	0,00	389	0	33,00	573	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 5

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	7,12	7,50	0,38	0,00	0,45	-49,82

2	7,50	8,00	0,50	0,45	0,91	-42,61
3	8,00	8,50	0,50	0,91	1,25	-34,22
4	8,50	9,00	0,50	1,25	1,45	-27,47
5	9,00	9,50	0,50	1,45	1,39	-20,81
6	9,50	10,00	0,50	1,39	1,26	-14,57
7	10,00	10,50	0,50	1,26	1,07	-7,97
8	10,50	11,00	0,50	1,07	0,82	-1,15
9	11,00	11,50	0,50	0,82	0,53	3,43
10	11,50	12,00	0,50	0,53	0,18	11,31
11	12,00	12,24	0,24	0,18	0,00	11,77

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 5

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	154	0	159	64	33,00	0	0	0,00	81	0
2	612	0	597	243	0,00	81	0	0,00	309	0
3	972	0	914	372	0,00	309	0	0,00	517	0
4	1216	11	1115	454	0,00	517	0	0,00	630	0
5	1305	140	1077	438	0,00	630	0	0,00	603	0
6	1245	268	909	370	0,00	603	0	0,00	472	0
7	1121	363	721	293	0,00	472	0	0,00	279	0
8	937	430	503	204	0,00	279	0	0,00	85	0
9	675	448	234	95	0,00	85	0	0,00	-24	0
10	355	415	-57	-23	0,00	-24	0	0,00	10	0
11	43	181	-147	-60	0,00	10	0	33,00	100	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 6

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,15	6,50	0,35	0,00	0,49	-54,46
2	6,50	7,00	0,50	0,49	1,03	-47,20
3	7,00	7,50	0,50	1,03	1,44	-39,35
4	7,50	8,00	0,50	1,44	1,76	-32,62
5	8,00	8,50	0,50	1,76	1,99	-24,70
6	8,50	9,00	0,50	1,99	2,11	-19,80
7	9,00	9,50	0,50	2,11	1,97	-12,41
8	9,50	10,00	0,50	1,97	1,77	-6,84
9	10,00	10,50	0,50	1,77	1,52	-1,15
10	10,50	11,00	0,50	1,52	1,22	4,57
11	11,00	11,50	0,50	1,22	0,87	10,20
12	11,50	12,00	0,50	0,87	0,47	16,70
13	12,00	12,50	0,50	0,47	0,00	22,78

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 6

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	154	0	183	58	33,00	0	0	0,00	115	0
2	684	0	742	237	0,00	115	0	0,00	502	0
3	1112	0	1127	360	0,00	502	0	0,00	942	0
4	1444	18	1399	448	0,00	942	0	0,00	1322	0
5	1721	182	1492	477	0,00	1322	0	0,00	1512	0
6	1909	339	1511	483	0,00	1512	0	0,00	1569	0
7	1925	451	1414	452	0,00	1569	0	0,00	1431	0
8	1790	535	1212	388	0,00	1431	0	0,00	1189	0
9	1601	603	992	317	0,00	1189	0	0,00	891	0
10	1362	643	740	237	0,00	891	0	0,00	595	0
11	1045	633	448	143	0,00	595	0	0,00	371	0
12	670	595	115	37	0,00	371	0	0,00	303	0
13	235	521	-306	-98	0,00	303	0	33,00	513	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 7

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,32	6,50	0,18	0,00	0,22	-50,71

2	6,50	7,00	0,50	0,22	0,75	-46,67
3	7,00	7,50	0,50	0,75	1,15	-38,66
4	7,50	8,00	0,50	1,15	1,47	-32,62
5	8,00	8,50	0,50	1,47	1,70	-24,70
6	8,50	9,00	0,50	1,70	1,82	-19,80
7	9,00	9,50	0,50	1,82	1,68	-12,41
8	9,50	10,00	0,50	1,68	1,49	-7,97
9	10,00	10,50	0,50	1,49	1,24	-1,15
10	10,50	11,00	0,50	1,24	0,95	3,43
11	11,00	11,50	0,50	0,95	0,60	10,20
12	11,50	12,00	0,50	0,60	0,21	15,64
13	12,00	12,25	0,25	0,21	0,00	17,74

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 7

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	36	0	40	13	33,00	0	0	0,00	23	0
2	437	0	470	149	0,00	23	0	0,00	266	0
3	855	0	873	277	0,00	266	0	0,00	595	0
4	1179	0	1156	367	0,00	595	0	0,00	911	0
5	1434	36	1345	427	0,00	911	0	0,00	1085	0
6	1619	186	1374	436	0,00	1085	0	0,00	1140	0
7	1635	303	1276	405	0,00	1140	0	0,00	1018	0
8	1505	393	1069	339	0,00	1018	0	0,00	828	0
9	1321	463	853	271	0,00	828	0	0,00	574	0
10	1087	505	594	189	0,00	574	0	0,00	350	0
11	775	498	303	96	0,00	350	0	0,00	200	0
12	405	449	-30	-10	0,00	200	0	0,00	218	0
13	53	200	-160	-51	0,00	218	0	33,00	316	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 8

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,33	6,50	0,17	0,00	0,23	-53,53
2	6,50	7,00	0,50	0,23	0,79	-48,24
3	7,00	7,50	0,50	0,79	1,22	-40,70
4	7,50	8,00	0,50	1,22	1,55	-33,42
5	8,00	8,50	0,50	1,55	1,80	-26,57
6	8,50	9,00	0,50	1,80	1,93	-20,81
7	9,00	9,50	0,50	1,93	1,82	-15,64
8	9,50	10,00	0,50	1,82	1,64	-9,09
9	10,00	10,50	0,50	1,64	1,40	-2,29
10	10,50	11,00	0,50	1,40	1,13	1,15
11	11,00	11,50	0,50	1,13	0,80	7,97
12	11,50	12,00	0,50	0,80	0,42	14,57
13	12,00	12,49	0,49	0,42	0,00	18,08

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 8

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	35	0	40	14	33,00	0	0	0,00	24	0
2	459	0	497	171	0,00	24	0	0,00	281	0
3	905	0	907	313	0,00	281	0	0,00	640	0
4	1247	0	1198	413	0,00	640	0	0,00	961	0
5	1519	73	1363	470	0,00	961	0	0,00	1153	0
6	1724	241	1405	484	0,00	1153	0	0,00	1200	0
7	1760	367	1308	451	0,00	1200	0	0,00	1117	0
8	1650	465	1129	389	0,00	1117	0	0,00	908	0
9	1476	540	924	318	0,00	908	0	0,00	627	0
10	1257	590	671	231	0,00	627	0	0,00	382	0
11	965	593	397	137	0,00	382	0	0,00	190	0
12	610	553	83	29	0,00	190	0	0,00	140	0
13	206	479	-293	-101	0,00	140	0	33,00	329	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 9

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,95	7,00	0,05	0,00	0,04	-38,66
2	7,00	7,50	0,50	0,04	0,51	-43,23
3	7,50	8,00	0,50	0,51	0,88	-36,50
4	8,00	8,50	0,50	0,88	1,17	-30,11
5	8,50	9,00	0,50	1,17	1,33	-23,75
6	9,00	9,50	0,50	1,33	1,25	-18,78
7	9,50	10,00	0,50	1,25	1,10	-12,41
8	10,00	10,50	0,50	1,10	0,91	-7,97
9	10,50	11,00	0,50	0,91	0,66	-1,15
10	11,00	11,50	0,50	0,66	0,38	2,29
11	11,50	12,00	0,50	0,38	0,05	9,09
12	12,00	12,08	0,08	0,05	0,00	7,13

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 9

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	2	0	2	1	33,00	0	0	0,00	1	0
2	248	0	248	94	0,00	1	0	0,00	103	0
3	626	0	606	229	0,00	103	0	0,00	280	0
4	923	0	863	326	0,00	280	0	0,00	433	0
5	1125	0	1042	394	0,00	433	0	0,00	493	0
6	1175	70	1021	386	0,00	493	0	0,00	455	0
7	1095	191	855	323	0,00	455	0	0,00	323	0
8	961	283	647	245	0,00	323	0	0,00	169	0
9	777	350	423	160	0,00	169	0	0,00	17	0
10	520	370	153	58	0,00	17	0	0,00	-47	0
11	215	345	-134	-51	0,00	-47	0	0,00	25	0
12	4	52	-50	-19	0,00	25	0	33,00	50	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 10

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,51	7,00	0,49	0,00	0,47	-43,81
2	7,00	7,50	0,50	0,47	0,85	-37,23
3	7,50	8,00	0,50	0,85	1,14	-30,11
4	8,00	8,50	0,50	1,14	1,37	-24,70
5	8,50	9,00	0,50	1,37	1,48	-18,78
6	9,00	9,50	0,50	1,48	1,35	-13,50
7	9,50	10,00	0,50	1,35	1,16	-7,97
8	10,00	10,50	0,50	1,16	0,91	-1,15
9	10,50	11,00	0,50	0,91	0,63	2,29
10	11,00	11,50	0,50	0,63	0,29	9,09
11	11,50	11,90	0,40	0,29	0,00	12,68

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 10

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	207	0	219	67	33,00	0	0	0,00	104	0
2	594	0	597	183	0,00	104	0	0,00	323	0
3	896	0	867	266	0,00	323	0	0,00	531	0
4	1130	0	1089	334	0,00	531	0	0,00	682	0
5	1289	22	1195	366	0,00	682	0	0,00	721	0
6	1300	133	1112	341	0,00	721	0	0,00	648	0
7	1175	228	911	279	0,00	648	0	0,00	496	0
8	991	298	689	211	0,00	496	0	0,00	298	0
9	762	343	425	130	0,00	298	0	0,00	151	0
10	460	340	131	40	0,00	151	0	0,00	90	0
11	116	244	-134	-41	0,00	90	0	33,00	160	0

CONDIZIONE SISMICA:

Quadro sintetico dei coefficienti di sicurezza

n.	Nome	geometria	vol	esito	Swi	fs	ok
			mc		kg		
1	Circolare...	C: [10.20 5.35] R: 6.26 [m]	18	soluzione regolare	0	2,454	si
2	Circolare...	C: [10.55 5.70] R: 6.31 [m]	15	soluzione regolare	0	2,194	si
3	Circolare...	C: [9.75 3.80] R: 4.03 [m]	11	soluzione regolare	0	2,656	si
4	Circolare...	C: [10.30 5.85] R: 5.90 [m]	11	soluzione regolare	0	2,201	si
5	Circolare...	C: [10.50 5.20] R: 4.67 [m]	6	soluzione regolare	0	1,867	si
6	Circolare...	C: [10.35 5.05] R: 4.91 [m]	8	soluzione regolare	0	2,077	si
7	Circolare...	C: [10.40 5.45] R: 5.03 [m]	7	soluzione regolare	0	1,984	si
8	Circolare...	C: [10.55 5.35] R: 5.09 [m]	7	soluzione regolare	0	1,938	si
9	Circolare...	C: [10.80 6.10] R: 5.41 [m]	5	soluzione regolare	0	1,739	si
10	Circolare...	C: [10.45 6.05] R: 5.30 [m]	5	soluzione regolare	0	1,901	si

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 1

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	4,68	5,00	0,32	0,00	0,63	-57,89
2	5,00	5,50	0,50	0,63	1,28	-52,43
3	5,50	6,00	0,50	1,28	1,79	-45,57
4	6,00	6,50	0,50	1,79	2,19	-38,66
5	6,50	7,00	0,50	2,19	2,53	-34,22
6	7,00	7,50	0,50	2,53	2,79	-27,47
7	7,50	8,00	0,50	2,79	3,01	-23,75
8	8,00	8,50	0,50	3,01	3,17	-17,74
9	8,50	9,00	0,50	3,17	3,23	-13,50
10	9,00	9,50	0,50	3,23	3,06	-9,09
11	9,50	10,00	0,50	3,06	2,83	-3,43
12	10,00	10,50	0,50	2,83	2,57	0,00
13	10,50	11,00	0,50	2,57	2,26	5,71
14	11,00	11,50	0,50	2,26	1,92	9,09
15	11,50	12,00	0,50	1,92	1,54	14,57
16	12,00	12,50	0,50	1,54	1,11	18,78
17	12,50	13,00	0,50	1,11	0,62	24,70
18	13,00	13,50	0,50	0,62	0,08	29,25
19	13,50	13,58	0,08	0,08	0,00	26,57

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 1

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	179	0	250	54	33,00	0	0	0,00	183	0
2	849	0	1086	235	0,00	183	0	0,00	901	0
3	1364	0	1587	344	0,00	901	0	0,00	1798	0
4	1769	0	1929	418	0,00	1798	0	0,00	2678	0
5	2097	0	2194	475	0,00	2678	0	0,00	3525	0
6	2364	0	2380	516	0,00	3525	0	0,00	4169	0
7	2577	0	2541	551	0,00	4169	0	0,00	4695	0
8	2746	0	2671	579	0,00	4695	0	0,00	4960	0
9	2844	0	2757	597	0,00	4960	0	0,00	5023	0
10	2795	0	2701	585	0,00	5023	0	0,00	4870	0
11	2617	0	2584	560	0,00	4870	0	0,00	4465	0
12	2400	0	2400	520	0,00	4465	0	0,00	3945	0
13	2146	0	2194	475	0,00	3945	0	0,00	3251	0
14	1857	0	1924	417	0,00	3251	0	0,00	2526	0
15	1538	0	1662	360	0,00	2526	0	0,00	1749	0
16	1178	0	1322	286	0,00	1749	0	0,00	1041	0
17	769	0	939	204	0,00	1041	0	0,00	464	0
18	311	0	404	87	0,00	464	0	0,00	189	0

19 6 0 6 1 0,00 189 0 33,00 184 0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 2

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	5,11	5,50	0,39	0,00	0,58	-56,08
2	5,50	6,00	0,50	0,58	1,17	-49,72
3	6,00	6,50	0,50	1,17	1,63	-42,61
4	6,50	7,00	0,50	1,63	2,01	-37,23
5	7,00	7,50	0,50	2,01	2,32	-31,80
6	7,50	8,00	0,50	2,32	2,57	-26,57
7	8,00	8,50	0,50	2,57	2,76	-20,81
8	8,50	9,00	0,50	2,76	2,85	-16,70
9	9,00	9,50	0,50	2,85	2,71	-12,41
10	9,50	10,00	0,50	2,71	2,51	-6,84
11	10,00	10,50	0,50	2,51	2,27	-2,29
12	10,50	11,00	0,50	2,27	2,00	1,15
13	11,00	11,50	0,50	2,00	1,68	6,84
14	11,50	12,00	0,50	1,68	1,34	10,20
15	12,00	12,50	0,50	1,34	0,94	15,64
16	12,50	13,00	0,50	0,94	0,49	20,81
17	13,00	13,50	0,50	0,49	0,00	24,70

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 2

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	201	0	261	63	33,00	0	0	0,00	184	0
2	778	0	931	226	0,00	184	0	0,00	751	0
3	1244	0	1363	330	0,00	751	0	0,00	1440	0
4	1618	0	1694	410	0,00	1440	0	0,00	2148	0
5	1924	0	1940	470	0,00	2148	0	0,00	2779	0
6	2173	0	2132	517	0,00	2779	0	0,00	3279	0
7	2369	0	2299	557	0,00	3279	0	0,00	3577	0
8	2493	0	2417	586	0,00	3577	0	0,00	3711	0
9	2471	0	2393	580	0,00	3711	0	0,00	3659	0
10	2320	0	2254	546	0,00	3659	0	0,00	3383	0
11	2124	0	2104	510	0,00	3383	0	0,00	2958	0
12	1897	0	1907	462	0,00	2958	0	0,00	2457	0
13	1635	0	1684	408	0,00	2457	0	0,00	1847	0
14	1342	0	1403	340	0,00	1847	0	0,00	1254	0
15	1013	0	1109	269	0,00	1254	0	0,00	687	0
16	635	0	742	180	0,00	687	0	0,00	251	0
17	218	0	270	65	0,00	251	0	33,00	79	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 3

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	5,93	6,00	0,07	0,00	0,17	-67,62
2	6,00	6,50	0,50	0,17	1,08	-61,21
3	6,50	7,00	0,50	1,08	1,64	-48,24
4	7,00	7,50	0,50	1,64	2,04	-38,66
5	7,50	8,00	0,50	2,04	2,33	-30,11
6	8,00	8,50	0,50	2,33	2,53	-21,80
7	8,50	9,00	0,50	2,53	2,59	-13,50
8	9,00	9,50	0,50	2,59	2,41	-7,97
9	9,50	10,00	0,50	2,41	2,15	0,00
10	10,00	10,50	0,50	2,15	1,82	7,97
11	10,50	11,00	0,50	1,82	1,44	13,50
12	11,00	11,50	0,50	1,44	0,98	21,80
13	11,50	12,00	0,50	0,98	0,44	30,11
14	12,00	12,35	0,35	0,44	0,00	36,61

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 3

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
----	----	----	----	---	----	----	----	----	----	----

<i>n.</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
1	11	0	18	4	33,00	0	0	0,00	16	0
2	555	0	839	168	0,00	16	0	0,00	675	0
3	1209	0	1481	297	0,00	675	0	0,00	1583	0
4	1635	0	1804	361	0,00	1583	0	0,00	2429	0
5	1942	0	1983	397	0,00	2429	0	0,00	3090	0
6	2160	0	2119	424	0,00	3090	0	0,00	3489	0
7	2275	0	2214	443	0,00	3489	0	0,00	3575	0
8	2222	0	2161	433	0,00	3575	0	0,00	3445	0
9	2026	0	2026	406	0,00	3445	0	0,00	3039	0
10	1764	0	1815	363	0,00	3039	0	0,00	2422	0
11	1449	0	1552	311	0,00	2422	0	0,00	1752	0
12	1075	0	1239	248	0,00	1752	0	0,00	1050	0
13	631	0	814	163	0,00	1050	0	0,00	493	0
14	137	0	198	40	0,00	493	0	33,00	342	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 4

<i>n.</i>	<i>xs</i>	<i>xd</i>	<i>b</i>	<i>hs</i>	<i>hd</i>	<i>angolo</i>
<i>n.</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>gradi</i>
1	5,44	5,50	0,06	0,00	0,08	-53,13
2	5,50	6,00	0,50	0,08	0,68	-50,19
3	6,00	6,50	0,50	0,68	1,16	-43,83
4	6,50	7,00	0,50	1,16	1,54	-37,23
5	7,00	7,50	0,50	1,54	1,84	-30,96
6	7,50	8,00	0,50	1,84	2,08	-25,64
7	8,00	8,50	0,50	2,08	2,26	-19,80
8	8,50	9,00	0,50	2,26	2,34	-15,64
9	9,00	9,50	0,50	2,34	2,18	-10,20
10	9,50	10,00	0,50	2,18	1,97	-5,71
11	10,00	10,50	0,50	1,97	1,71	0,00
12	10,50	11,00	0,50	1,71	1,41	4,57
13	11,00	11,50	0,50	1,41	1,07	9,09
14	11,50	12,00	0,50	1,07	0,69	14,57
15	12,00	12,50	0,50	0,69	0,26	18,78
16	12,50	12,78	0,28	0,26	0,00	23,20

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 4

<i>n.</i>	<i>Pv</i>	<i>Nu</i>	<i>N'</i>	<i>S</i>	<i>hi</i>	<i>Ei</i>	<i>Ti</i>	<i>hf</i>	<i>Ef</i>	<i>Tf</i>
<i>n.</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
1	4	0	5	1	33,00	0	0	0,00	4	0
2	338	0	408	99	0,00	4	0	0,00	254	0
3	818	0	916	221	0,00	254	0	0,00	731	0
4	1200	0	1257	304	0,00	731	0	0,00	1257	0
5	1502	0	1522	368	0,00	1257	0	0,00	1727	0
6	1742	0	1717	415	0,00	1727	0	0,00	2099	0
7	1929	0	1881	454	0,00	2099	0	0,00	2309	0
8	2044	0	1953	472	0,00	2309	0	0,00	2383	0
9	2009	0	1925	465	0,00	2383	0	0,00	2264	0
10	1844	0	1801	435	0,00	2264	0	0,00	2009	0
11	1635	0	1635	395	0,00	2009	0	0,00	1614	0
12	1386	0	1414	342	0,00	1614	0	0,00	1159	0
13	1102	0	1146	277	0,00	1159	0	0,00	699	0
14	782	0	851	206	0,00	699	0	0,00	280	0
15	422	0	478	116	0,00	280	0	0,00	13	0
16	65	0	77	19	0,00	13	0	33,00	-36	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 5

<i>n.</i>	<i>xs</i>	<i>xd</i>	<i>b</i>	<i>hs</i>	<i>hd</i>	<i>angolo</i>
<i>n.</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>gradi</i>
1	6,68	7,00	0,32	0,00	0,39	-50,63
2	7,00	7,50	0,50	0,39	0,87	-43,83
3	7,50	8,00	0,50	0,87	1,24	-36,50
4	8,00	8,50	0,50	1,24	1,52	-29,25
5	8,50	9,00	0,50	1,52	1,66	-21,80
6	9,00	9,50	0,50	1,66	1,55	-15,64
7	9,50	10,00	0,50	1,55	1,37	-9,09

8	10,00	10,50	0,50	1,37	1,14	-3,43
9	10,50	11,00	0,50	1,14	0,85	3,43
10	11,00	11,50	0,50	0,85	0,51	9,09
11	11,50	12,00	0,50	0,51	0,12	15,64
12	12,00	12,14	0,14	0,12	0,00	15,95

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 5

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	111	0	129	37	33,00	0	0	0,00	77	0
2	560	0	607	173	0,00	77	0	0,00	374	0
3	938	0	960	274	0,00	374	0	0,00	726	0
4	1226	0	1206	343	0,00	726	0	0,00	1017	0
5	1413	0	1345	383	0,00	1017	0	0,00	1163	0
6	1426	0	1348	384	0,00	1163	0	0,00	1157	0
7	1298	0	1241	353	0,00	1157	0	0,00	1002	0
8	1115	0	1097	312	0,00	1002	0	0,00	756	0
9	884	0	900	256	0,00	756	0	0,00	445	0
10	604	0	633	180	0,00	445	0	0,00	164	0
11	280	0	310	88	0,00	164	0	0,00	-8	0
12	15	0	16	5	0,00	-8	0	33,00	-17	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 6

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,15	6,50	0,35	0,00	0,49	-54,46
2	6,50	7,00	0,50	0,49	1,03	-47,20
3	7,00	7,50	0,50	1,03	1,44	-39,35
4	7,50	8,00	0,50	1,44	1,76	-32,62
5	8,00	8,50	0,50	1,76	1,99	-24,70
6	8,50	9,00	0,50	1,99	2,11	-19,80
7	9,00	9,50	0,50	2,11	1,97	-12,41
8	9,50	10,00	0,50	1,97	1,77	-6,84
9	10,00	10,50	0,50	1,77	1,52	-1,15
10	10,50	11,00	0,50	1,52	1,22	4,57
11	11,00	11,50	0,50	1,22	0,87	10,20
12	11,50	12,00	0,50	0,87	0,47	16,70
13	12,00	12,50	0,50	0,47	0,00	22,78

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 6

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	152	0	192	49	33,00	0	0	0,00	128	0
2	675	0	773	198	0,00	128	0	0,00	564	0
3	1098	0	1161	297	0,00	564	0	0,00	1076	0
4	1422	0	1442	369	0,00	1076	0	0,00	1545	0
5	1666	0	1640	420	0,00	1545	0	0,00	1849	0
6	1822	0	1768	453	0,00	1849	0	0,00	2022	0
7	1813	0	1751	448	0,00	2022	0	0,00	1961	0
8	1662	0	1612	413	0,00	1961	0	0,00	1741	0
9	1462	0	1455	372	0,00	1741	0	0,00	1398	0
10	1218	0	1243	318	0,00	1398	0	0,00	980	0
11	929	0	974	249	0,00	980	0	0,00	556	0
12	595	0	671	172	0,00	556	0	0,00	197	0
13	209	0	253	65	0,00	197	0	33,00	39	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 7

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,32	6,50	0,18	0,00	0,22	-50,71
2	6,50	7,00	0,50	0,22	0,75	-46,67
3	7,00	7,50	0,50	0,75	1,15	-38,66
4	7,50	8,00	0,50	1,15	1,47	-32,62
5	8,00	8,50	0,50	1,47	1,70	-24,70

6	8,50	9,00	0,50	1,70	1,82	-19,80
7	9,00	9,50	0,50	1,82	1,68	-12,41
8	9,50	10,00	0,50	1,68	1,49	-7,97
9	10,00	10,50	0,50	1,49	1,24	-1,15
10	10,50	11,00	0,50	1,24	0,95	3,43
11	11,00	11,50	0,50	0,95	0,60	10,20
12	11,50	12,00	0,50	0,60	0,21	15,64
13	12,00	12,25	0,25	0,21	0,00	17,74

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 7

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	35	0	41	11	33,00	0	0	0,00	25	0
2	431	0	483	130	0,00	25	0	0,00	291	0
3	844	0	890	238	0,00	291	0	0,00	661	0
4	1164	0	1173	314	0,00	661	0	0,00	1031	0
5	1409	0	1380	370	0,00	1031	0	0,00	1272	0
6	1564	0	1512	405	0,00	1272	0	0,00	1403	0
7	1555	0	1498	401	0,00	1403	0	0,00	1333	0
8	1409	0	1358	364	0,00	1333	0	0,00	1159	0
9	1213	0	1207	323	0,00	1159	0	0,00	860	0
10	973	0	989	265	0,00	860	0	0,00	535	0
11	689	0	724	194	0,00	535	0	0,00	211	0
12	360	0	397	106	0,00	211	0	0,00	-2	0
13	47	0	53	14	0,00	-2	0	33,00	-32	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 8

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,33	6,50	0,17	0,00	0,23	-53,53
2	6,50	7,00	0,50	0,23	0,79	-48,24
3	7,00	7,50	0,50	0,79	1,22	-40,70
4	7,50	8,00	0,50	1,22	1,55	-33,42
5	8,00	8,50	0,50	1,55	1,80	-26,57
6	8,50	9,00	0,50	1,80	1,93	-20,81
7	9,00	9,50	0,50	1,93	1,82	-15,64
8	9,50	10,00	0,50	1,82	1,64	-9,09
9	10,00	10,50	0,50	1,64	1,40	-2,29
10	10,50	11,00	0,50	1,40	1,13	1,15
11	11,00	11,50	0,50	1,13	0,80	7,97
12	11,50	12,00	0,50	0,80	0,42	14,57
13	12,00	12,49	0,49	0,42	0,00	18,08

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 8

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	35	0	42	11	33,00	0	0	0,00	27	0
2	453	0	520	143	0,00	27	0	0,00	321	0
3	893	0	940	258	0,00	321	0	0,00	744	0
4	1231	0	1230	337	0,00	744	0	0,00	1146	0
5	1489	0	1440	395	0,00	1146	0	0,00	1441	0
6	1658	0	1591	436	0,00	1441	0	0,00	1600	0
7	1666	0	1578	433	0,00	1600	0	0,00	1609	0
8	1538	0	1473	404	0,00	1609	0	0,00	1440	0
9	1351	0	1336	367	0,00	1440	0	0,00	1127	0
10	1124	0	1130	310	0,00	1127	0	0,00	795	0
11	858	0	892	245	0,00	795	0	0,00	425	0
12	542	0	595	163	0,00	425	0	0,00	113	0
13	183	0	209	57	0,00	113	0	33,00	-7	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 9

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,76	7,00	0,24	0,00	0,25	-46,17

2	7,00	7,50	0,50	0,25	0,68	-40,70
3	7,50	8,00	0,50	0,68	1,02	-34,22
4	8,00	8,50	0,50	1,02	1,29	-28,37
5	8,50	9,00	0,50	1,29	1,44	-22,78
6	9,00	9,50	0,50	1,44	1,34	-16,70
7	9,50	10,00	0,50	1,34	1,18	-11,31
8	10,00	10,50	0,50	1,18	0,97	-5,71
9	10,50	11,00	0,50	0,97	0,71	0,00
10	11,00	11,50	0,50	0,71	0,41	4,57
11	11,50	12,00	0,50	0,41	0,07	10,20
12	12,00	12,10	0,10	0,07	0,00	11,31

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 9

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	53	0	57	18	33,00	0	0	0,00	30	0
2	413	0	425	130	0,00	30	0	0,00	211	0
3	755	0	750	229	0,00	211	0	0,00	445	0
4	1027	0	987	302	0,00	445	0	0,00	652	0
5	1213	0	1161	355	0,00	652	0	0,00	774	0
6	1235	0	1177	360	0,00	774	0	0,00	768	0
7	1120	0	1055	323	0,00	768	0	0,00	656	0
8	955	0	927	283	0,00	656	0	0,00	465	0
9	747	0	747	228	0,00	465	0	0,00	237	0
10	498	0	510	156	0,00	237	0	0,00	40	0
11	213	0	226	69	0,00	40	0	0,00	-69	0
12	6	0	7	2	0,00	-69	0	33,00	-73	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 10

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,51	7,00	0,49	0,00	0,47	-43,81
2	7,00	7,50	0,50	0,47	0,85	-37,23
3	7,50	8,00	0,50	0,85	1,14	-30,11
4	8,00	8,50	0,50	1,14	1,37	-24,70
5	8,50	9,00	0,50	1,37	1,48	-18,78
6	9,00	9,50	0,50	1,48	1,35	-13,50
7	9,50	10,00	0,50	1,35	1,16	-7,97
8	10,00	10,50	0,50	1,16	0,91	-1,15
9	10,50	11,00	0,50	0,91	0,63	2,29
10	11,00	11,50	0,50	0,63	0,29	9,09
11	11,50	11,90	0,40	0,29	0,00	12,68

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 10

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	205	0	221	62	33,00	0	0	0,00	110	0
2	587	0	600	168	0,00	110	0	0,00	342	0
3	884	0	867	243	0,00	342	0	0,00	570	0
4	1115	0	1087	304	0,00	570	0	0,00	749	0
5	1266	0	1203	336	0,00	749	0	0,00	818	0
6	1258	0	1202	336	0,00	818	0	0,00	771	0
7	1115	0	1073	300	0,00	771	0	0,00	621	0
8	920	0	915	256	0,00	621	0	0,00	384	0
9	684	0	692	194	0,00	384	0	0,00	163	0
10	409	0	428	120	0,00	163	0	0,00	-26	0
11	103	0	113	32	0,00	-26	0	33,00	-81	0

CONDIZIONE SISMICA CON EVENTO DI PIENA $T_r = 200$ anni:

Quadro sintetico dei coefficienti di sicurezza

n.	Nome	geometria	vol	esito	Swi	fs	ok
			<i>mc</i>		<i>kg</i>		
1	Circolare...	C: [10.20 5.35] R: 6.26 [m]	18	soluzione regolare	0	1,558	si
2	Circolare...	C: [10.55 5.70] R: 6.31 [m]	15	soluzione regolare	0	1,376	si
3	Circolare...	C: [9.75 3.80] R: 4.03 [m]	11	soluzione regolare	0	1,924	si
4	Circolare...	C: [10.30 5.85] R: 5.90 [m]	11	soluzione regolare	0	1,554	si
5	Circolare...	C: [10.50 5.20] R: 4.67 [m]	6	soluzione regolare	0	1,418	si
6	Circolare...	C: [10.35 5.05] R: 4.91 [m]	8	soluzione regolare	0	1,479	si
7	Circolare...	C: [10.40 5.45] R: 5.03 [m]	7	soluzione regolare	0	1,498	si
8	Circolare...	C: [10.55 5.35] R: 5.09 [m]	7	soluzione regolare	0	1,380	si
9	Circolare...	C: [10.80 6.10] R: 5.41 [m]	5	soluzione regolare	0	1,346	si
10	Circolare...	C: [10.45 6.05] R: 5.30 [m]	5	soluzione regolare	0	1,560	si

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 1

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
<i>n.</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>gradi</i>
1	4,68	5,00	0,32	0,00	0,63	-57,89
2	5,00	5,50	0,50	0,63	1,28	-52,43
3	5,50	6,00	0,50	1,28	1,79	-45,57
4	6,00	6,50	0,50	1,79	2,19	-38,66
5	6,50	7,00	0,50	2,19	2,53	-34,22
6	7,00	7,50	0,50	2,53	2,79	-27,47
7	7,50	8,00	0,50	2,79	3,01	-23,75
8	8,00	8,50	0,50	3,01	3,17	-17,74
9	8,50	9,00	0,50	3,17	3,23	-13,50
10	9,00	9,50	0,50	3,23	3,06	-9,09
11	9,50	10,00	0,50	3,06	2,83	-3,43
12	10,00	10,50	0,50	2,83	2,57	0,00
13	10,50	11,00	0,50	2,57	2,26	5,71
14	11,00	11,50	0,50	2,26	1,92	9,09
15	11,50	12,00	0,50	1,92	1,54	14,57
16	12,00	12,50	0,50	1,54	1,11	18,78
17	12,50	13,00	0,50	1,11	0,62	24,70
18	13,00	13,50	0,50	0,62	0,08	29,25
19	13,50	13,58	0,08	0,08	0,00	26,57

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 1

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
<i>n.</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
1	179	0	218	74	33,00	0	0	0,00	145	0
2	849	0	964	329	0,00	145	0	0,00	709	0
3	1364	0	1437	490	0,00	709	0	0,00	1396	0
4	1778	54	1745	596	0,00	1396	0	0,00	2021	0
5	2148	306	1845	630	0,00	2021	0	0,00	2542	0
6	2454	510	1904	650	0,00	2542	0	0,00	2846	0
7	2701	675	1956	668	0,00	2846	0	0,00	3025	0
8	2899	803	2000	683	0,00	3025	0	0,00	2984	0
9	3021	913	2011	686	0,00	2984	0	0,00	2784	0
10	2992	995	1905	650	0,00	2784	0	0,00	2438	0
11	2829	1073	1723	588	0,00	2438	0	0,00	1954	0
12	2623	1130	1493	510	0,00	1954	0	0,00	1444	0
13	2376	1165	1260	430	0,00	1444	0	0,00	888	0
14	2064	1155	977	333	0,00	888	0	0,00	398	0
15	1708	1125	694	237	0,00	398	0	0,00	-11	0
16	1308	1069	349	119	0,00	-11	0	0,00	-239	0
17	854	1020	-95	-32	0,00	-239	0	0,00	-170	0
18	346	912	-634	-217	0,00	-170	0	0,00	331	0

19 6 115 -117 -40 0,00 331 0 33,00 429 0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 2

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
<i>n.</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>gradi</i>
1	5,11	5,50	0,39	0,00	0,58	-56,08
2	5,50	6,00	0,50	0,58	1,17	-49,72
3	6,00	6,50	0,50	1,17	1,63	-42,61
4	6,50	7,00	0,50	1,63	2,01	-37,23
5	7,00	7,50	0,50	2,01	2,32	-31,80
6	7,50	8,00	0,50	2,32	2,57	-26,57
7	8,00	8,50	0,50	2,57	2,76	-20,81
8	8,50	9,00	0,50	2,76	2,85	-16,70
9	9,00	9,50	0,50	2,85	2,71	-12,41
10	9,50	10,00	0,50	2,71	2,51	-6,84
11	10,00	10,50	0,50	2,51	2,27	-2,29
12	10,50	11,00	0,50	2,27	2,00	1,15
13	11,00	11,50	0,50	2,00	1,68	6,84
14	11,50	12,00	0,50	1,68	1,34	10,20
15	12,00	12,50	0,50	1,34	0,94	15,64
16	12,50	13,00	0,50	0,94	0,49	20,81
17	13,00	13,50	0,50	0,49	0,00	24,70

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 2

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
<i>n.</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
1	201	0	226	87	33,00	0	0	0,00	141	0
2	778	0	822	318	0,00	141	0	0,00	564	0
3	1244	0	1230	475	0,00	564	0	0,00	1054	0
4	1621	28	1532	592	0,00	1054	0	0,00	1515	0
5	1965	241	1647	637	0,00	1515	0	0,00	1847	0
6	2252	437	1715	663	0,00	1847	0	0,00	2024	0
7	2479	594	1778	687	0,00	2024	0	0,00	2013	0
8	2631	725	1804	697	0,00	2013	0	0,00	1863	0
9	2631	829	1713	662	0,00	1863	0	0,00	1583	0
10	2498	905	1529	591	0,00	1583	0	0,00	1176	0
11	2317	975	1322	511	0,00	1176	0	0,00	717	0
12	2100	1025	1084	419	0,00	717	0	0,00	277	0
13	1817	1030	833	322	0,00	277	0	0,00	-145	0
14	1491	993	553	214	0,00	-145	0	0,00	-458	0
15	1126	954	237	92	0,00	-458	0	0,00	-613	0
16	706	904	-172	-67	0,00	-613	0	0,00	-489	0
17	242	822	-676	-261	0,00	-489	0	33,00	31	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 3

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
<i>n.</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>gradi</i>
1	5,93	6,00	0,07	0,00	0,17	-67,62
2	6,00	6,50	0,50	0,17	1,08	-61,21
3	6,50	7,00	0,50	1,08	1,64	-48,24
4	7,00	7,50	0,50	1,64	2,04	-38,66
5	7,50	8,00	0,50	2,04	2,33	-30,11
6	8,00	8,50	0,50	2,33	2,53	-21,80
7	8,50	9,00	0,50	2,53	2,59	-13,50
8	9,00	9,50	0,50	2,59	2,41	-7,97
9	9,50	10,00	0,50	2,41	2,15	0,00
10	10,00	10,50	0,50	2,15	1,82	7,97
11	10,50	11,00	0,50	1,82	1,44	13,50
12	11,00	11,50	0,50	1,44	0,98	21,80
13	11,50	12,00	0,50	0,98	0,44	30,11
14	12,00	12,35	0,35	0,44	0,00	36,61

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 3

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	11	0	16	4	33,00	0	0	0,00	14	0
2	555	0	761	210	0,00	14	0	0,00	584	0
3	1209	0	1384	383	0,00	584	0	0,00	1363	0
4	1648	74	1667	461	0,00	1363	0	0,00	2044	0
5	1995	305	1701	470	0,00	2044	0	0,00	2497	0
6	2247	469	1729	478	0,00	2497	0	0,00	2699	0
7	2389	587	1739	481	0,00	2699	0	0,00	2637	0
8	2355	673	1626	449	0,00	2637	0	0,00	2415	0
9	2173	740	1433	396	0,00	2415	0	0,00	2019	0
10	1917	773	1198	331	0,00	2019	0	0,00	1521	0
11	1601	788	912	252	0,00	1521	0	0,00	1059	0
12	1195	758	585	162	0,00	1059	0	0,00	685	0
13	701	675	159	44	0,00	685	0	0,00	566	0
14	152	391	-251	-69	0,00	566	0	33,00	774	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 4

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	5,44	5,50	0,06	0,00	0,08	-53,13
2	5,50	6,00	0,50	0,08	0,68	-50,19
3	6,00	6,50	0,50	0,68	1,16	-43,83
4	6,50	7,00	0,50	1,16	1,54	-37,23
5	7,00	7,50	0,50	1,54	1,84	-30,96
6	7,50	8,00	0,50	1,84	2,08	-25,64
7	8,00	8,50	0,50	2,08	2,26	-19,80
8	8,50	9,00	0,50	2,26	2,34	-15,64
9	9,00	9,50	0,50	2,34	2,18	-10,20
10	9,50	10,00	0,50	2,18	1,97	-5,71
11	10,00	10,50	0,50	1,97	1,71	0,00
12	10,50	11,00	0,50	1,71	1,41	4,57
13	11,00	11,50	0,50	1,41	1,07	9,09
14	11,50	12,00	0,50	1,07	0,69	14,57
15	12,00	12,50	0,50	0,69	0,26	18,78
16	12,50	12,78	0,28	0,26	0,00	23,20

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 4

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	4	0	5	2	33,00	0	0	0,00	3	0
2	338	0	373	128	0,00	3	0	0,00	208	0
3	818	0	849	291	0,00	208	0	0,00	588	0
4	1200	0	1181	404	0,00	588	0	0,00	986	0
5	1501	14	1433	490	0,00	986	0	0,00	1305	0
6	1773	171	1529	523	0,00	1305	0	0,00	1496	0
7	1990	331	1584	542	0,00	1496	0	0,00	1523	0
8	2132	454	1578	540	0,00	1523	0	0,00	1427	0
9	2118	553	1483	507	0,00	1427	0	0,00	1186	0
10	1970	638	1292	442	0,00	1186	0	0,00	873	0
11	1774	700	1074	367	0,00	873	0	0,00	506	0
12	1532	738	819	280	0,00	506	0	0,00	160	0
13	1225	730	533	182	0,00	160	0	0,00	-108	0
14	869	691	224	77	0,00	-108	0	0,00	-240	0
15	469	627	-146	-50	0,00	-240	0	0,00	-144	0
16	72	318	-277	-95	0,00	-144	0	33,00	55	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 5

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,68	7,00	0,32	0,00	0,39	-50,63

2	7,00	7,50	0,50	0,39	0,87	-43,83
3	7,50	8,00	0,50	0,87	1,24	-36,50
4	8,00	8,50	0,50	1,24	1,52	-29,25
5	8,50	9,00	0,50	1,52	1,66	-21,80
6	9,00	9,50	0,50	1,66	1,55	-15,64
7	9,50	10,00	0,50	1,55	1,37	-9,09
8	10,00	10,50	0,50	1,37	1,14	-3,43
9	10,50	11,00	0,50	1,14	0,85	3,43
10	11,00	11,50	0,50	0,85	0,51	9,09
11	11,50	12,00	0,50	0,51	0,12	15,64
12	12,00	12,14	0,14	0,12	0,00	15,95

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 5

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	111	0	119	45	33,00	0	0	0,00	64	0
2	560	0	568	213	0,00	64	0	0,00	305	0
3	938	0	910	341	0,00	305	0	0,00	573	0
4	1228	1	1156	433	0,00	573	0	0,00	761	0
5	1431	95	1237	464	0,00	761	0	0,00	790	0
6	1471	230	1154	433	0,00	790	0	0,00	683	0
7	1363	330	978	367	0,00	683	0	0,00	472	0
8	1196	408	772	289	0,00	472	0	0,00	229	0
9	974	455	532	199	0,00	229	0	0,00	-2	0
10	672	450	242	91	0,00	-2	0	0,00	-131	0
11	311	403	-88	-33	0,00	-131	0	0,00	-75	0
12	17	98	-87	-33	0,00	-75	0	33,00	-18	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 6

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,15	6,50	0,35	0,00	0,49	-54,46
2	6,50	7,00	0,50	0,49	1,03	-47,20
3	7,00	7,50	0,50	1,03	1,44	-39,35
4	7,50	8,00	0,50	1,44	1,76	-32,62
5	8,00	8,50	0,50	1,76	1,99	-24,70
6	8,50	9,00	0,50	1,99	2,11	-19,80
7	9,00	9,50	0,50	2,11	1,97	-12,41
8	9,50	10,00	0,50	1,97	1,77	-6,84
9	10,00	10,50	0,50	1,77	1,52	-1,15
10	10,50	11,00	0,50	1,52	1,22	4,57
11	11,00	11,50	0,50	1,22	0,87	10,20
12	11,50	12,00	0,50	0,87	0,47	16,70
13	12,00	12,50	0,50	0,47	0,00	22,78

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 6

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	152	0	174	62	33,00	0	0	0,00	106	0
2	675	0	710	255	0,00	106	0	0,00	456	0
3	1098	0	1085	390	0,00	456	0	0,00	847	0
4	1426	18	1353	486	0,00	847	0	0,00	1168	0
5	1699	182	1448	520	0,00	1168	0	0,00	1301	0
6	1885	339	1470	528	0,00	1301	0	0,00	1302	0
7	1900	451	1380	496	0,00	1302	0	0,00	1113	0
8	1768	535	1185	426	0,00	1113	0	0,00	829	0
9	1581	603	972	349	0,00	829	0	0,00	500	0
10	1345	643	725	261	0,00	500	0	0,00	181	0
11	1032	633	438	157	0,00	181	0	0,00	-55	0
12	662	595	106	38	0,00	-55	0	0,00	-123	0
13	232	521	-316	-114	0,00	-123	0	33,00	105	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 7

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
----	----	----	---	----	----	--------

<i>n.</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>gradi</i>
1	6,32	6,50	0,18	0,00	0,22	-50,71
2	6,50	7,00	0,50	0,22	0,75	-46,67
3	7,00	7,50	0,50	0,75	1,15	-38,66
4	7,50	8,00	0,50	1,15	1,47	-32,62
5	8,00	8,50	0,50	1,47	1,70	-24,70
6	8,50	9,00	0,50	1,70	1,82	-19,80
7	9,00	9,50	0,50	1,82	1,68	-12,41
8	9,50	10,00	0,50	1,68	1,49	-7,97
9	10,00	10,50	0,50	1,49	1,24	-1,15
10	10,50	11,00	0,50	1,24	0,95	3,43
11	11,00	11,50	0,50	0,95	0,60	10,20
12	11,50	12,00	0,50	0,60	0,21	15,64
13	12,00	12,25	0,25	0,21	0,00	17,74

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 7

<i>n.</i>	<i>Pv</i>	<i>Nu</i>	<i>N'</i>	<i>S</i>	<i>hi</i>	<i>Ei</i>	<i>Ti</i>	<i>hf</i>	<i>Ef</i>	<i>Tf</i>
<i>n.</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
1	35	0	38	14	33,00	0	0	0,00	21	0
2	431	0	451	160	0,00	21	0	0,00	242	0
3	844	0	842	299	0,00	242	0	0,00	535	0
4	1164	0	1120	397	0,00	535	0	0,00	805	0
5	1416	36	1309	464	0,00	805	0	0,00	930	0
6	1599	186	1339	475	0,00	930	0	0,00	937	0
7	1614	303	1247	442	0,00	937	0	0,00	772	0
8	1486	393	1046	371	0,00	772	0	0,00	547	0
9	1304	463	836	297	0,00	547	0	0,00	267	0
10	1073	505	581	206	0,00	267	0	0,00	26	0
11	765	498	294	105	0,00	26	0	0,00	-131	0
12	400	449	-37	-13	0,00	-131	0	0,00	-109	0
13	52	200	-163	-58	0,00	-109	0	33,00	-3	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 8

<i>n.</i>	<i>xs</i>	<i>xd</i>	<i>b</i>	<i>hs</i>	<i>hd</i>	<i>angolo</i>
<i>n.</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>gradi</i>
1	6,33	6,50	0,17	0,00	0,23	-53,53
2	6,50	7,00	0,50	0,23	0,79	-48,24
3	7,00	7,50	0,50	0,79	1,22	-40,70
4	7,50	8,00	0,50	1,22	1,55	-33,42
5	8,00	8,50	0,50	1,55	1,80	-26,57
6	8,50	9,00	0,50	1,80	1,93	-20,81
7	9,00	9,50	0,50	1,93	1,82	-15,64
8	9,50	10,00	0,50	1,82	1,64	-9,09
9	10,00	10,50	0,50	1,64	1,40	-2,29
10	10,50	11,00	0,50	1,40	1,13	1,15
11	11,00	11,50	0,50	1,13	0,80	7,97
12	11,50	12,00	0,50	0,80	0,42	14,57
13	12,00	12,49	0,49	0,42	0,00	18,08

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 8

<i>n.</i>	<i>Pv</i>	<i>Nu</i>	<i>N'</i>	<i>S</i>	<i>hi</i>	<i>Ei</i>	<i>Ti</i>	<i>hf</i>	<i>Ef</i>	<i>Tf</i>
<i>n.</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>%H</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
1	35	0	38	14	33,00	0	0	0,00	22	0
2	453	0	475	183	0,00	22	0	0,00	255	0
3	893	0	872	336	0,00	255	0	0,00	573	0
4	1231	0	1158	446	0,00	573	0	0,00	843	0
5	1500	73	1323	510	0,00	843	0	0,00	981	0
6	1702	241	1366	526	0,00	981	0	0,00	974	0
7	1738	367	1274	491	0,00	974	0	0,00	843	0
8	1629	465	1102	425	0,00	843	0	0,00	594	0
9	1458	540	904	348	0,00	594	0	0,00	282	0
10	1241	590	656	253	0,00	282	0	0,00	16	0
11	953	593	387	149	0,00	16	0	0,00	-187	0
12	602	553	76	29	0,00	-187	0	0,00	-235	0
13	203	479	-301	-116	0,00	-235	0	33,00	-29	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 9

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,76	7,00	0,24	0,00	0,25	-46,17
2	7,00	7,50	0,50	0,25	0,68	-40,70
3	7,50	8,00	0,50	0,68	1,02	-34,22
4	8,00	8,50	0,50	1,02	1,29	-28,37
5	8,50	9,00	0,50	1,29	1,44	-22,78
6	9,00	9,50	0,50	1,44	1,34	-16,70
7	9,50	10,00	0,50	1,34	1,18	-11,31
8	10,00	10,50	0,50	1,18	0,97	-5,71
9	10,50	11,00	0,50	0,97	0,71	0,00
10	11,00	11,50	0,50	0,71	0,41	4,57
11	11,50	12,00	0,50	0,41	0,07	10,20
12	12,00	12,10	0,10	0,07	0,00	11,31

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 9

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	53	0	54	21	33,00	0	0	0,00	24	0
2	413	0	401	158	0,00	24	0	0,00	168	0
3	755	0	715	282	0,00	168	0	0,00	338	0
4	1027	0	948	374	0,00	338	0	0,00	460	0
5	1218	11	1119	442	0,00	460	0	0,00	486	0
6	1259	122	1061	419	0,00	486	0	0,00	389	0
7	1165	230	871	344	0,00	389	0	0,00	219	0
8	1018	318	676	267	0,00	219	0	0,00	20	0
9	821	378	444	175	0,00	20	0	0,00	-155	0
10	553	390	170	67	0,00	-155	0	0,00	-236	0
11	237	358	-124	-49	0,00	-236	0	0,00	-165	0
12	7	66	-63	-25	0,00	-165	0	33,00	-128	0

Caratteristiche geometriche delle strisce per la superficie di rottura 10

n.	xs	xd	b	hs	hd	angolo
n.	m	m	m	m	m	gradi
1	6,51	7,00	0,49	0,00	0,47	-43,81
2	7,00	7,50	0,50	0,47	0,85	-37,23
3	7,50	8,00	0,50	0,85	1,14	-30,11
4	8,00	8,50	0,50	1,14	1,37	-24,70
5	8,50	9,00	0,50	1,37	1,48	-18,78
6	9,00	9,50	0,50	1,48	1,35	-13,50
7	9,50	10,00	0,50	1,35	1,16	-7,97
8	10,00	10,50	0,50	1,16	0,91	-1,15
9	10,50	11,00	0,50	0,91	0,63	2,29
10	11,00	11,50	0,50	0,63	0,29	9,09
11	11,50	11,90	0,40	0,29	0,00	12,68

Caratteristiche meccaniche sulle strisce per la superficie di rottura 10

n.	Pv	Nu	N'	S	hi	Ei	Ti	hf	Ef	Tf
n.	kg	kg	kg	kg	%H	kg	kg	%H	kg	kg
1	205	0	211	72	33,00	0	0	0,00	95	0
2	587	0	578	197	0,00	95	0	0,00	291	0
3	884	0	842	287	0,00	291	0	0,00	467	0
4	1115	0	1061	361	0,00	467	0	0,00	582	0
5	1273	22	1167	398	0,00	582	0	0,00	581	0
6	1283	133	1088	371	0,00	581	0	0,00	474	0
7	1160	228	892	304	0,00	474	0	0,00	294	0
8	979	298	677	231	0,00	294	0	0,00	77	0
9	752	343	415	142	0,00	77	0	0,00	-81	0
10	454	340	125	43	0,00	-81	0	0,00	-144	0
11	115	244	-137	-47	0,00	-144	0	33,00	-68	0