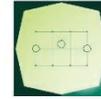


CONCEDENTE



CONCESSIONARIA



SOCIETÀ DI PROGETTO
BREBEMI SPA

CUP E3 1 B05000390007

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DI CONNESSIONE TRA LE CITTÀ' DI
BRESCIA E MILANO

PROCEDURA AUTORIZZATIVA D. LGS 163/2006
DELIBERA C.I.P.E. DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO N° 42/2009

INTERCONNESSIONE A35-A4
PROGETTO DEFINITIVO

INTERCONNESSIONE A35-A4

PARTE GENERALE

00010 - GEOTECNICA

OPERE D'ARTE MINORI

SCAVI PROVVISORIALI. VERIFICHE GEOTECNICHE

PROGETTAZIONE:

VERIFICA:



CONSORZIO B.B.M.

PER IL CONSORZIO
IL PROGETTISTA RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
IMPRESA PIZZAROTTI E C. S.P.A.
DOTT. ING. PIETRO MAZZOLI
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI PARMA N. 821

PER IL CONSORZIO
IL DIRETTORE TECNICO
IMPRESA PIZZAROTTI E C. S.P.A.
DOTT. ING. SABINO DEL BALZO
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI POTENZA N. 631

APPROVATO SDR

I.D.	IDENTIFICAZIONE ELABORATO										PROGR.		DATA:	
EMIT.	TIPD	FASE	M.A.	LOTTO	OPERA	PROG. OPERA	TRATTO	PARTE	PROGR.	PART.DOC.	STATO	REV.	MARZO 2015	
60401	04	RO	D	I	11	00	010	00	00	006	00	A	00	SCALA:

ELABORAZIONE PROGETTUALE

REVISIONE

IL PROGETTISTA IMPRESA PIZZAROTTI E C. S. P.A. DOTT. ING. PIETRO MAZZOLI ORDINE DEGLI INGEGNERI DI PARMA N. 821	N.	REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	DATA	CONTROLLATO	DATA	APPROVATO
		A	00	EMISSIONE	04/03/15	PIACENTINI	04/03/15	MAZZOLI	04/03/15

IL CONCEDENTE



IL CONCESSIONARIO



SOCIETÀ DI PROGETTO
BREBEMI SPA

Società di Progetto
Brebemi SpA

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA SdP BREBEMI S.P.A. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE. THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SdP BREBEMI S.P.A. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW

	Doc. N. 60401-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000600A	REV. 00	FOGLIO 2 di 66
---	--------------------------------	---	------------	-------------------

INDICE

1. PREMESSA	3
2. METODO OSSERVAZIONALE	4
3. VERIFICHE DI STABILITA' SCAVI PROVVISORIALI	14
4. DEFINIZIONE CAMPI PROVA	59
5. BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	64

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



II

	Doc. N. 60401-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000600A	REV. 00	FOGLIO 3 di 66
---	--------------------------------	---	------------	-------------------

1. PREMESSA

Nel presente documento sono riportate le verifiche di stabilità degli scavi provvisori necessari alla realizzazione delle opere minori (scatolari) presenti lungo il raccordo tra l'asse principale e la tangenziale sud di Brescia e nel raddoppio di carreggiata del lotto 0A della autostrada BreBeMi e nell'interconnessione A35/A4.

Le verifiche qui riportate si riferiscono ai soli scavi non sostenuti. Il problema viene trattato a mezzo di tipologie definite in funzione delle stratigrafie di progetto e di uno schema geometrico ove la variabile è l'altezza di scavo.

Si ipotizza che la falda sia ubicata ad un massimo di 50cm da fondo scavo. Tale ipotesi dovrà essere assicurata adottando i necessari sistemi di pompaggio nel caso in cui il livello di falda naturale sia superiore alla quota sopra citata. Il sistema di pompaggio dovrà assicurare l'abbattimento ipotizzato (-0.5m da fondo scavo) fino ad almeno 10m dal ciglio della prima scarpata (il terreno costituente la scarpata dovrà cioè essere "asciutto").

La progettazione dei sistemi di pompaggio e abbassamento di falda non è oggetto del presente documento.

Allo stesso modo, la progettazione di eventuali opere di sostegno accessorie (paratie, tamponi in jet-grouting) necessarie alla realizzazione degli scavi provvisori sarà trattata negli elaborati di progetto delle singole opere.

Le verifiche di stabilità degli scavi sono state eseguite facendo riferimento al metodo osservazionale previsto al §6.4.2 delle NTC2008 (Rif.5.1.1).

Tale scelta è stata guidata dalla necessità di adottare pendenze di scavo provvisorie che soddisfino il livello di sicurezza richiesto da normativa senza comportare oneri non giustificabili e non commisurati alla tipologia di opera in esame.

Per le conclusioni e le modalità operative si rimanda ai §§3.4 e 4.

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60401-00010-A00.doc	04RODII100010000000600A	00	4 di 66

2. METODO OSSERVAZIONALE

Le verifiche di stabilità sono state eseguite facendo riferimento al metodo osservazionale, esplicitamente previsto al §6.4.2 delle NTC2008 (Rif.5.1.1).

Nell'applicazione di tale metodo sono da soddisfare i seguenti requisiti:

- devono essere stabiliti i limiti di accettabilità dei valori di alcune grandezze rappresentative del comportamento del complesso manufatto-terreno;
- si deve dimostrare che la soluzione prescelta è accettabile in rapporto a tali limiti;
- devono essere previste soluzioni alternative, congruenti con il progetto, e definiti i relativi oneri economici;
- deve essere istituito un adeguato sistema di monitoraggio in corso d'opera, con i relativi piani di controllo, tale da consentire tempestivamente l'adozione di una delle soluzioni alternative previste, qualora i limiti indicati siano raggiunti.

Le pendenze di scavo stabili dipendono in maniera significativa da variazioni anche modeste dei parametri geotecnici di progetto utilizzati per caratterizzare il materiale presente in sito.

La matrice ghiaiosa sabbiosa che costituisce la maggior parte dei materiali di sottofondo presenti lungo l'asse autostradale (e che quindi influenza la maggior parte delle pendenze di scavo delle opere provvisorie) è stata caratterizzata in "*Relazione Geotecnica Generale – Raccordo SP.19 – Tangenziale Sud di Brescia*" (Rif.5.2.1) con parametri caratteristici medi-cautelativi scelti in relazione alla sua non trascurabile variabilità locale, evidenziata dalle indagini geognostiche eseguite in fase di PD e PE (si vedano i profili geotecnici di progetto al Rif.5.2.4).

L'angolo di resistenza al taglio caratteristico ϕ'_k , è stato definito in "*Relazione Geotecnica Generale – Raccordo SP.19 – Tangenziale Sud di Brescia*" sulla base di correlazioni empiriche di letteratura che definiscono il valore di tale parametro in funzione dei risultati di prove penetrometriche dinamiche (si veda Rif.5.3.10). Inoltre, data la natura prettamente granulare di tali depositi, si è assunta coesione efficace nulla.

Nell'ambito di una relazione generale di caratterizzazione geotecnica è abituale considerare parametri di progetto la cui validità sia assicurata per un insieme di applicazioni molto variabile. Tuttavia per scavi provvisori i parametri di cui sopra possono risultare eccessivamente cautelativi e comportare impatti ed oneri non realmente giustificabili.

Si deve innanzitutto sottolineare che le correlazioni empiriche utilizzate per la definizione di ϕ'_k sulla base del numero di colpi del penetrometro N_{SPT} sono basate su prove di calibrazione eseguite su materiali "puliti" (liberi cioè dalla componente "fine"). In realtà, la matrice ghiaiosa-sabbiosa in oggetto, è sempre accompagnata da una percentuale di materiali limosi e/o limosi-argillosi variabile tra il 5 ed il 20%, soprattutto

APPROVATO SDR

Società di Progetto
Brebem SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60401-00010-A00.doc	04RODII100010000000600A	00	5 di 66

nella parte più superficiale del deposito che è anche quella interessata dagli scavi provvisionali.

La presenza di una componente di materiali fini di tale entità comporta da una parte un possibile incremento del valore di angolo di resistenza al taglio del materiale (si veda ad esempio Salgado et al al Rif.5.3.17), dall'altro la presenza di un valore di coesione efficace (c') piccolo ma non nullo.

Considerata la pratica impossibilità di ottenimento di campioni indisturbati nei materiali prevalentemente granulari (spesso "grossolani") qui di interesse e lo scarso interesse del parametro c' nei problemi correnti della geotecnica, la presenza di tale legame attrattivo tra le particelle di tale tipo di depositi viene sistematicamente trascurata. Esso diventa invece di importanza per l'equilibrio della parte corticale delle scarpate di scavo poiché costringe le superfici "critiche" di scorrimento a penetrare più in profondità all'interno del paramento di scavo.

Valori caratteristici di c' in questo tipo di materiali sono tipicamente 5÷10kPa.

Il metodo osservazionale viene in questo caso adottato per verificare l'effettiva influenza della componente di coesione efficace sulla stabilità della scarpata nell'unità ghiaiosa-sabbiosa debolmente limosa.

In particolare, con riferimento alla procedura definita in normativa e sopra riportata, si procede come segue:

- Vengono definiti per la matrice ghiaiosa-sabbiosa dei valori di angolo di resistenza al taglio e coesione efficace di "controllo" stimati sulla base di dati presenti in letteratura, che tengano conto dell'effetto della presenza di una non trascurabile percentuale di materiale fine nel deposito;
- Vengono definite e verificate le geometrie di scavo stabili "base" utilizzando i parametri di cui sopra;
- Vengono definite e verificate le geometrie di scavo stabili "alternative" nel caso in cui il metodo osservazionale non confermi la validità dei parametri di cui sopra (si utilizzano in questo caso i parametri medi-cautelativi riportati in *relazione geotecnica generale*);
- Vengono definiti dei campi prova ed i relativi sistemi di monitoraggio necessari a verificare i parametri di resistenza "di controllo";

Se i campi prova definiti al §4 forniranno esito positivo, potranno essere utilizzate le geometrie di scavo "base" come definite al §2.3.

Se invece l'esito dei campi prova sarà negativo, si dovranno adottare le sole geometrie di scavo "alternativo", come definite al §2.3.

L'effettiva massima altezza di scavo raggiungibile è definita in ogni caso sulla base delle analisi di stabilità riportate al §3.

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60401-00010-A00.doc	04RODII100010000000600A	00	6 di 66

2.1 Definizione dei tipologici di progetto

Le verifiche di stabilità degli scavi provvisionali (senza opere di sostegno) vengono trattate a mezzo di appositi tipologici concepiti in modo da coprire tutto l'asse principale dell'autostrada.

Le verifiche di stabilità degli scavi dipendono in maniera significativa da:

- Geometria dello scavo;
- Stratigrafia;
- Livello di falda ed eventuali moti di filtrazione instaurati dagli scavi;
- Condizioni al contorno (carichi).

In questo documento si ipotizza che tutti gli scavi avvengano con falda ad almeno 50cm da fondo scavo. Nel caso in cui la falda naturale sia superiore alla quota sopra citata, dovranno essere adottati appositi sistemi di pompaggio che assicurino la validità dell'ipotesi di cui sopra per un'area estesa fino ad almeno 10m dal ciglio della scarpata.

Si ipotizza inoltre che sia interdetto il transito a mezzi (pesanti di cantiere) sull'eventuale berma ed entro 2m dal ciglio delle scarpate. Il passaggio di eventuali mezzi di cantiere viene schematizzato con un carico distribuito (valore caratteristico $q_k=10\text{kPa}$, valore di progetto $q_d=15\text{kPa}$) posizionato da 2 a 5m dal ciglio della prima scarpata.

Nel caso in cui le ipotesi di cui sopra non siano soddisfatte, le verifiche di stabilità tipologiche qui riportate non potranno essere considerate applicabili e si dovrà procedere allo studio di soluzioni specifiche.

Una volta introdotte le due ipotesi citate, i due parametri che possono influire sulla stabilità degli scavi sono ridotti alla sola geometria di scavo e alla successione stratigrafica presente in sito.

2.2 Definizione dei tipologici stratigrafici

I tipologici stratigrafici sono stati definiti sulla base dei profili geotecnici di progetto riportati in "*Relazione Geotecnica Generale – Raccordo SP.19 – Tangenziale Sud di Brescia*" (Rif.5.2.1).

Ai fini della verifica di stabilità di scavi aventi altezza massima dell'ordine di 10m da P.C. si ritiene significativa la successione stratigrafica fino a circa 15m di profondità, in quanto sicuramente all'interno di tale zona passeranno tutte le superfici "critiche" dal punto di vista della stabilità della scarpata.

Data la variabilità locale dei profili stratigrafici nell'ambito delle profondità qui di interesse (si vedano i profili geotecnici di progetto al Rif.5.2.4), si sono definiti tre profili tipologici di progetto:

Tipologico 1 - Stratigrafia caratterizzata dalla presenza di un primo strato di materiali fini superficiali avente spessore massimo pari a 1m, seguito da uno strato composto da materiali ricadenti nelle unità I, II, III e IV esteso fino a 13m

APPROVATO SDR



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60401-00010-A00.doc	04RODII100010000000600A	00	7 di 66

da P.C. Tra 13 e 15m da P.C. si considera la presenza di uno strato di materiali limosi-argillosi profondi;

Tipologico 2 - Stratigrafia caratterizzata dalla presenza di un primo strato di materiali fini superficiali avente spessore massimo pari a 1m, seguito da uno strato composto da materiali ricadenti nelle unità I, II, III e IV esteso fino a 6m da P.C. Tra 6 e 8m da P.C. si considera la presenza di materiali limosi-argillosi, seguiti nuovamente da uno strato di materiali ghiaioso-sabbiosi esteso fino a 15m da P.C.;

Tipologico 3 - Stratigrafia caratterizzata dalla presenza di un primo strato di materiali fini (principalmente limi ricadenti nell'unità V, localmente argille dell'unità VI) avente spessore massimo pari a 9m, seguito da materiali ricadenti nelle unità I, II, III e IV.

I tipologici sopra descritti sono schematicamente riportati in **Tabella 2.1**.

In **Tabella 2.2** sono definite le tratte dell'asse principale per cui i tipologici di cui sopra sono stati considerati validi.

I tipologici sono stati concepiti in modo tale che tutte le tratte per cui vengono considerati rappresentativi presentino stratigrafie di progetto (come da *Relazione Geotecnica Generale – Raccordo SP.19 – Tangenziale Sud di Brescia*) equivalenti o meno problematiche dal punto di vista della stabilità degli scavi.

I parametri di resistenza caratteristici adottati per la matrice ghiaiosa-sabbiosa (con "fine") sono l'oggetto del controllo che deve essere verificato per mezzo del "metodo osservazionale".

Vengono quindi definiti due set di parametri:

- Parametri "di controllo", da verificare per mezzo del metodo osservazionale;
- Parametri "medi-cautelativi", da adottare nel caso in cui i parametri di cui sopra non siano confermati dalla sperimentazione.

Unità ghiaiosa-sabbiosa - Valori "di controllo" da verificare

$\phi'_k = 43^\circ$ (valore caratteristico);

$\phi'_{dM2} = 36^\circ$ (valore di progetto per la combinazione 2 secondo NTC2008);

$c'_k = 5\text{kPa}$ (valore caratteristico);

$c'_{dM2} = 4\text{kPa}$ (valore di progetto per la combinazione 2 secondo NTC2008).

Unità ghiaiosa-sabbiosa - Valori "medi-cautelativi"

$\phi'_k = 38^\circ$ (valore caratteristico);

$\phi'_{dM2} = 32^\circ$ (valore di progetto per la combinazione 2 secondo NTC2008);

$c'_k = 0\text{kPa}$ (valore caratteristico);

$c'_{dM2} = 0\text{kPa}$ (valore di progetto per la combinazione 2 secondo NTC2008).

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60401-00010-A00.doc	04RODII100010000000600A	00	8 di 66

Data la natura prettamente granulare delle unità di cui sopra, non si distingue tra comportamento a breve e a lungo termine (condizioni non drenate e drenate).

Per quanto riguarda invece gli strati coesivi, si utilizzano in ogni caso dei parametri “medi-cautelativi”.

La caratterizzazione geotecnica dei materiali fini è funzione della tratta considerata, oltre che della profondità a cui sono situati.

Per questi materiali, si distingue inoltre tra comportamento a breve e a lungo termine (condizioni non drenate e drenate rispettivamente).

Unità limosa – Tratta da Pk 0+000 a 5+840 e profondità inferiore a 8m – Valori “medi-cautelativi”

Condizioni non drenate (BT):

$Cu_k = 40\text{kPa}$ (valore caratteristico);

$Cu_{dM2} = 28\text{kPa}$ (valore di progetto per la combinazione 2 secondo NTC2008);

Condizioni drenate (LT):

$\phi'_k = 30^\circ$ (valore caratteristico);

$\phi'_{dM2} = 25^\circ$ (valore di progetto per la combinazione 2 secondo NTC2008);

$c'_k = 5\text{kPa}$ (valore caratteristico);

$c'_{dM2} = 4\text{kPa}$ (valore di progetto per la combinazione 2 secondo NTC2008).

Unità limosa – Tratta da Pk 0+000 a 5+840 e profondità superiore a 8m – Valori “medi-cautelativi”

Condizioni non drenate (BT):

$Cu_k = 50\text{kPa}$ (valore caratteristico);

$Cu_{dM2} = 36\text{kPa}$ (valore di progetto per la combinazione 2 secondo NTC2008);

Condizioni drenate (LT):

$\phi'_k = 30^\circ$ (valore caratteristico);

$\phi'_{dM2} = 25^\circ$ (valore di progetto per la combinazione 2 secondo NTC2008);

$c'_k = 5\text{kPa}$ (valore caratteristico);

$c'_{dM2} = 4\text{kPa}$ (valore di progetto per la combinazione 2 secondo NTC2008).

Unità limosa – Tratta da Pk 5+840 a 7+913 e profondità inferiore a 9m – Valori “medi-cautelativi”

Condizioni non drenate (BT):

$Cu_k = 100\text{kPa}$ (valore caratteristico);

$Cu_{dM2} = 71\text{kPa}$ (valore di progetto per la combinazione 2 secondo NTC2008);

Condizioni drenate (LT):

APPROVATO SDP

Progettista di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60401-00010-A00.doc	04RODII100010000000600A	00	9 di 66

$\phi'_k = 30^\circ$ (valore caratteristico);

$\phi'_{dM2} = 25^\circ$ (valore di progetto per la combinazione 2 secondo NTC2008);

$c'_k = 10\text{kPa}$ (valore caratteristico);

$c'_{dM2} = 8\text{kPa}$ (valore di progetto per la combinazione 2 secondo NTC2008).

Sebbene nei profili geotecnici di progetto riportati in *Relazione Geotecnica Generale – Raccordo SP.19 – Tangenziale Sud di Brescia* (Rif.5.2.1) in condizioni drenate si è considerata coesione efficace nulla per i depositi e lenti di terreni coesivi normal-consolidati (tratta Pk 0+000÷5+840), per le verifiche di stabilità qui riportate si è tenuto in conto di un valore “minimo-ragionevole” di coesione in condizioni drenate.

Il valore assegnato a c' (5kPa) ha lo stesso significato fisico di quanto già discusso precedentemente per i terreni granulari con non trascurabile contenuto di “fine”; esso è cioè un parametro di impatto trascurabile (e pertanto trascurato in *Relazione Geotecnica Generale – Raccordo SP.19 – Tangenziale Sud di Brescia*) su un largo numero di problemi geotecnici (quali capacità portante delle fondazioni dirette e dei pali), ma diventa invece molto importante (anche in questo caso) al fine di assicurare la stabilità dei livelli di materiale prossimi alla superficie di scavo, forzando così le curve di rottura a scendere più all'interno del deposito.

I parametri geotecnici utilizzati sono riepilogati in **Tabella 2.3**.

2.3 Definizione degli schemi di geometria di scavo

Le analisi sono state impostate ipotizzando tre progressive condizioni di scavo:

- a) Scavo fino a 5m da P.C. senza berme;
- b) Scavo fino a 7.5m da P.C. con prima scarpata alta 5m, berma larga 2m e seconda scarpata alta 2.5m;
- c) Scavo fino a 10m da P.C. con prima scarpata alta 5m, berma larga 2m e seconda scarpata alta 5m.

Si ipotizzano inoltre due possibili inclinazioni delle scarpate:

- V:H = 1:1 – soluzione base;
- V:H = 2:3 – soluzione alternativa.

La soluzione base (V:H = 1:1) viene verificata utilizzando i parametri di resistenza “di controllo” ipotizzati per la matrice ghiaiosa-sabbiosa. La validità di tali analisi dipende quindi dall'esito dei campi prova definiti al §4.

La soluzione alternativa (V:H = 2:3) viene verificata utilizzando i parametri “medi-cautelativi” e rappresenta quindi la soluzione da adottare nel caso in cui i campi prova forniscano esito negativo.

Le geometrie di scavo sopra descritte sono schematizzate in **Figura 2.1** e **Figura 2.2**.

Per ogni tipologico stratigrafico vengono verificati i tre schemi di scavo sopra descritti e viene quindi definita la massima altezza di scavo non supportato da opere di sostegno

Società di Progetto
Brebem SpA



	Doc. N. 60401-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000600A	REV. 00	FOGLIO 10 di 66
---	--------------------------------	---	------------	--------------------

che può essere raggiunta in corrispondenza di una determinata successione stratigrafica e geometria di scavo.

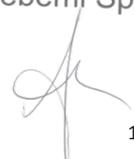
Si assume che, una volta verificata una determinata geometria ed altezza di scavo, si debbano considerare automaticamente soddisfatte le verifiche di stabilità per scarpate con altezza di scavo inferiore (ma inclinazione delle scarpate equivalente e presenza dell'eventuale berma).

Nel caso in cui sia necessario raggiungere profondità superiori a quelle qui considerate o adottare geometrie differenti per aggirare specifici vincoli geometrici, sarà necessario effettuare specifiche verifiche di stabilità degli scavi provvisionali.

Si ricorda inoltre che, come indicato al §2.2.2 del “*Capitolato Speciale – Parte tecnica*” (Rif.5.2.5), si dovrà provvedere quando necessario ad assicurare il naturale deflusso delle acque che si riscontrassero scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare che esse si versino negli scavi. In tal senso potranno essere aperti canali fugatori e utilizzati teli per proteggere le scarpate di scavo.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



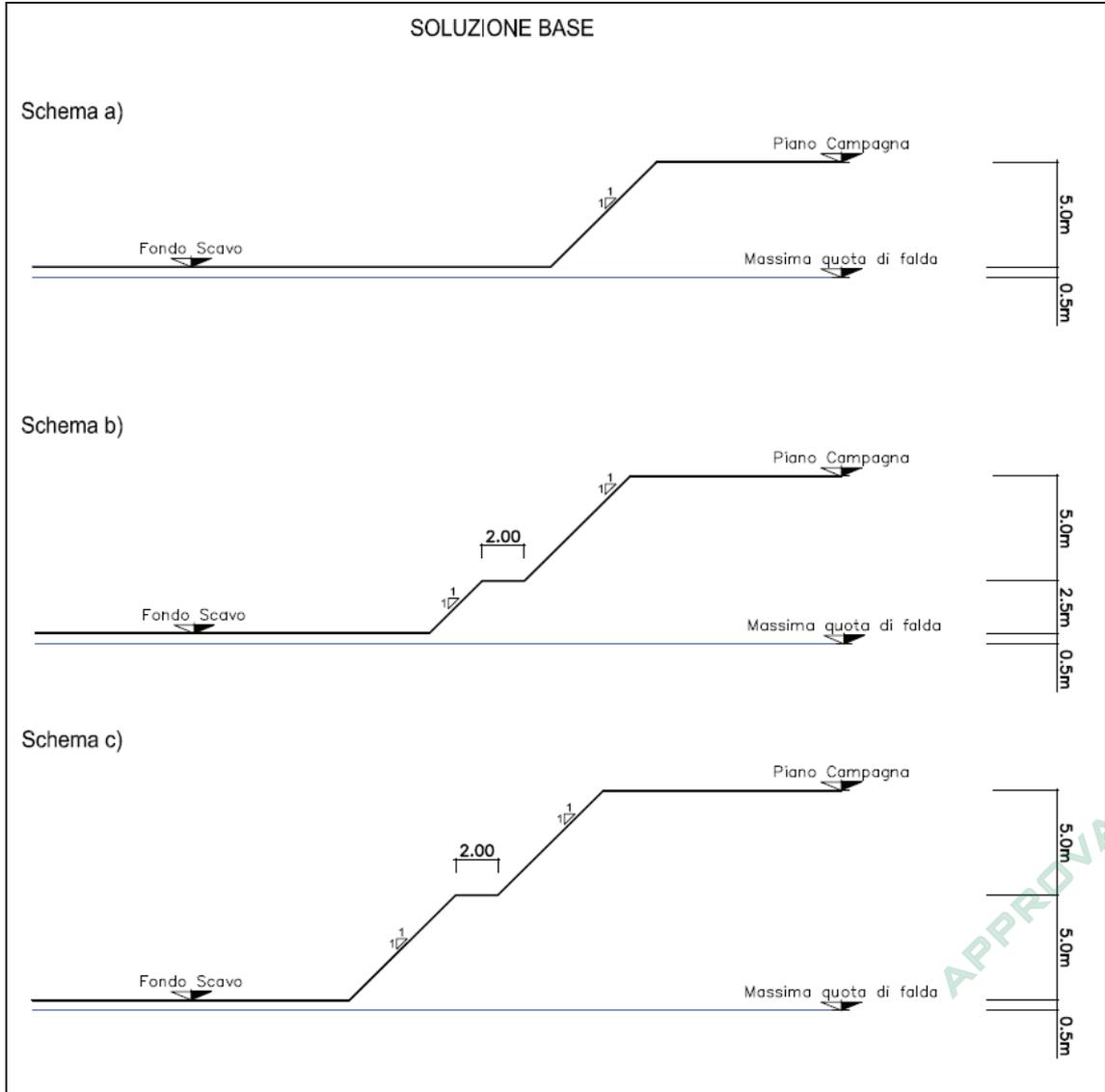


Figura 2.1 – Soluzione base: Schemi di scavo adottati per progressive altezze di scavo (5m, 7.5m, 10m) e pendenza scarpate V:H =1:1.

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60401-00010-A00.doc	04RODII100010000000600A	00	13 di 66

TIPOLOGICO	STRATIGRAFIA PRIMI 15m															
	0÷1	1÷2	2÷3	3÷4	4÷5	5÷6	6÷7	7÷8	8÷9	9÷10	10÷11	11÷12	12÷13	13÷14	14÷15	
(-)	UNITA'	UNITA'	UNITA'	UNITA'	UNITA'	UNITA'	UNITA'	UNITA'	UNITA'	UNITA'	UNITA'	UNITA'	UNITA'	UNITA'	UNITA'	
1	V (VI)	I/II/III/IV	V (VI)	V (VI)												
2	V (VI)	I/II/III/IV	I/II/III/IV	I/II/III/IV	I/II/III/IV	I/II/III/IV	V (VI)	V (VI)	I/II/III/IV							
3	V (VI)	V (VI)	V (VI)	V (VI)	V (VI)	V (VI)	V (VI)	V (VI)	V (VI)	I/II/III/IV						

I/II/III/IV	Unità ghiaiosa-sabbiosa
V (VI)	Unità Limosa (raramente argillosa)

Tabella 2.1 – Successioni stratigrafiche tipologiche di progetto.

TRATTA		TIPOLOGICO
da	a	(-)
0+000	2+150	1
2+150	4+000	1
4+000	5+840	2
5+840	7+913	3

Tabella 2.2 – Accoppiamento tra le tratte omogenee definite in relazione geotecnica generale ed i profili stratigrafici tipologici definiti ai fini delle verifiche di stabilità degli scavi.

	TRATTA		TIPOLOGICO	UNITA'	DRENATA				NON DRENATA		PESO SPECIFICO	
	da	a			ϕ'_k (°)	ϕ'_{dM2} (°)	c'_k (kPa)	c'_{dM2} (kPa)	Cu_k (kPa)	Cu_{dM2} (kPa)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_n (kN/m ³)
parametri "di controllo"	0+000	7+913	1,2,3	I/II/III/IV	43	36	5	4	0	0	21	20
parametri "minimi cautelativi"	0+000	7+913	1,2,3	I/II/III/IV	40	34	0	0	0	0	21	20
	0+000	5+840	1,2	V/VI (per h<7.5m)	30	25	5	4	40	28	21	20
	0+000	5+840	1	V/VI (per h>7.5m)	30	25	5	4	50	36	21	20
	5+840	7+913	3	V/VI (per h<9m)	30	25	10	8	100	71	21	20

Tabella 2.3 – Parametri geotecnici caratteristici e di progetto utilizzati per le analisi di stabilità degli scavi provvisionali.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60401-00010-A00.doc	04RODII100010000000600A	00	14 di 66

3. VERIFICHE DI STABILITA' SCAVI PROVVISORIALI

3.1 Ipotesi di calcolo

Le verifiche di stabilità degli scavi provvisoriali sono state eseguite ai sensi delle NTC2008 (Rif.5.1.1).

In accordo con quanto riportato al §6.8.6 delle NTC2008, le verifiche devono essere effettuate secondo l'approccio 1 – combinazione 2.

In particolare si deve verificare che:

$$E_d \leq R_d$$

In cui E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione ed R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico, a sua volta calcolato come:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Il valore del coefficiente parziale γ_R vale 1.1, e può essere applicato direttamente alla resistenza del sistema geotecnico R calcolata secondo i coefficienti parziali M2 della combinazione adottata.

Nel caso in esame il programma di calcolo adottato (STABL, Rif. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) fornisce come risultato il rapporto tra R ed E_d che dovrà quindi risultare sempre maggiore o uguale a γ_R (1.1) per assicurare che la verifica di sicurezza richiesta da normativa sia rispettata (si veda la *Relazione Metodologica* al rif.5.2.3).

Inoltre, data la natura provvisoria degli scavi in oggetto, in accordo con quanto riportato al §2.4.1 delle NTC2008 (Rif.5.1.1), le verifiche in condizioni sismiche non verranno eseguite.

3.2 Verifiche stabilità tipologici – Soluzione base con parametri “di controllo”

Le analisi sono state effettuate per ognuna delle combinazioni tra i 3 tipologici stratigrafici definiti al §2.2 ed i tre schemi di geometria di scavo a) b) e c) definiti al §2.3 con pendenza delle scarpate V:H=1:1.

Per i tipologici stratigrafici che comprendono strati di materiali fini, le analisi vengono eseguite sia in condizioni drenate (LT) che non drenate (BT).

I risultati delle analisi sono riportati nelle seguenti figure:

- **Figura 3.1** Tipologico 1, schema di scavo a), analisi a breve termine;
- **Figura 3.2** Tipologico 1, schema di scavo a), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.3** Tipologico 1, schema di scavo b), analisi a breve termine;

APPROVATO SDR

Società di Progetto
Brahmi SpA


	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60401-00010-A00.doc	04RODII100010000000600A	00	15 di 66

- **Figura 3.4** Tipologico 1, schema di scavo b), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.5** Tipologico 1, schema di scavo c), analisi a breve termine;
- **Figura 3.6** Tipologico 1, schema di scavo c), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.7** Tipologico 2, schema di scavo a), analisi a breve termine;
- **Figura 3.8** Tipologico 2, schema di scavo a), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.9** Tipologico 2, schema di scavo b), analisi a breve termine;
- **Figura 3.10** Tipologico 2, schema di scavo b), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.11** Tipologico 2, schema di scavo c), analisi a breve termine;
- **Figura 3.12** Tipologico 2, schema di scavo c), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.13** Tipologico 3, schema di scavo a), analisi a breve termine;
- **Figura 3.14** Tipologico 3, schema di scavo a), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.15** Tipologico 3, schema di scavo b), analisi a breve termine;
- **Figura 3.16** Tipologico 3, schema di scavo b), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.17** Tipologico 3, schema di scavo c), analisi a breve termine;
- **Figura 3.18** Tipologico 3, schema di scavo c), analisi a lungo termine;

I risultati delle analisi effettuate sono inoltre riepilogati in **Tabella 3.1**.

Come si evince dalla tabella, gli scavi con pendenza 1:1 assicurano la necessaria sicurezza per i tipologici 1, 2 e 3 per altezze di scavo fino a 10m (schemi geometrici a), b) e c)).

In **Tabella 3.3** sono riepilogati e abbinati per tratta del lotto 0A i tipologici di riferimento e la massima altezza di scavo senza opere di sostegno che può essere adottata con lo schema di scavo a scarpate con pendenza V:H = 1:1.

Si ricorda che la validità dei parametri geotecnici adottati per le analisi qui riportate dovrà essere giustificata attraverso i campi prova descritti al §4.

Si ricorda inoltre che tutte le analisi effettuate si basano sull'ipotesi di falda situata ad almeno 0.5m da fondo scavo. Tale ipotesi di calcolo dovrà essere verificata e se necessario assicurata attraverso opportuni sistemi di pompaggio.

Inoltre, nel caso in cui per una determinata area le condizioni locali di sito (carichi, necessità di utilizzare schemi di scavo differenti) siano differenti da quelle ipotizzate nell'ambito di questi studi tipologici, sarà necessario sviluppare specifici studi di dettaglio.

3.3 Verifiche stabilità tipologici – Soluzione alternativa con parametri “medi cautelativi”

Le analisi sono state effettuate per ognuna delle combinazioni tra i 5 tipologici stratigrafici definiti al §2.2 ed i tre schemi di geometria di scavo a) b) e c) definiti al §2.3 con pendenza delle scarpate V:H=2:3.

APPROVATO SGP

Società di Progetto
Bentini S.p.A.



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60401-00010-A00.doc	04RODII100010000000600A	00	16 di 66

Per i tipologici stratigrafici che comprendono strati di materiali fini, le analisi vengono eseguite sia in condizioni drenate (LT) che non drenate (BT).

I risultati delle analisi sono riportati nelle seguenti figure:

- **Figura 3.19** Tipologico 1, schema di scavo a), analisi a breve termine;
- **Figura 3.20** Tipologico 1, schema di scavo a), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.21** Tipologico 1, schema di scavo b), analisi a breve termine;
- **Figura 3.22** Tipologico 1, schema di scavo b), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.23** Tipologico 1, schema di scavo c), analisi a breve termine;
- **Figura 3.24** Tipologico 1, schema di scavo c), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.25** Tipologico 2, schema di scavo a), analisi a breve termine;
- **Figura 3.26** Tipologico 2, schema di scavo a), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.27** Tipologico 2, schema di scavo b), analisi a breve termine;
- **Figura 3.28** Tipologico 2, schema di scavo b), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.29** Tipologico 2, schema di scavo c), analisi a breve termine;
- **Figura 3.30** Tipologico 2, schema di scavo c), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.31** Tipologico 3, schema di scavo a), analisi a breve termine;
- **Figura 3.32** Tipologico 3, schema di scavo a), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.33** Tipologico 3, schema di scavo b), analisi a breve termine;
- **Figura 3.34** Tipologico 3, schema di scavo b), analisi a lungo termine;
- **Figura 3.35** Tipologico 3, schema di scavo c), analisi a breve termine;
- **Figura 3.36** Tipologico 3, schema di scavo c), analisi a lungo termine;

I risultati delle analisi effettuate sono inoltre riepilogati in **Tabella 3.2**.

Come si evince dalla tabella, nel caso in cui si utilizzino parametri “medi cautelativi” gli scavi con pendenza 2:3 assicurano la necessaria sicurezza con altezze di scavo fino a 10m per tutti i tipologici.

In **Tabella 3.4** sono riepilogati e abbinati per tratta del lotto 0A i tipologici di riferimento e la massima altezza di scavo senza opere di sostegno che può essere adottata con lo schema di scavo a scarpate con pendenza V:H = 2:3.

Si ricorda che tutte le analisi effettuate si basano sull'ipotesi di falda situata ad almeno 0.5m da fondo scavo. Tale ipotesi di calcolo dovrà essere verificata e se necessario assicurata attraverso opportuni sistemi di pompaggio.

Inoltre, nel caso in cui per una determinata area le condizioni locali di sito (carichi, necessità di utilizzare schemi di scavo differenti) siano differenti da quelle ipotizzate nell'ambito di questi studi tipologici, sarà necessario sviluppare specifici studi di dettaglio.

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60401-00010-A00.doc	04RODII100010000000600A	00	17 di 66

3.4 Conclusioni

In **Tabella 3.5** sono riepilogate per tratta di validità le soluzioni adottabili per gli scavi provvisionali non sostenuti da opere.

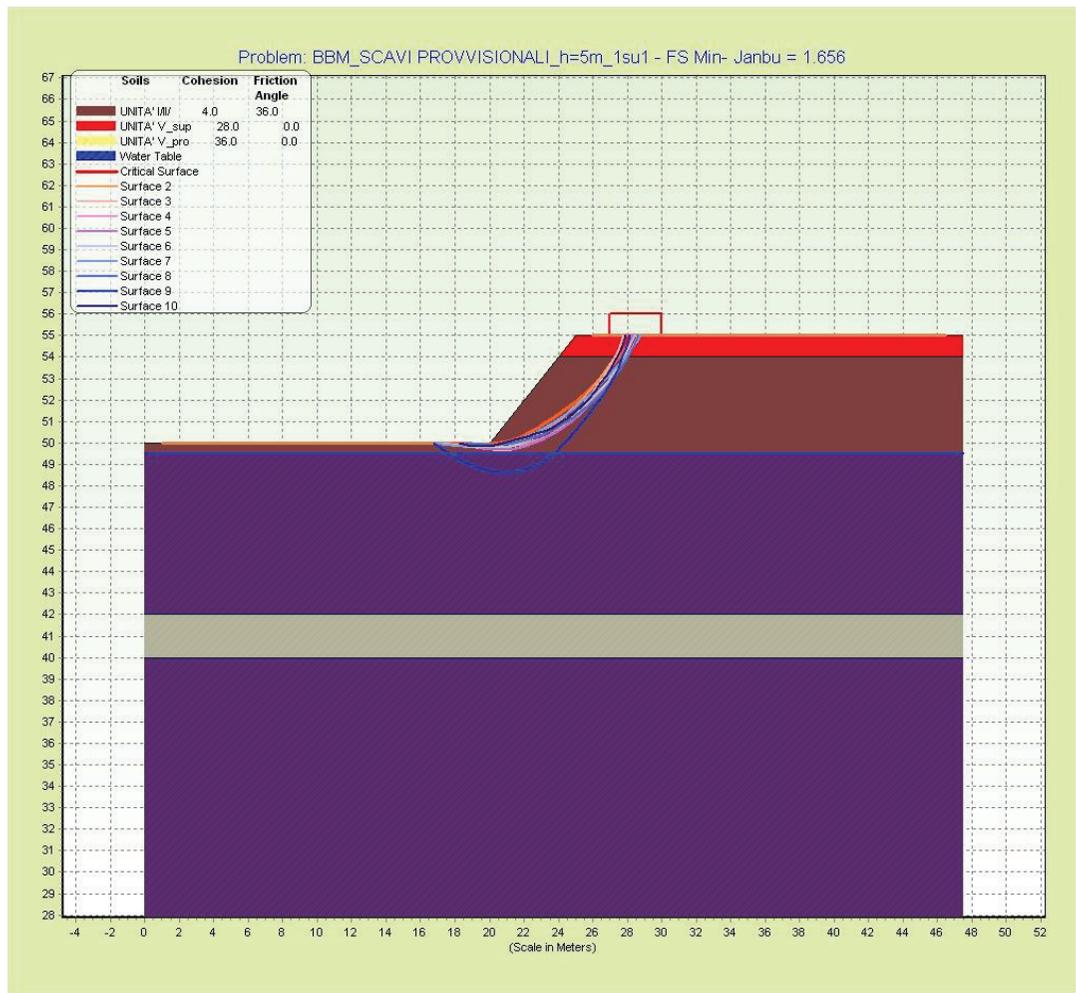
Per le tratte in cui valgono i tipologici stratigrafici 1, 2 e 3, è possibile adottare scavi provvisionali con pendenze delle scarpate V:H = 1:1 solo nel caso in cui i parametri “di controllo” di cui al §2.2 siano confermati attraverso i campi prova descritti al §4.

Inoltre si ricorda che nel caso in cui per una determinata area le condizioni locali di sito (carichi, necessità di utilizzare schemi di scavo differenti) siano differenti da quelle ipotizzate nell’ambito di questi studi tipologici, sarà necessario sviluppare specifici studi di dettaglio.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



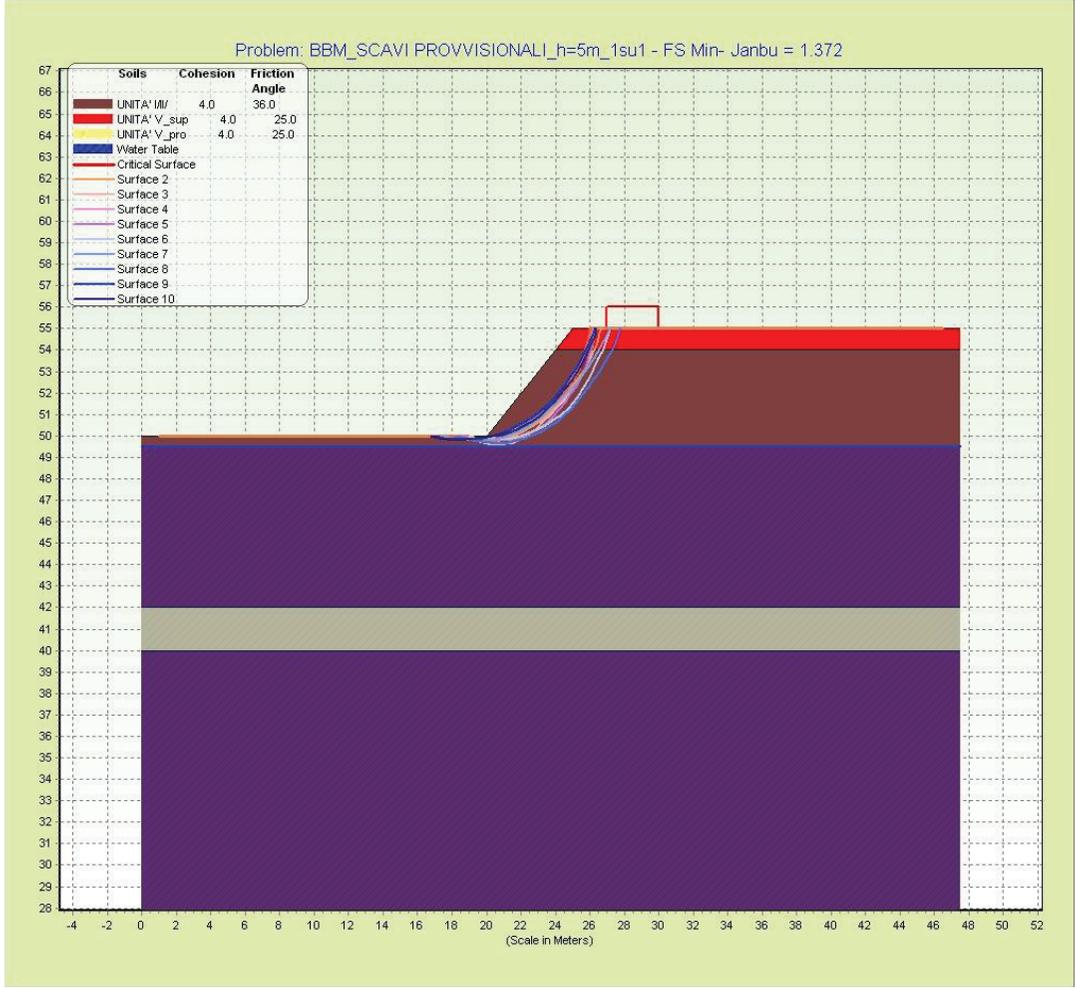


APPROVATO SDR

Figura 3.1 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 1, schema di scavo a) Breve termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



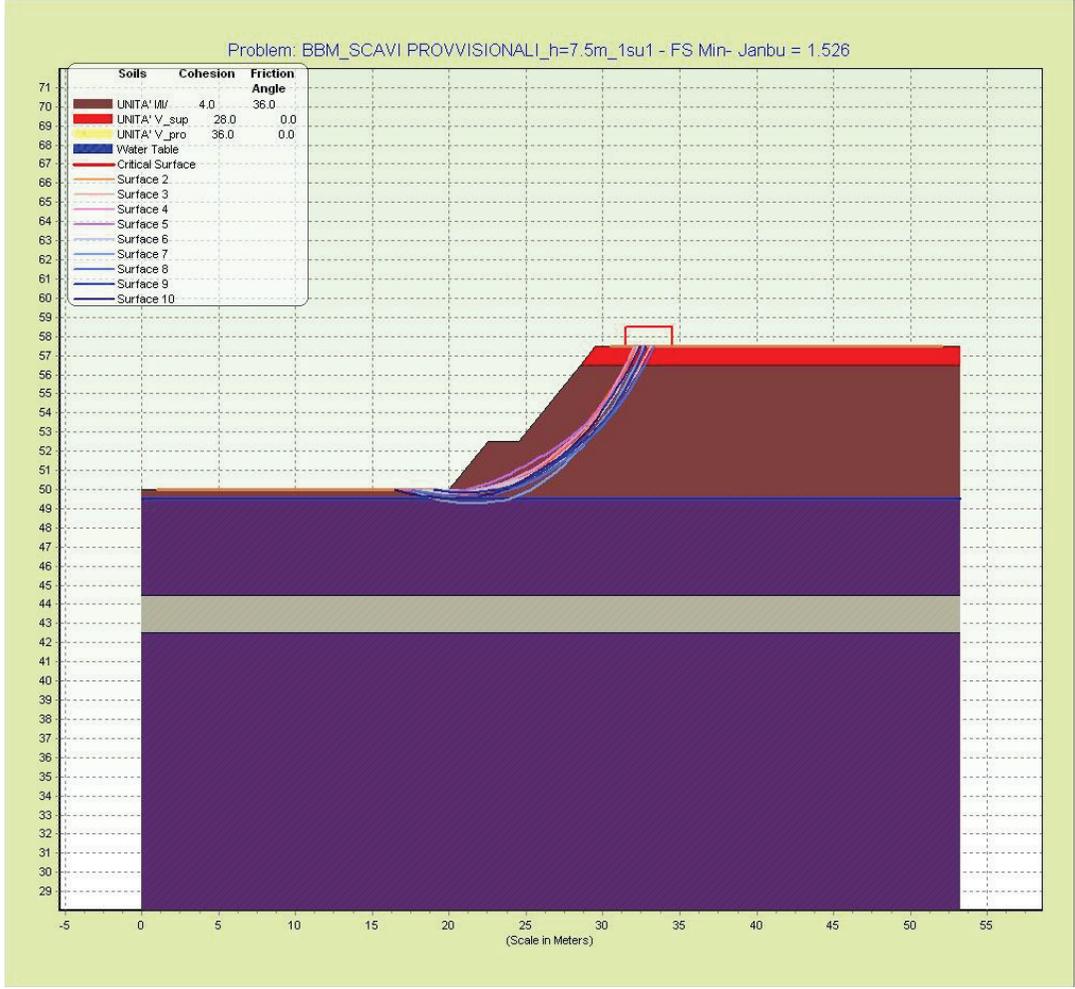


APPROVATO SDR

Figura 3.2 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 1, schema di scavo a) Lungo termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



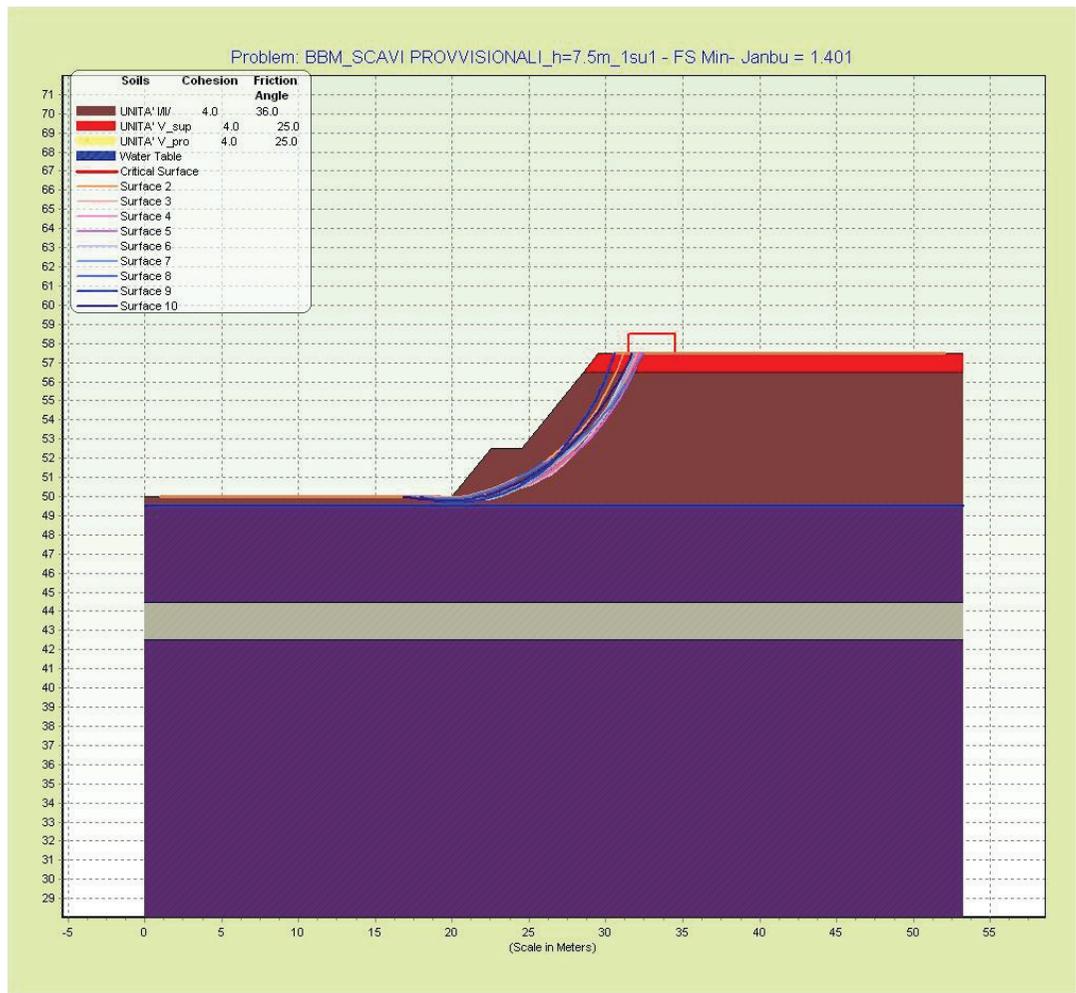


APPROVATO SDR

Figura 3.3 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 1, schema di scavo b) Breve termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



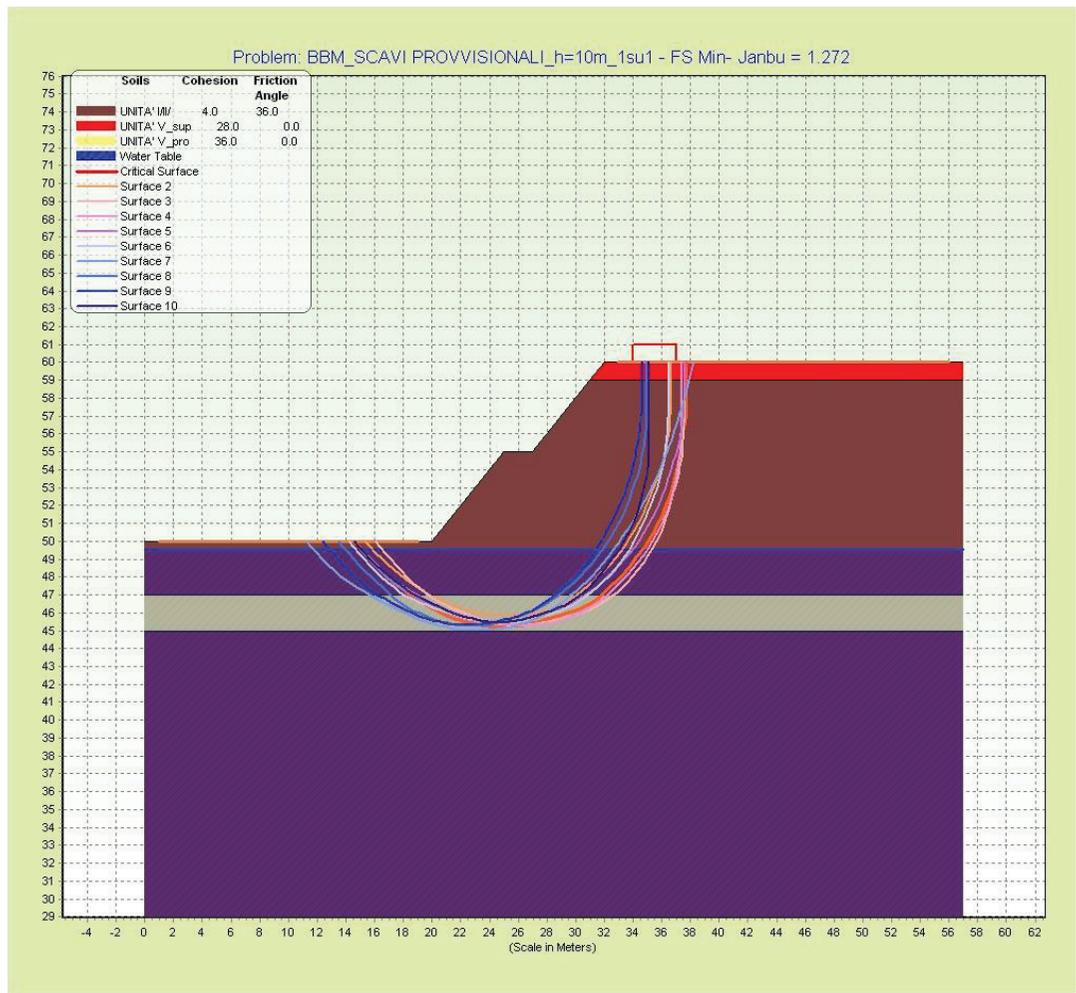


APPROVATO SDR

Figura 3.4 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 1, schema di scavo b) Lungo termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



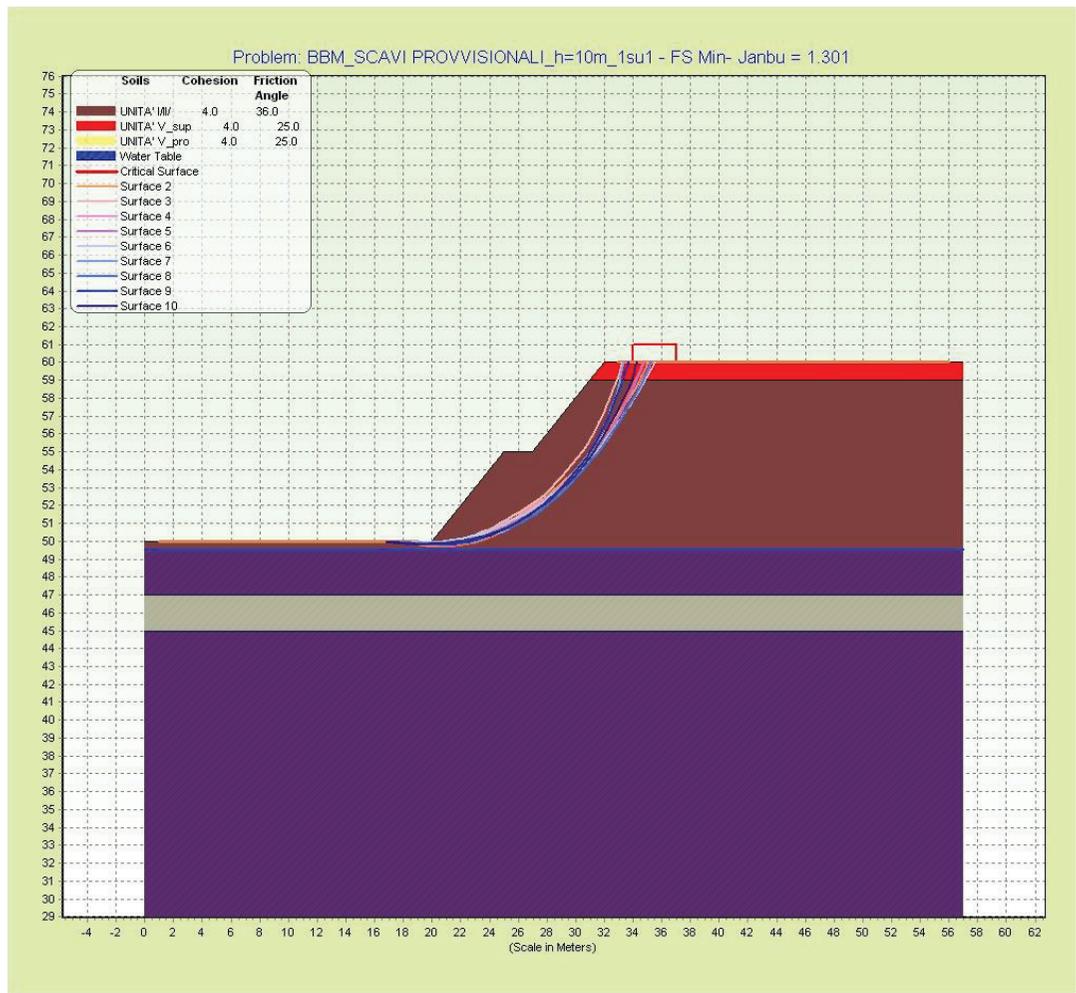


APPROVATO SDR

Figura 3.5 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 1, schema di scavo c) Breve termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



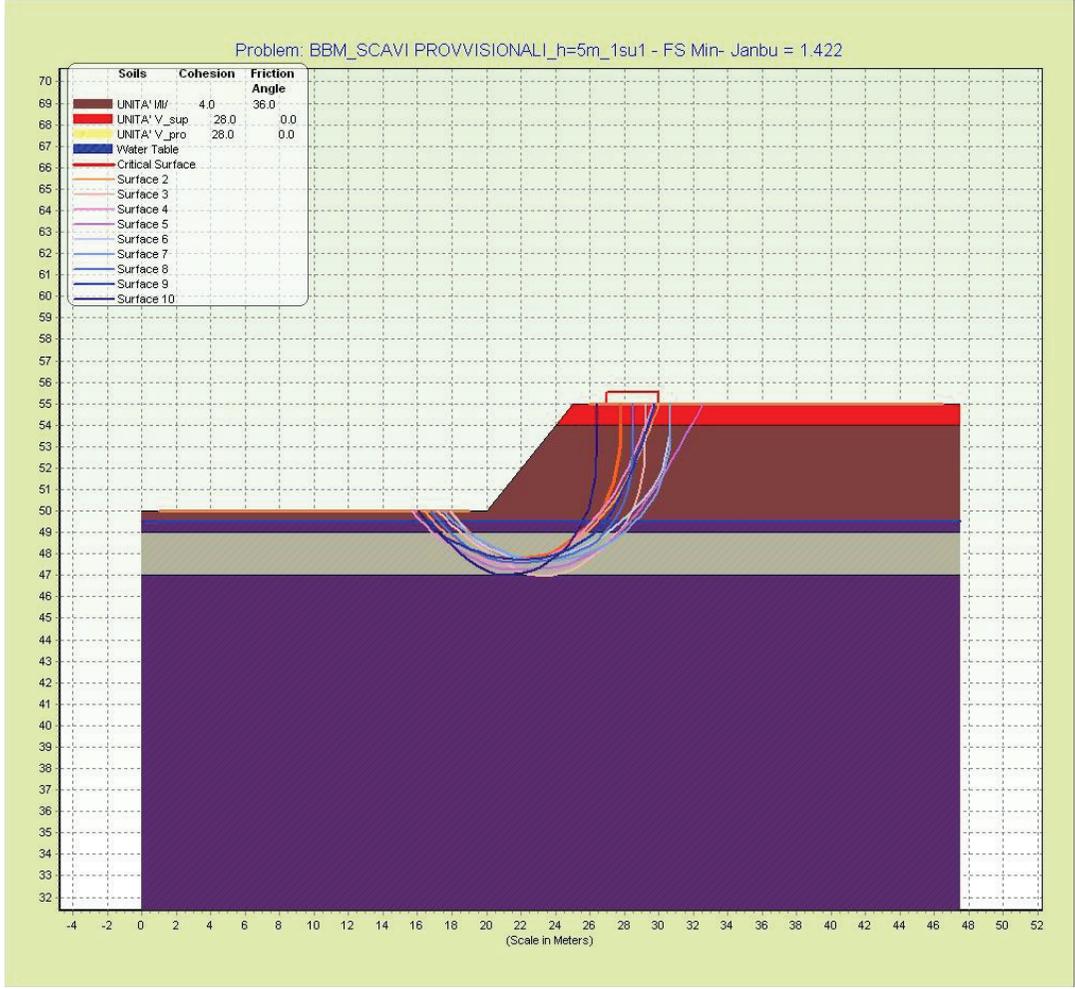


APPROVATO SDR

Figura 3.6 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 1, schema di scavo c) Lungo termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



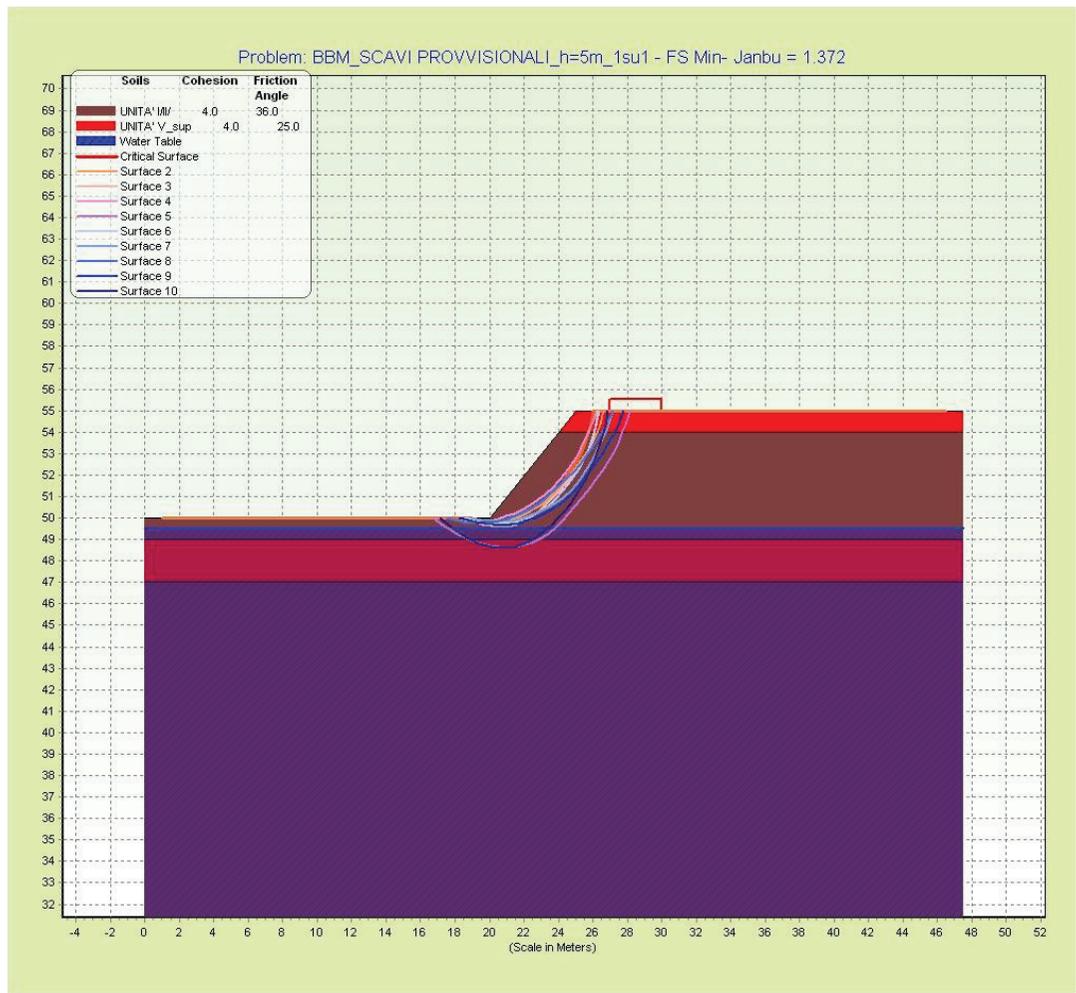


APPROVATO SDR

Figura 3.7 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 2, schema di scavo a) Breve termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



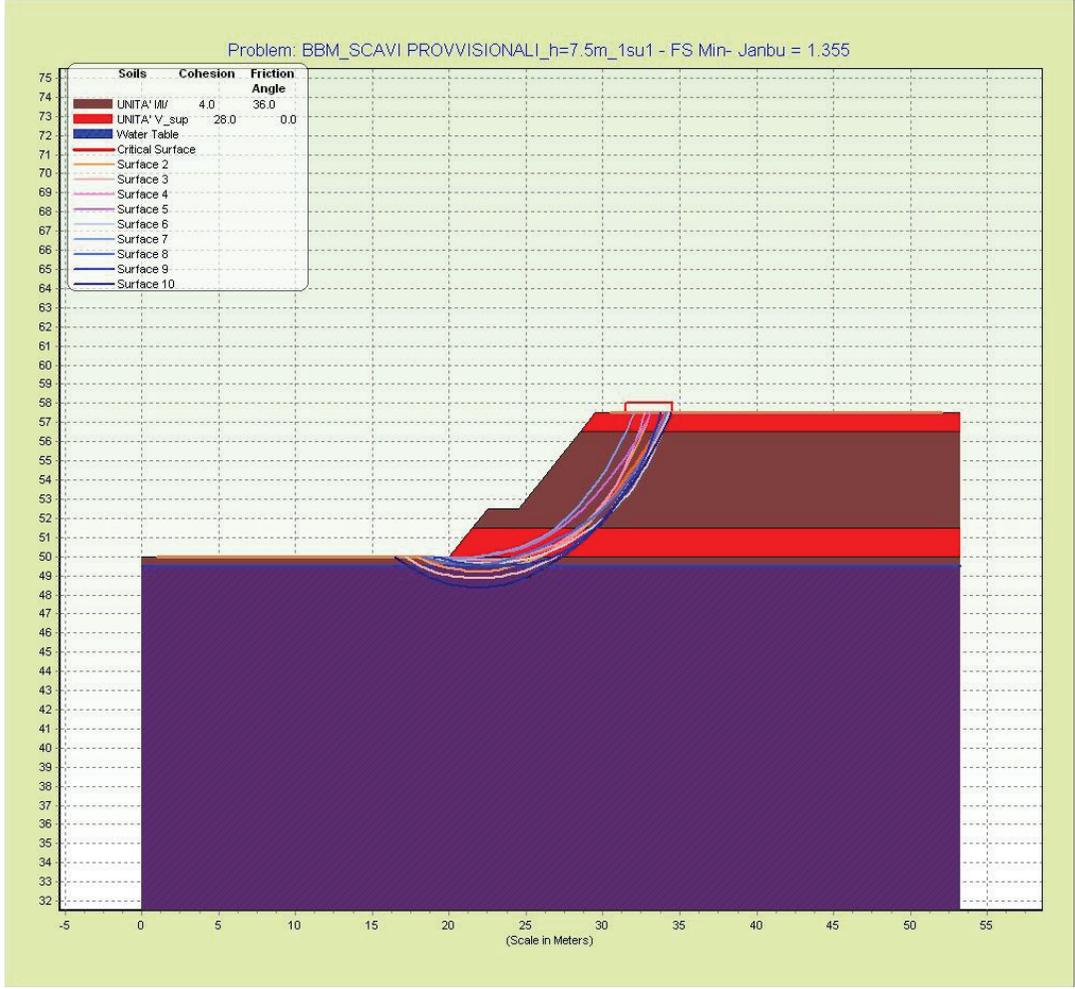


APPROVATO SDR

Figura 3.8 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 2, schema di scavo a) Lungo termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



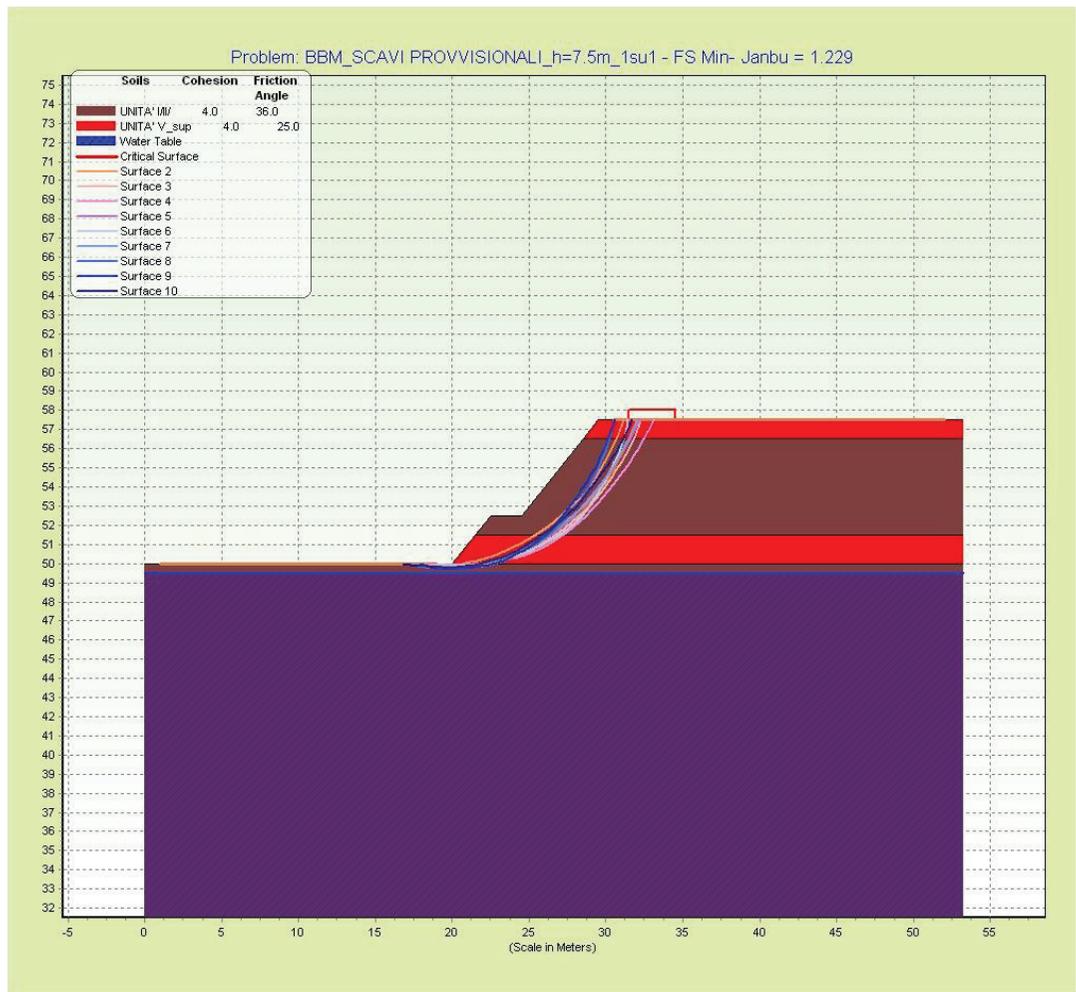


APPROVATO SDR

Figura 3.9 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 2, schema di scavo b) Breve termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



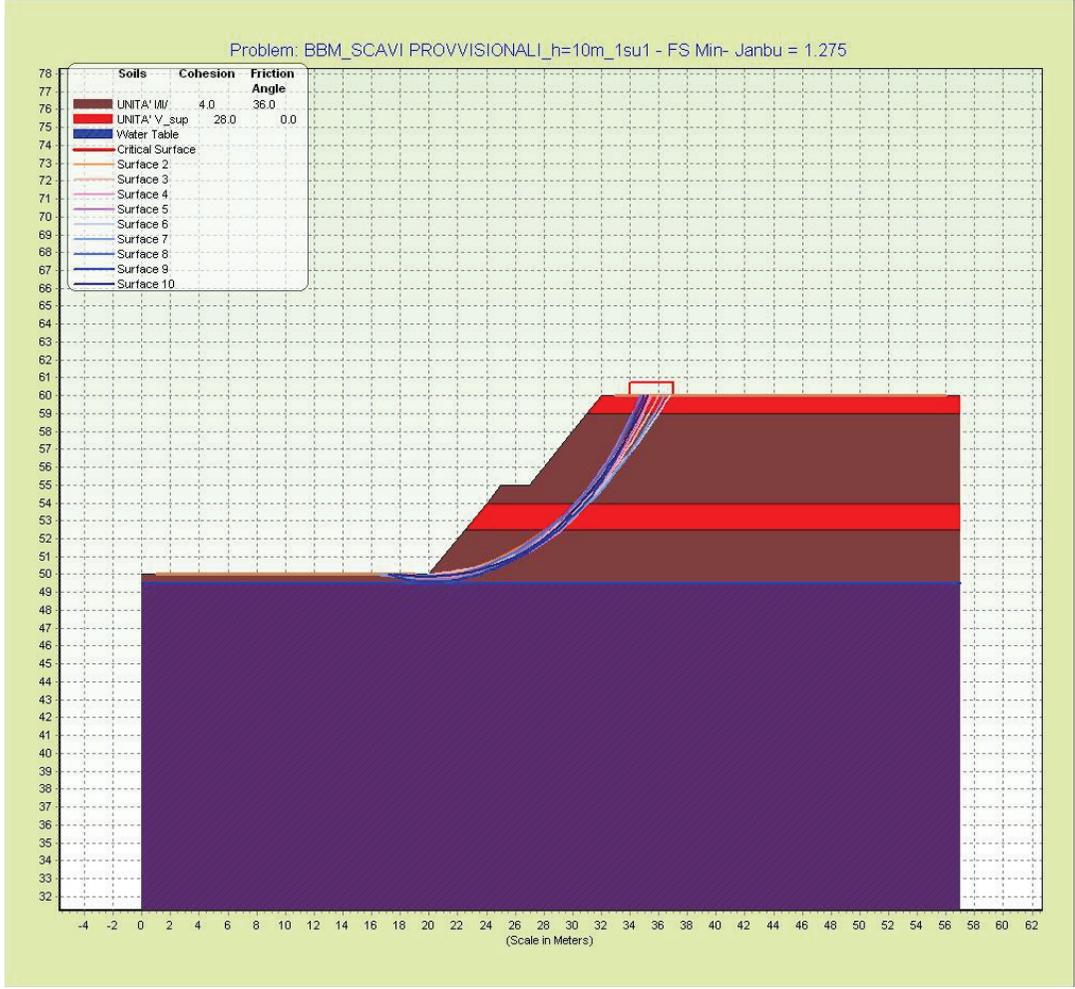


APPROVATO SDR

Figura 3.10 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 2, schema di scavo b) Lungo termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



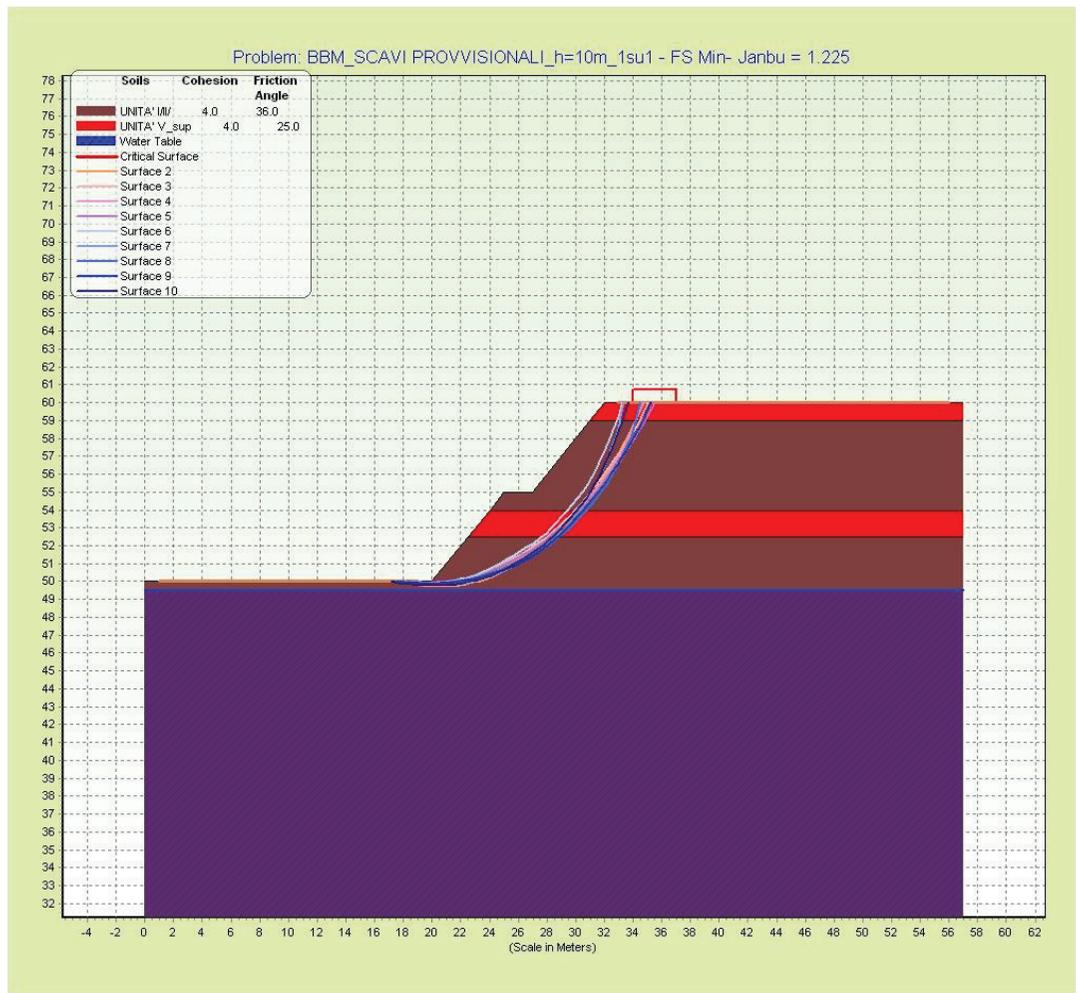


APPROVATO SDR

Figura 3.11 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 2, schema di scavo c) Breve termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



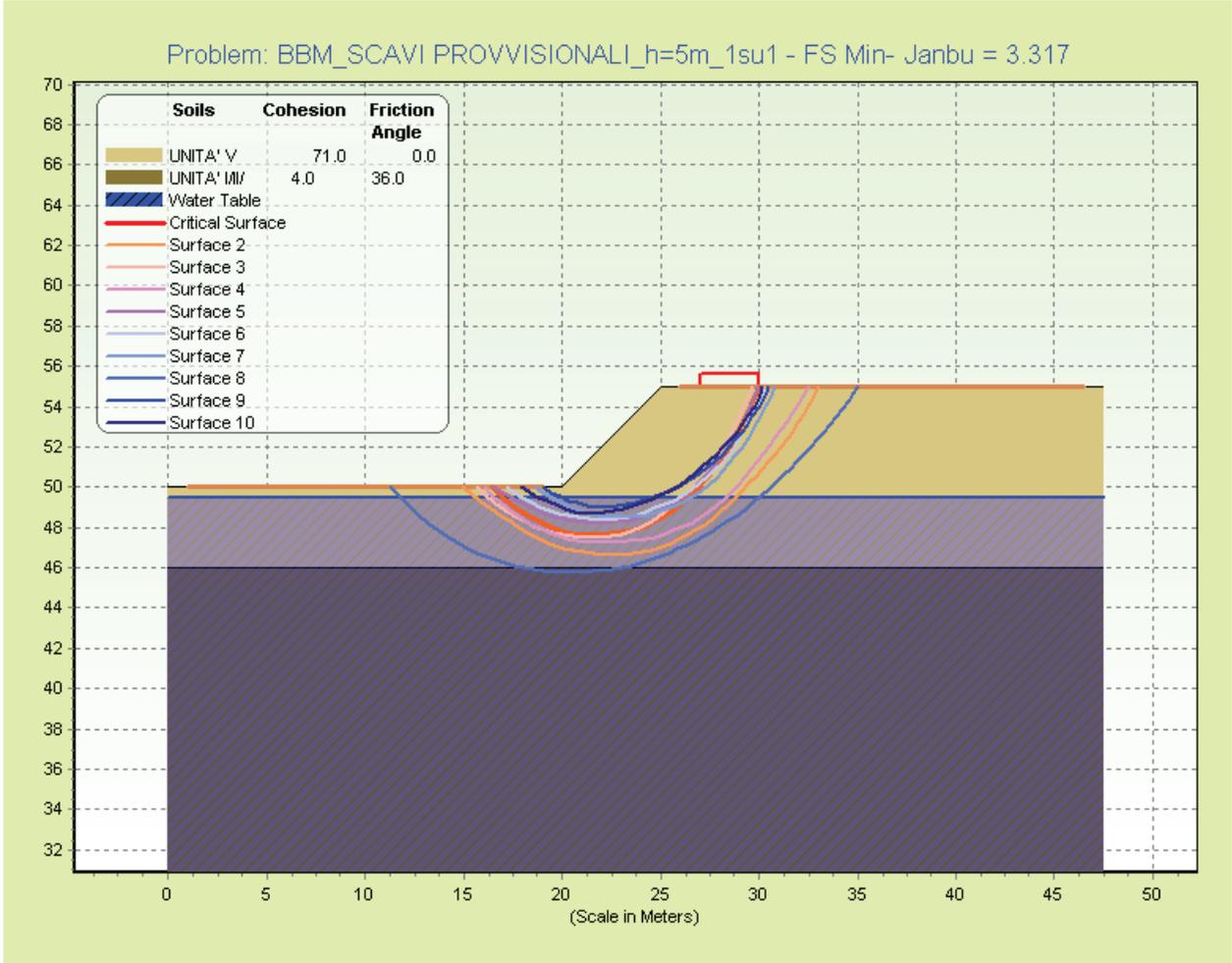


APPROVATO SDR

Figura 3.12 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 2, schema di scavo c) Lungo termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



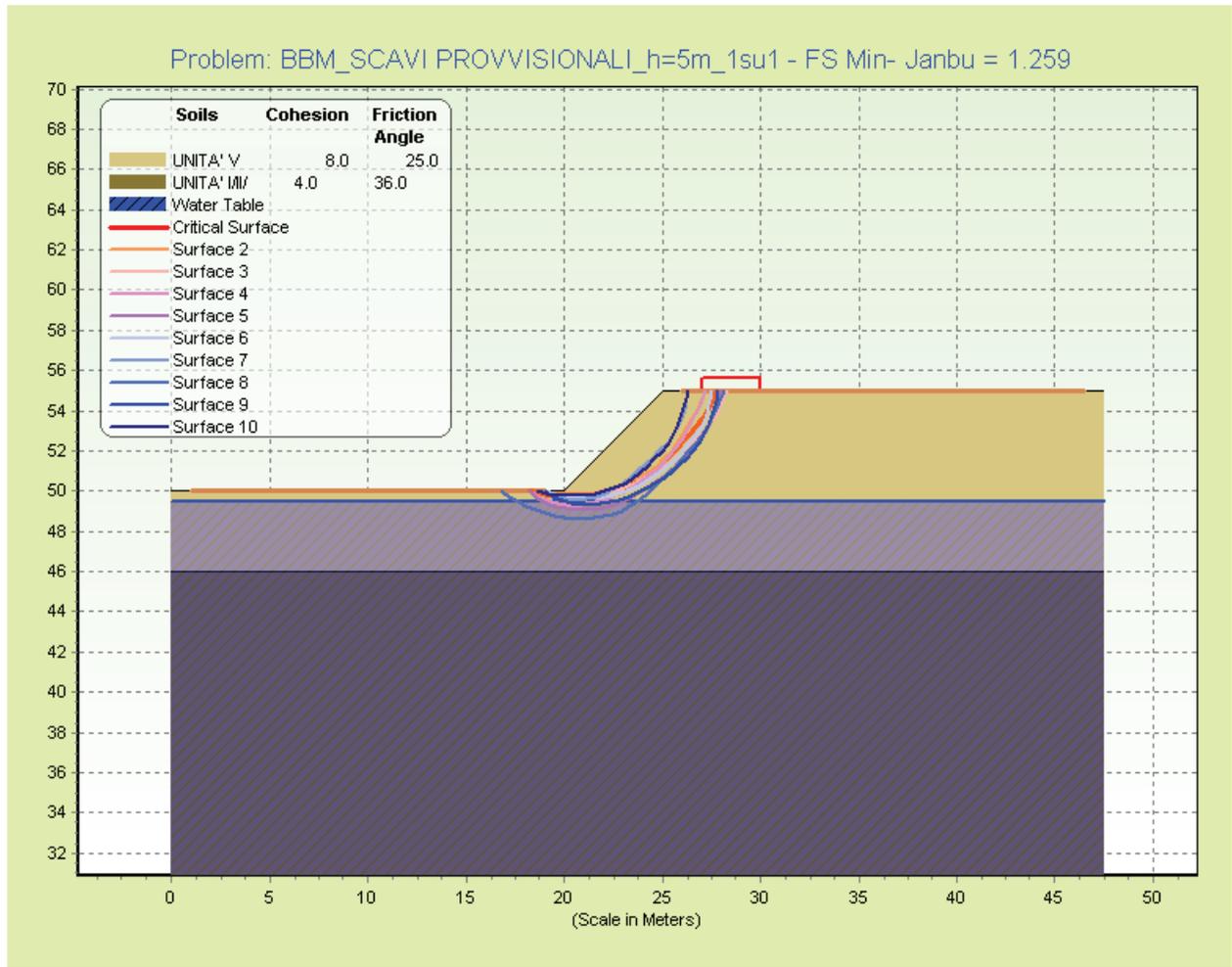


APPROVATO SDR

Figura 3.13 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 3, schema di scavo a) Breve termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA





APPROVATO SDR

Figura 3.14 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 3, schema di scavo a) Lungo termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA

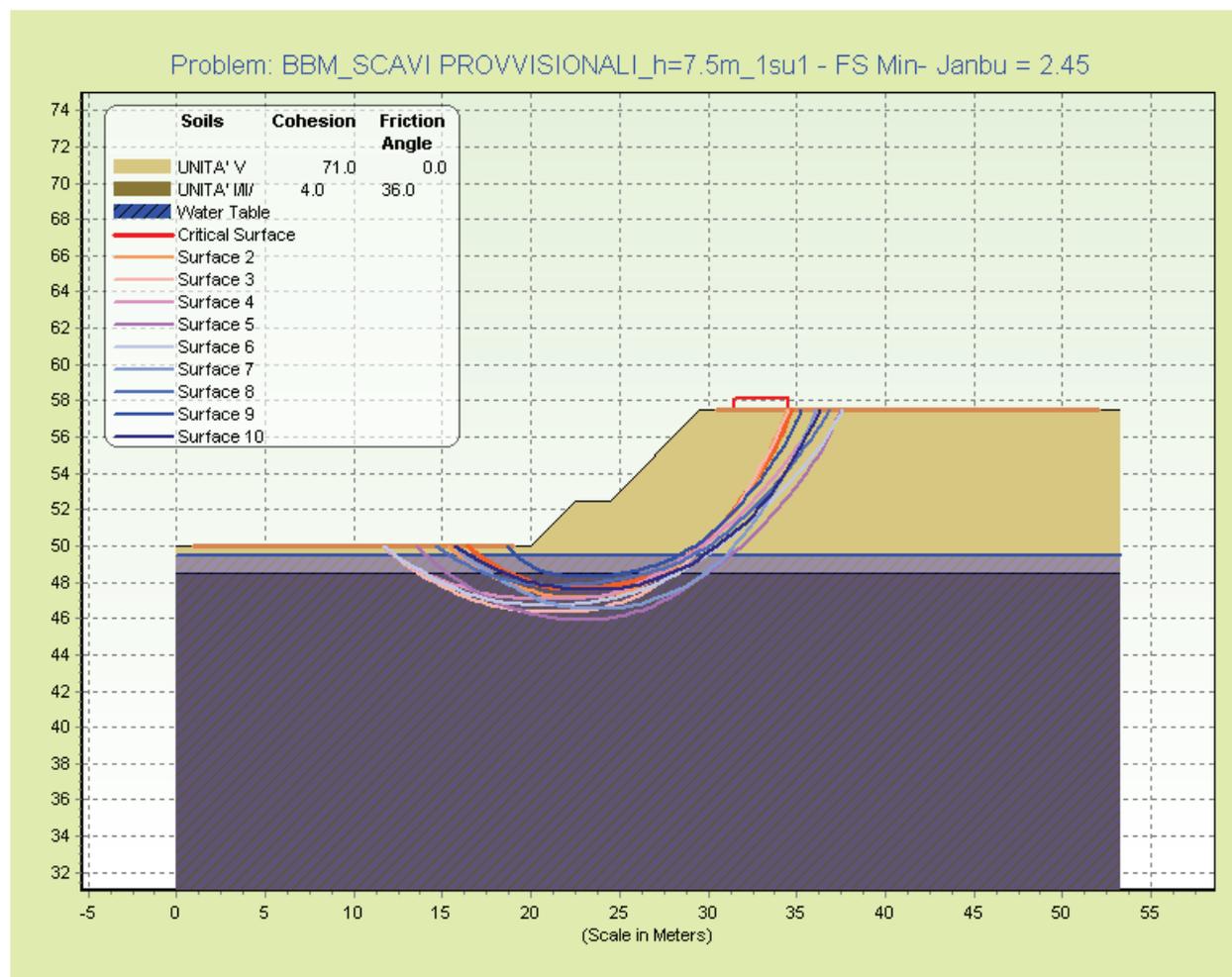


	Doc. N. 60401-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000600A	REV. 00	FOGLIO 32 di 66
---	--------------------------------	---	------------	--------------------

APPROVATO SDR

Società di Progetto
Brebemi SpA



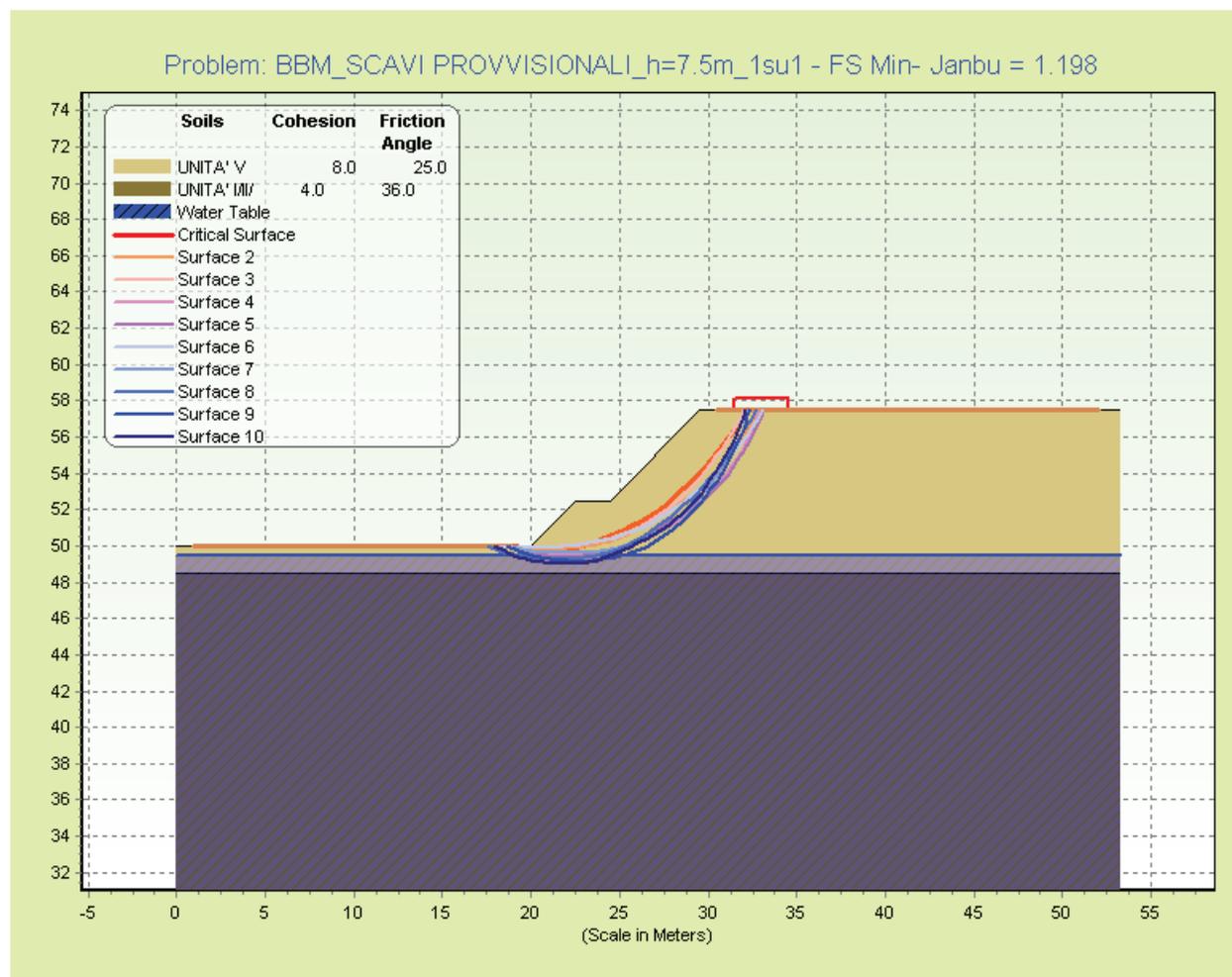


APPROVATO SDR

Figura 3.15 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 3, schema di scavo b) Breve termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA





APPROVATO SDR

Figura 3.16 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 3, schema di scavo b) Lungo termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA

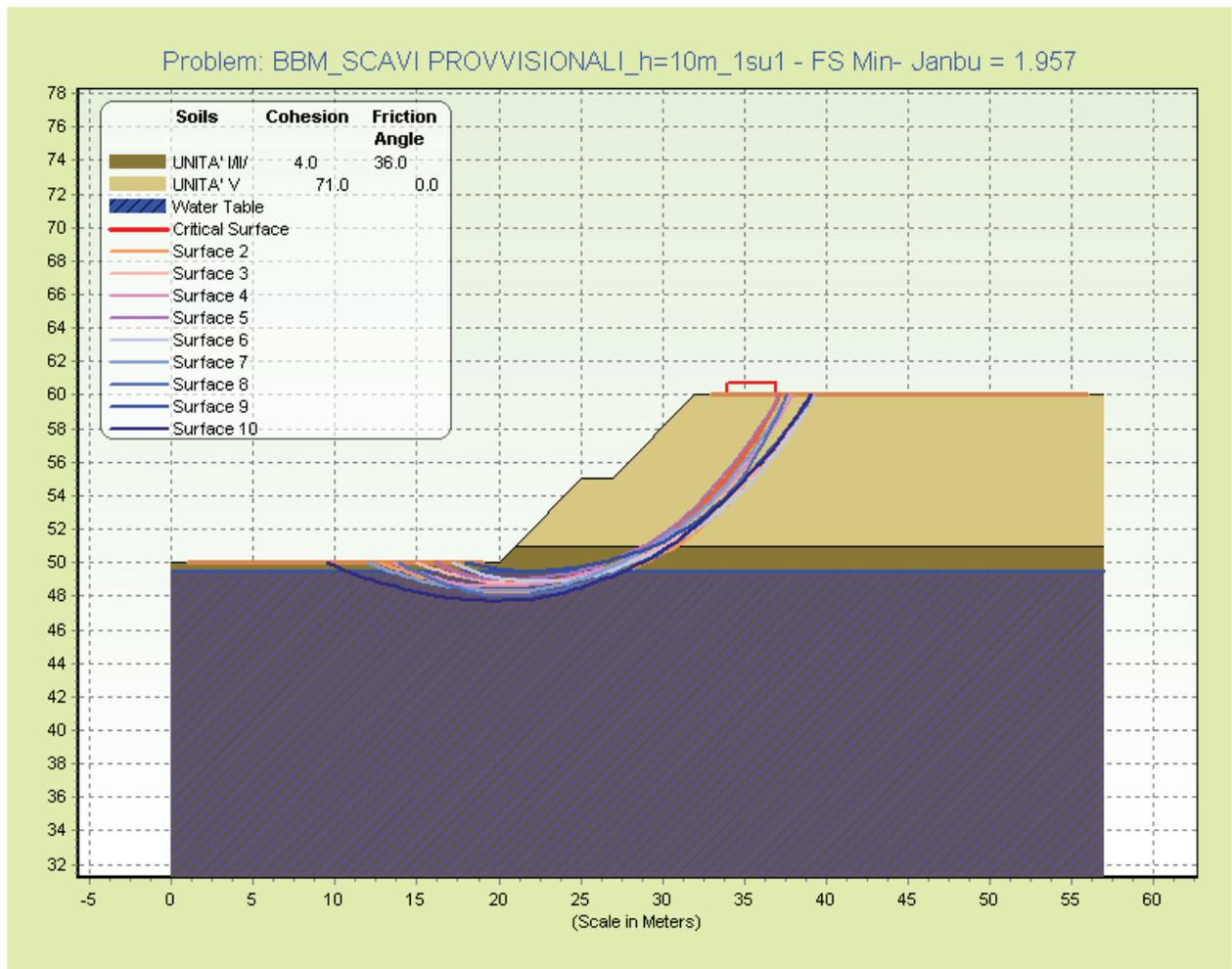


	Doc. N. 60401-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000600A	REV. 00	FOGLIO 35 di 66
---	--------------------------------	---	------------	--------------------

APPROVATO SDR

Società di Progetto
Brebemi SpA



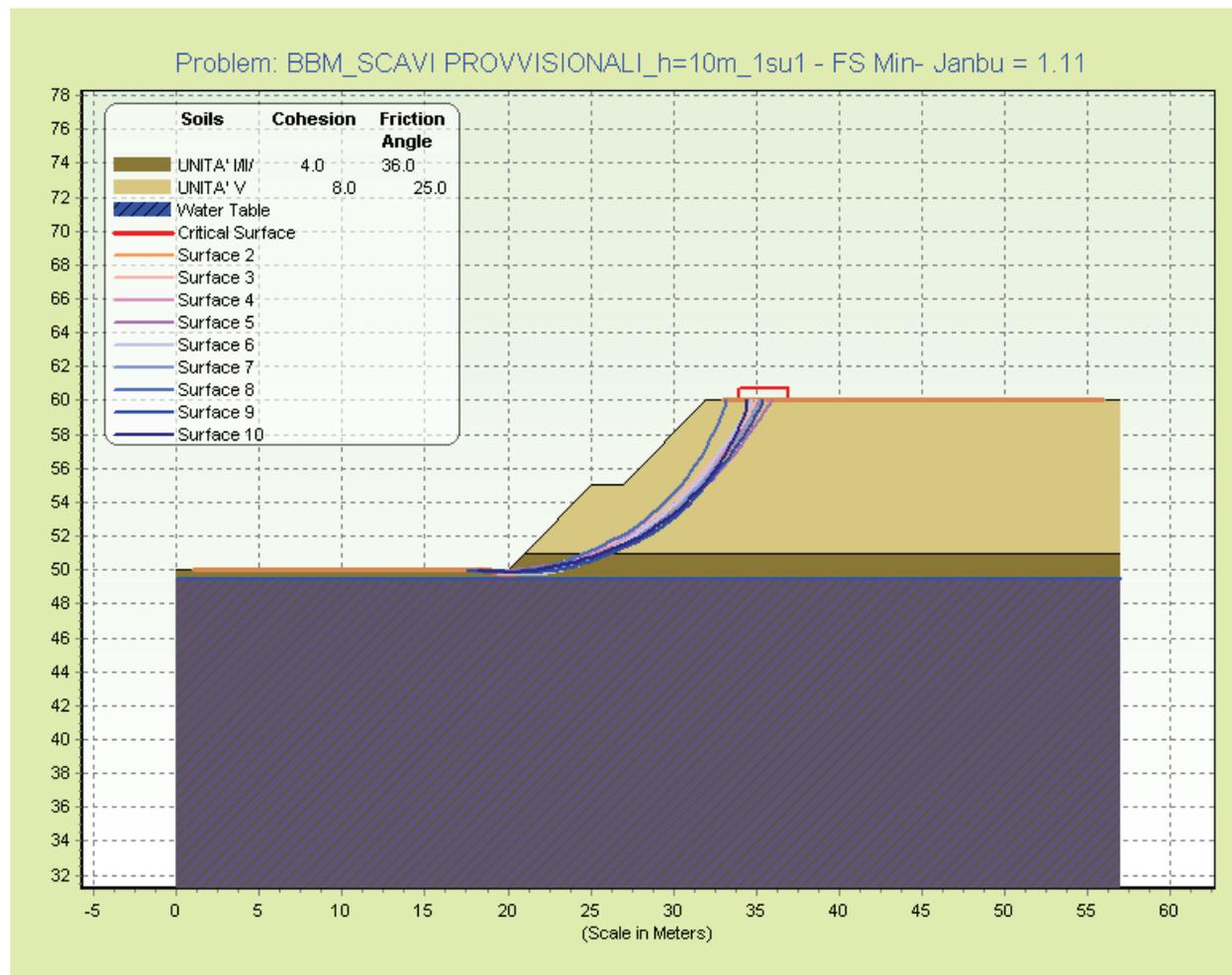


APPROVATO SDR

Figura 3.17 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 3, schema di scavo c) Breve termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



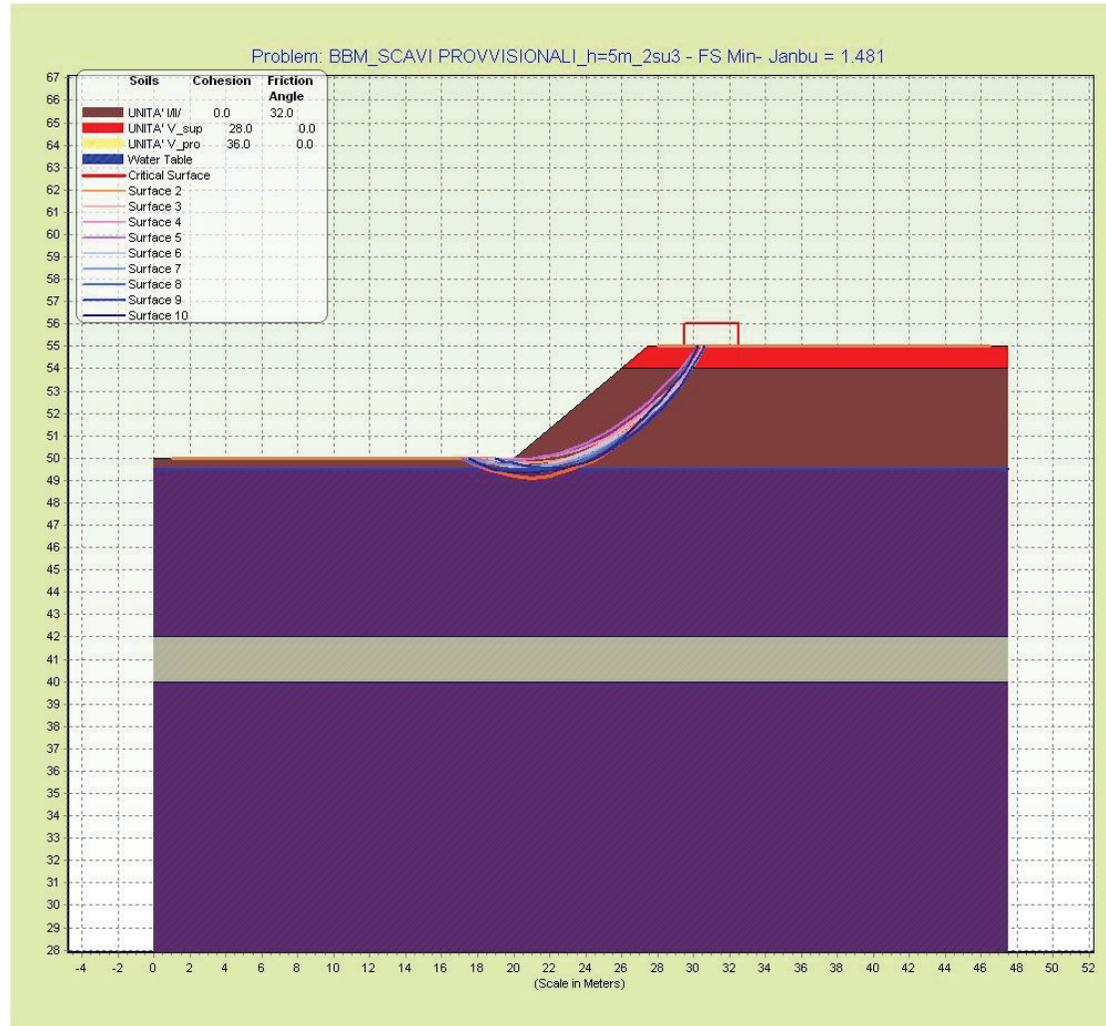


APPROVATO SDR

Figura 3.18 – Soluzione base - Verifica geotecnica per la Tipologia 3, schema di scavo c) Lungo termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA





APPROVATO SDR

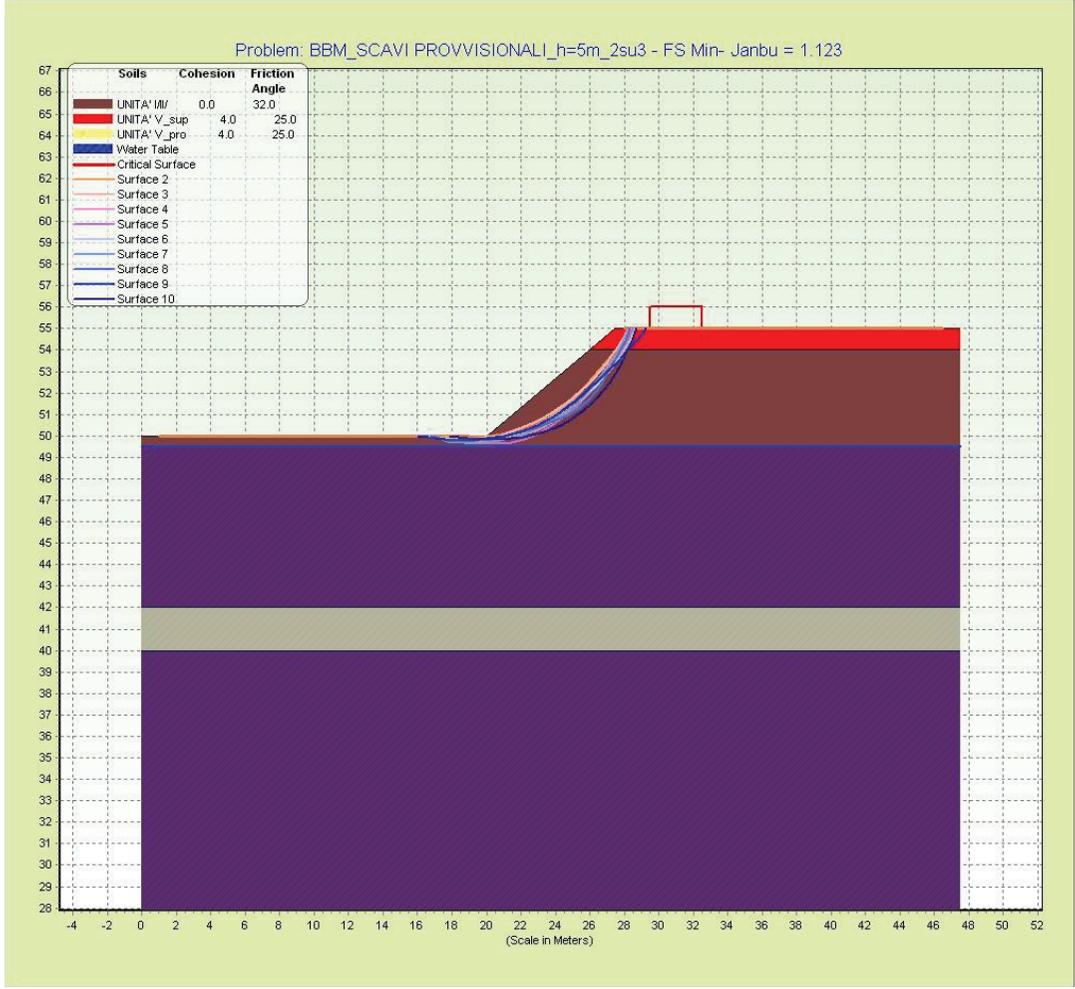
Società di Progetto
Brebemi SpA

	Doc. N. 60401-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000600A	REV. 00	FOGLIO 39 di 66
--	--------------------------------	---	------------	--------------------

Figura 3.19 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 1, schema di scavo a) Breve Termine.

APPROVATO SDR



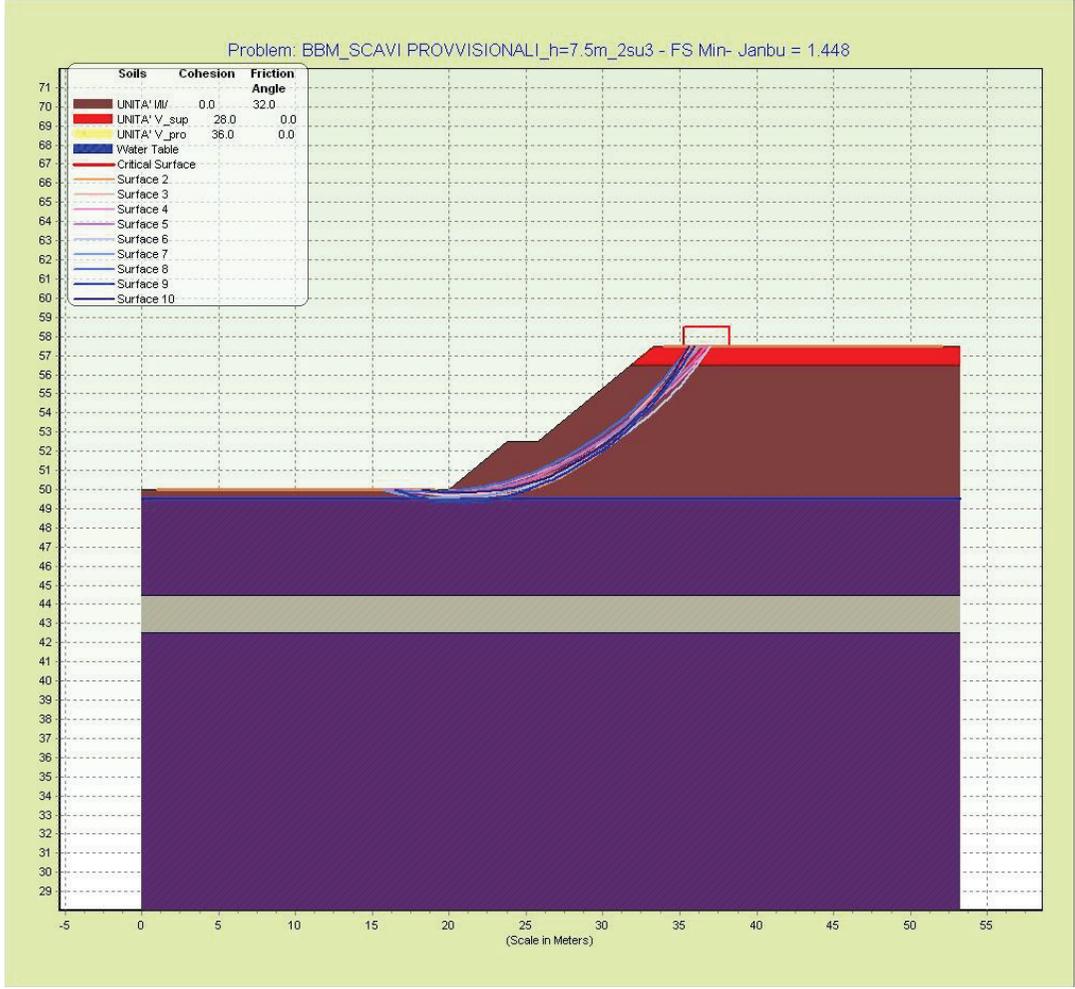


APPROVATO SDR

Figura 3.20 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 1, schema di scavo a) Lungo Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



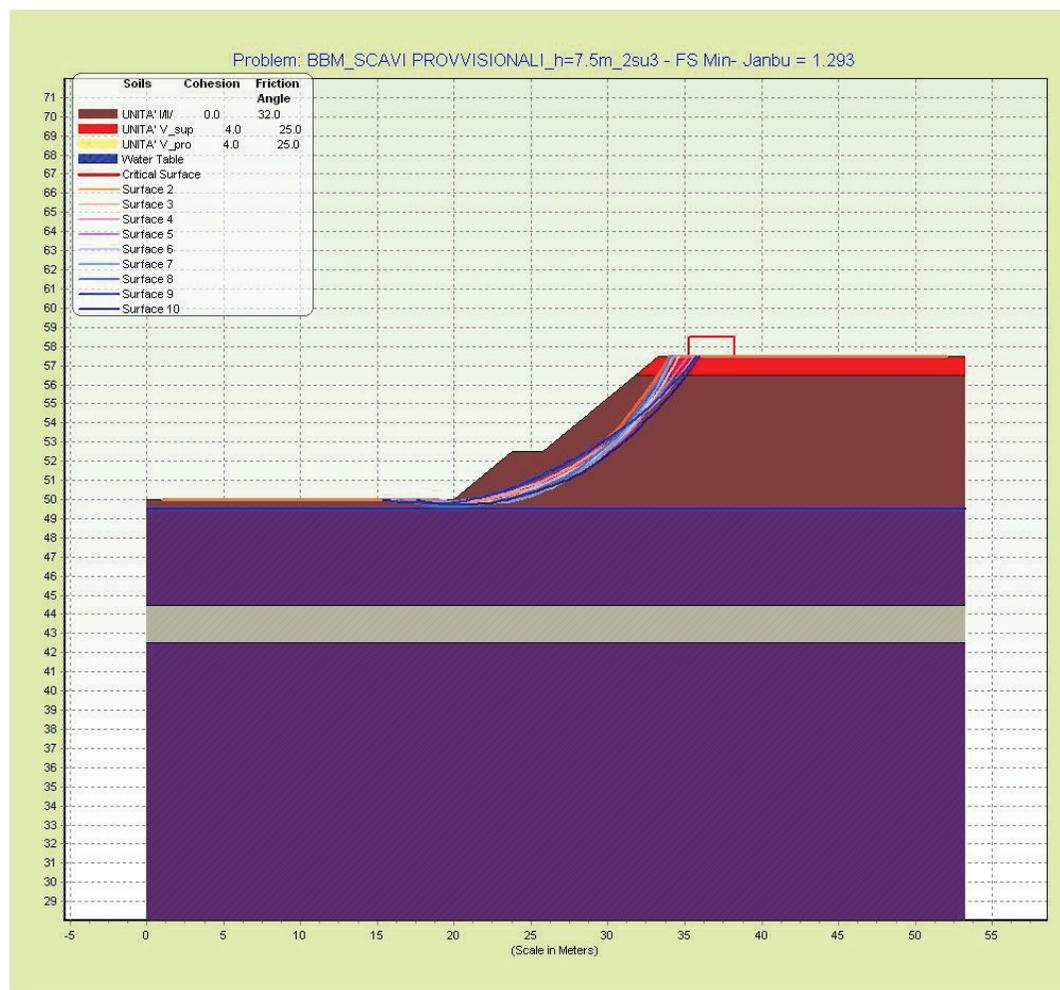


APPROVATO SDR

Figura 3.21 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 1, schema di scavo b) Breve Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



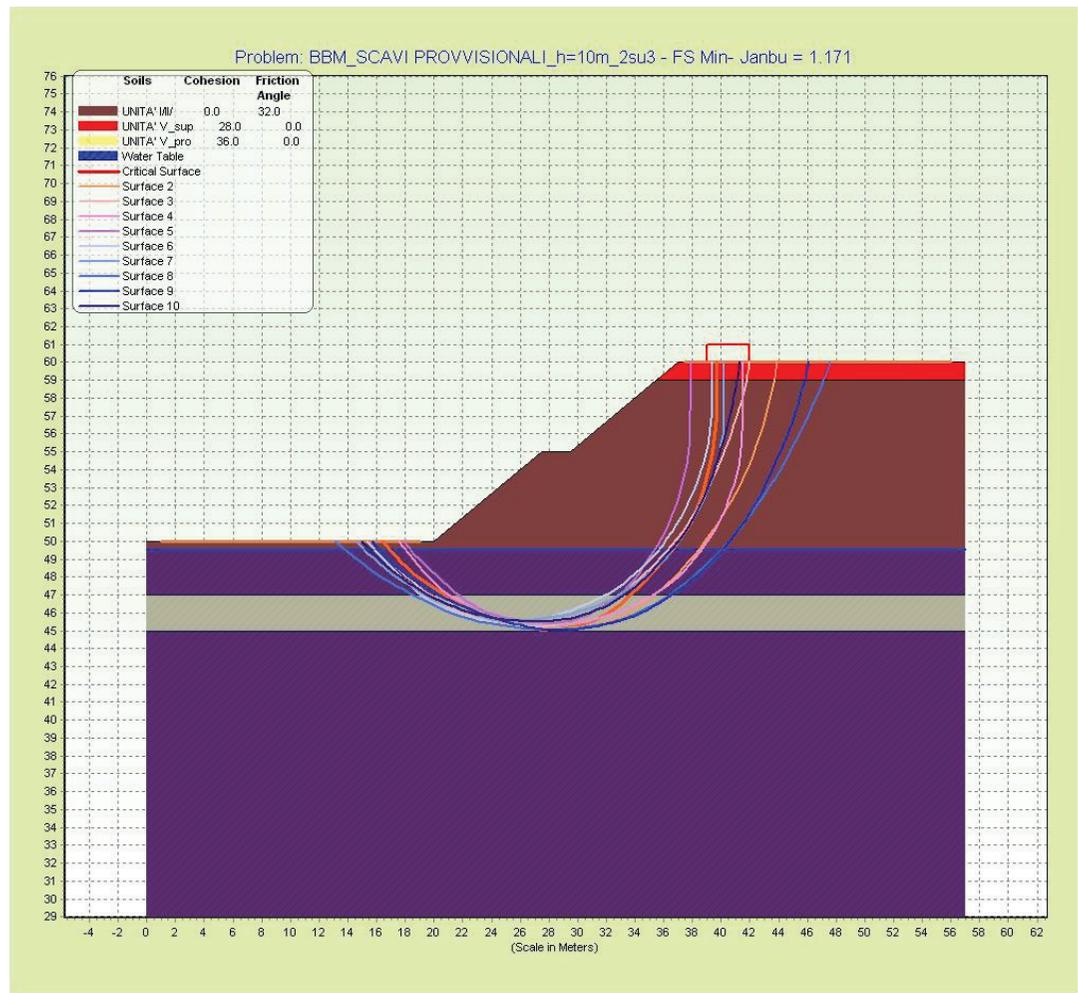


APPROVATO SDR

Figura 3.22 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 1, schema di scavo b) Lungo Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA

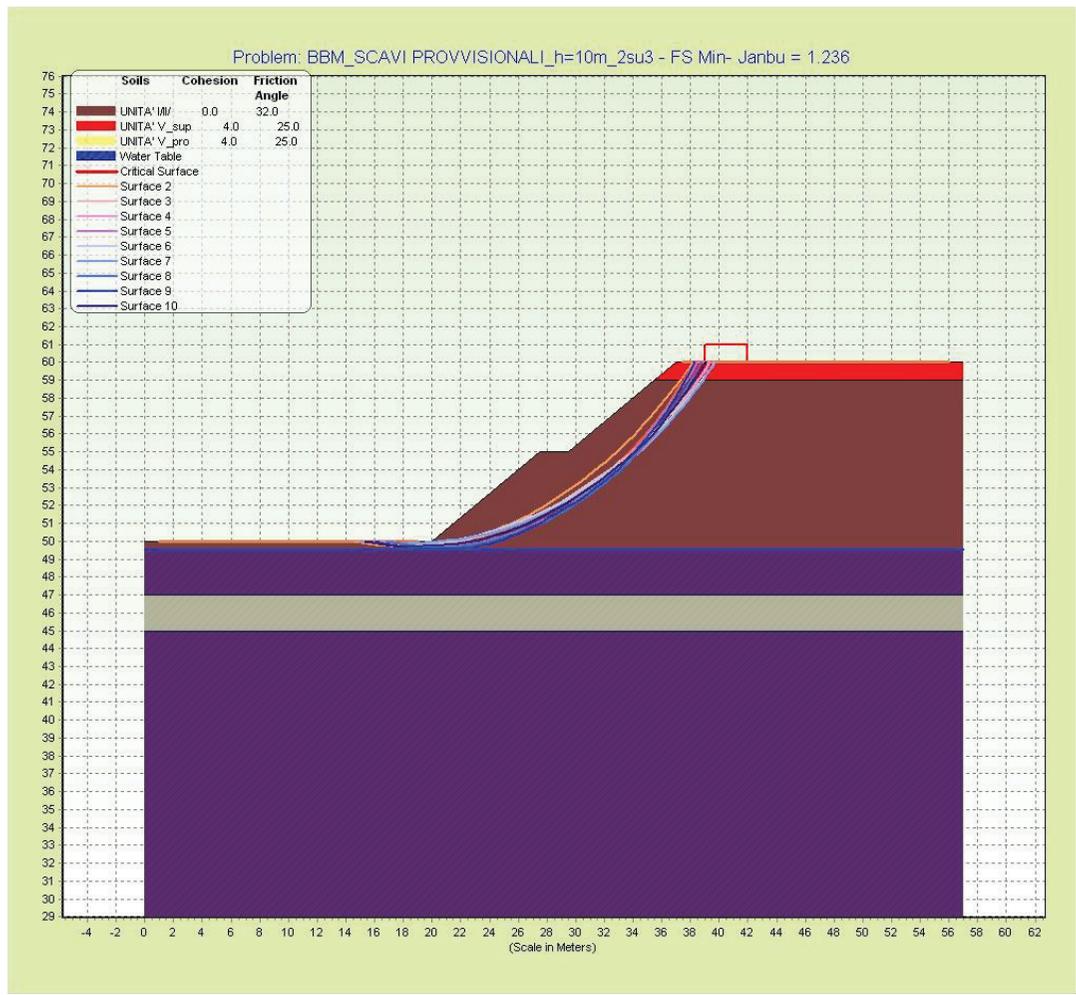




APPROVATO SDR

Figura 3.23 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 1, schema di scavo c) Breve Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA

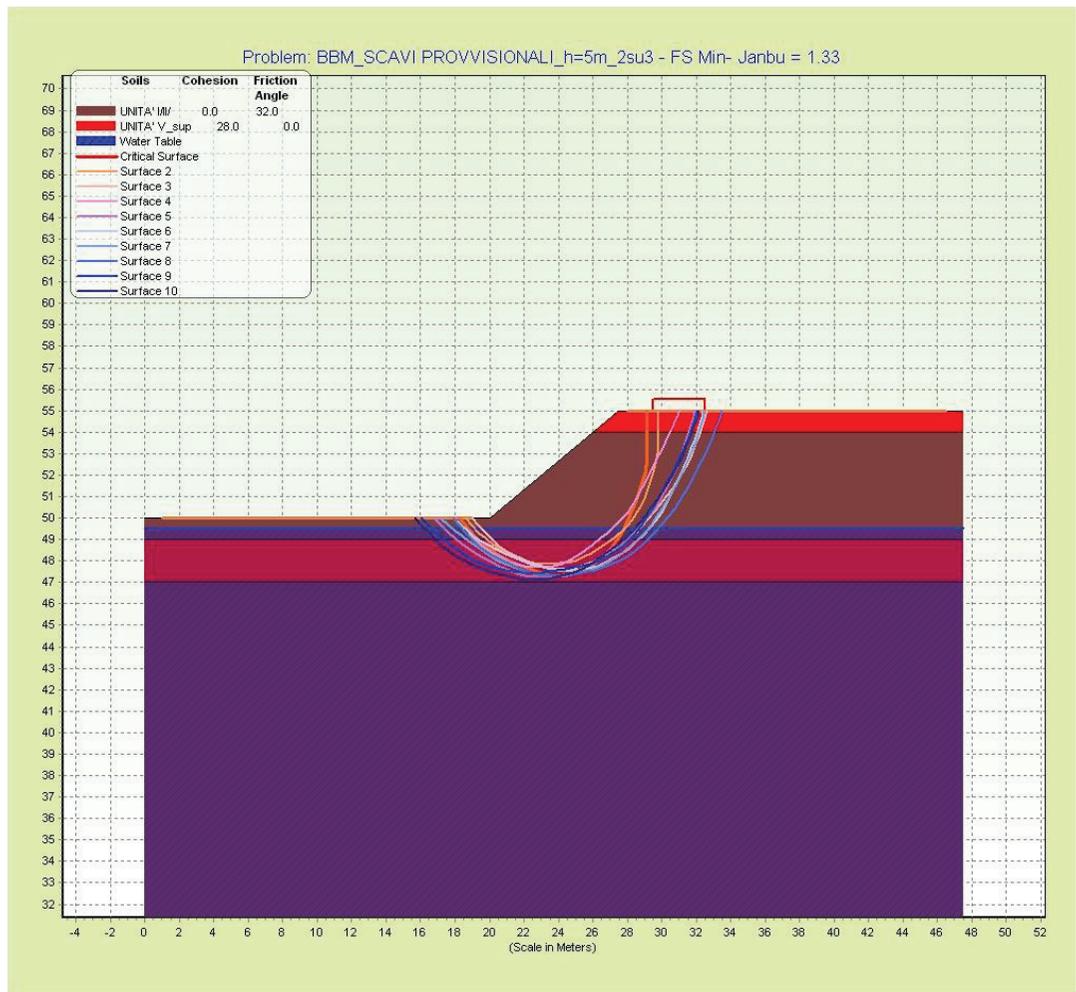


APPROVATO SDR

Figura 3.24 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 1, schema di scavo c) Lungo Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



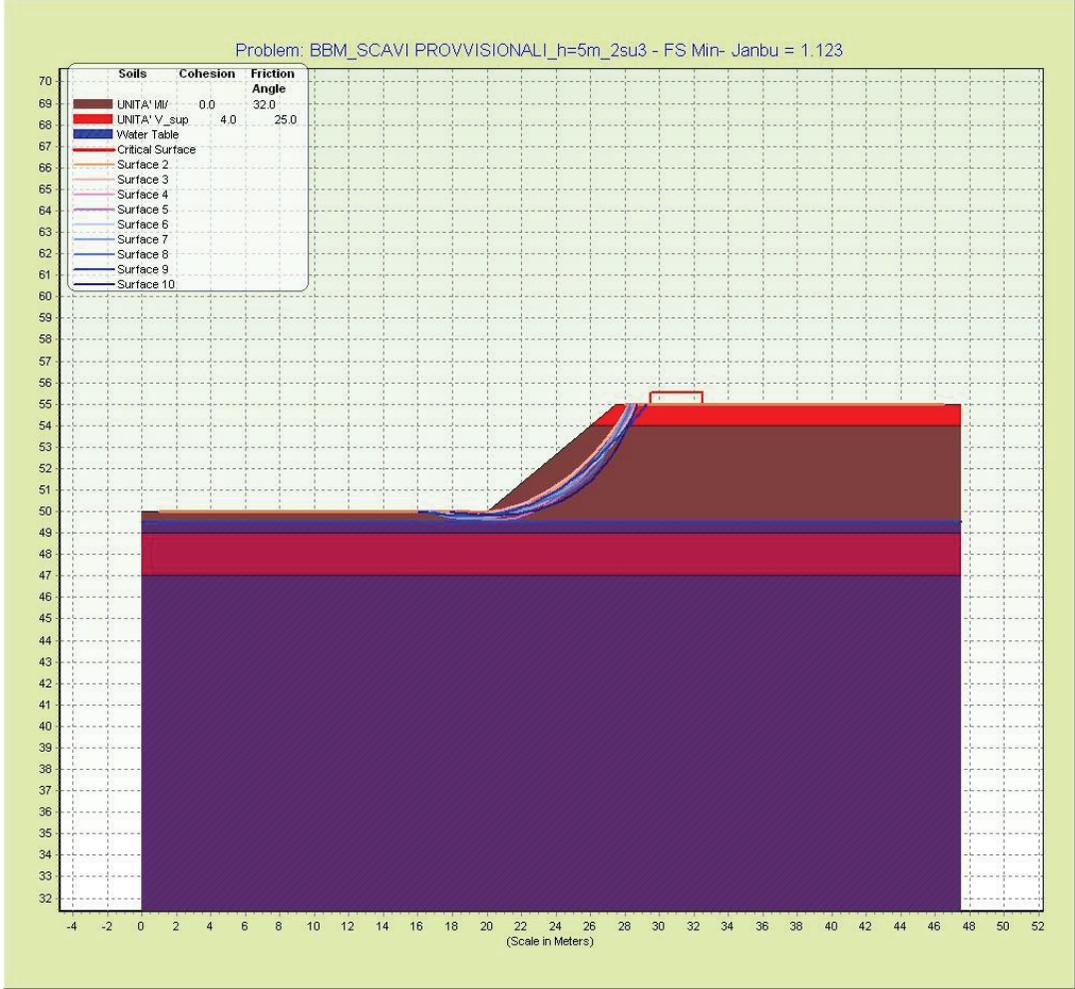


APPROVATO SDR

Figura 3.25 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 2, schema di scavo a) Breve Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



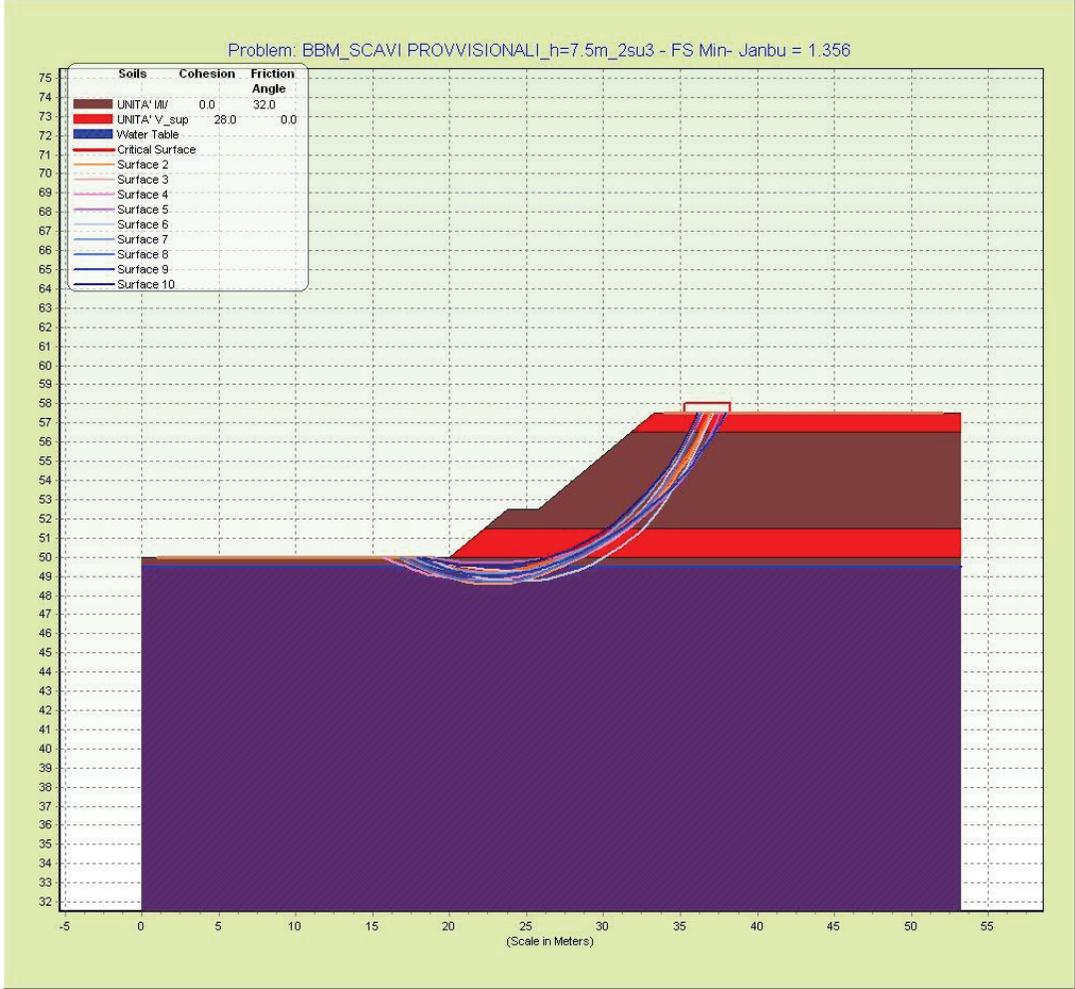


APPROVATO SDR

Figura 3.26 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 2, schema di scavo a) Lungo Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA

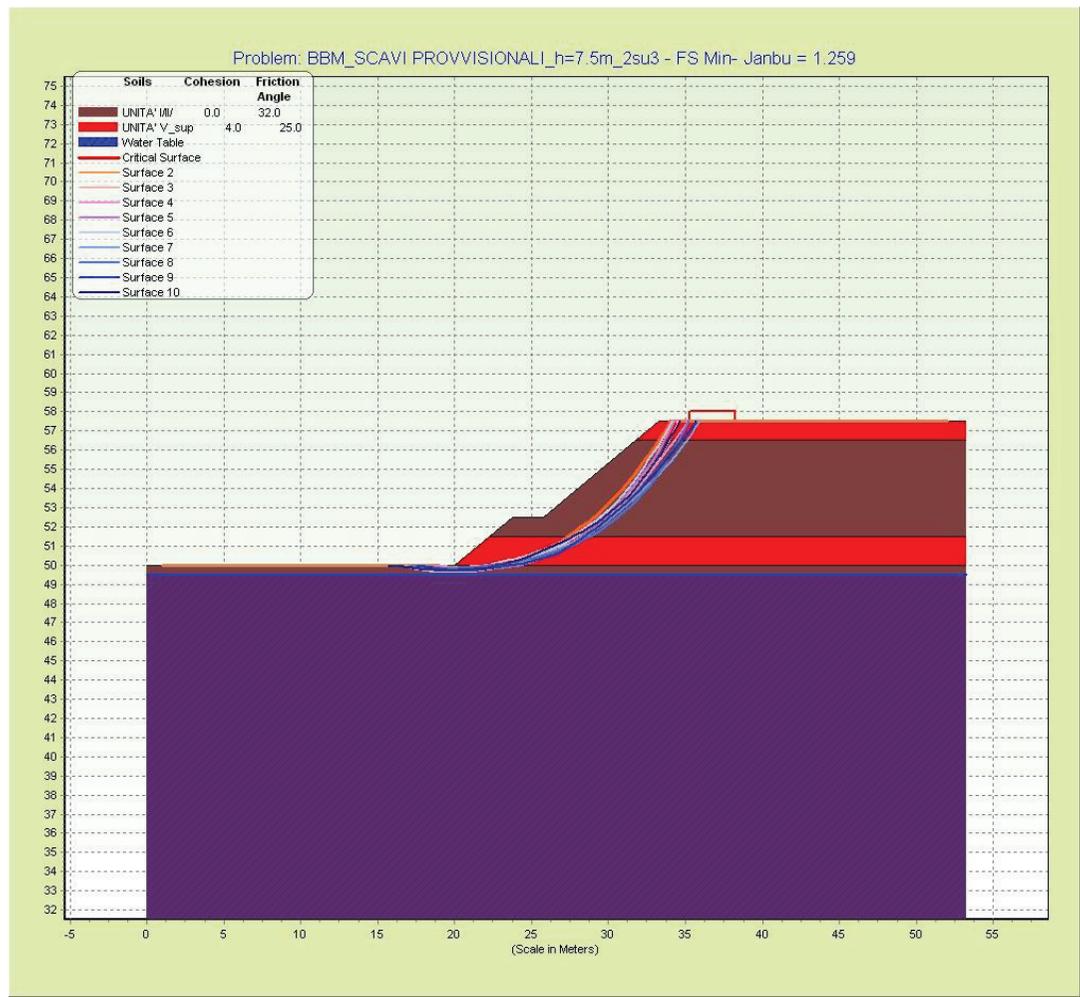




APPROVATO SDR

Figura 3.27 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 2, schema di scavo b) Breve Termine.

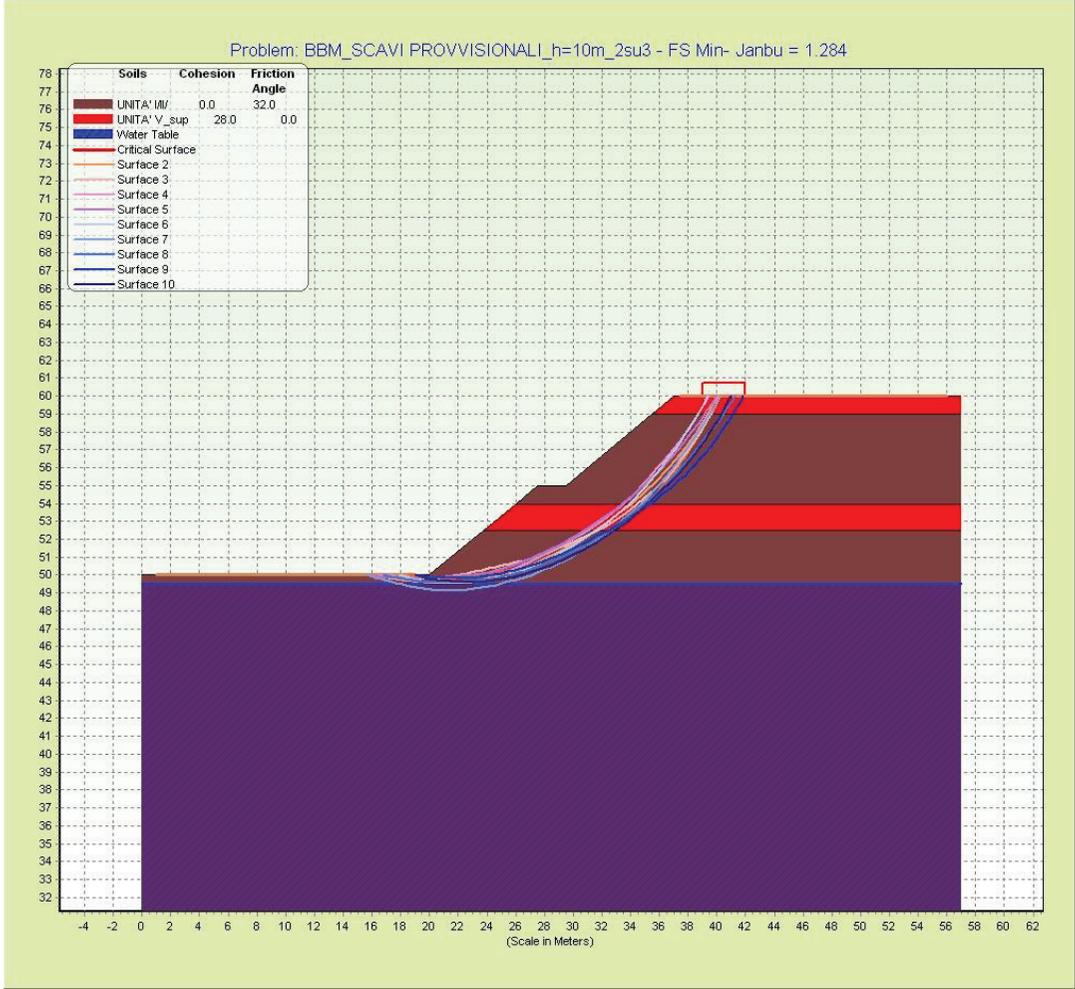
Società di Progetto
Brebemi SpA



APPROVATO SDR

Figura 3.28 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 2, schema di scavo b) Lungo Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA

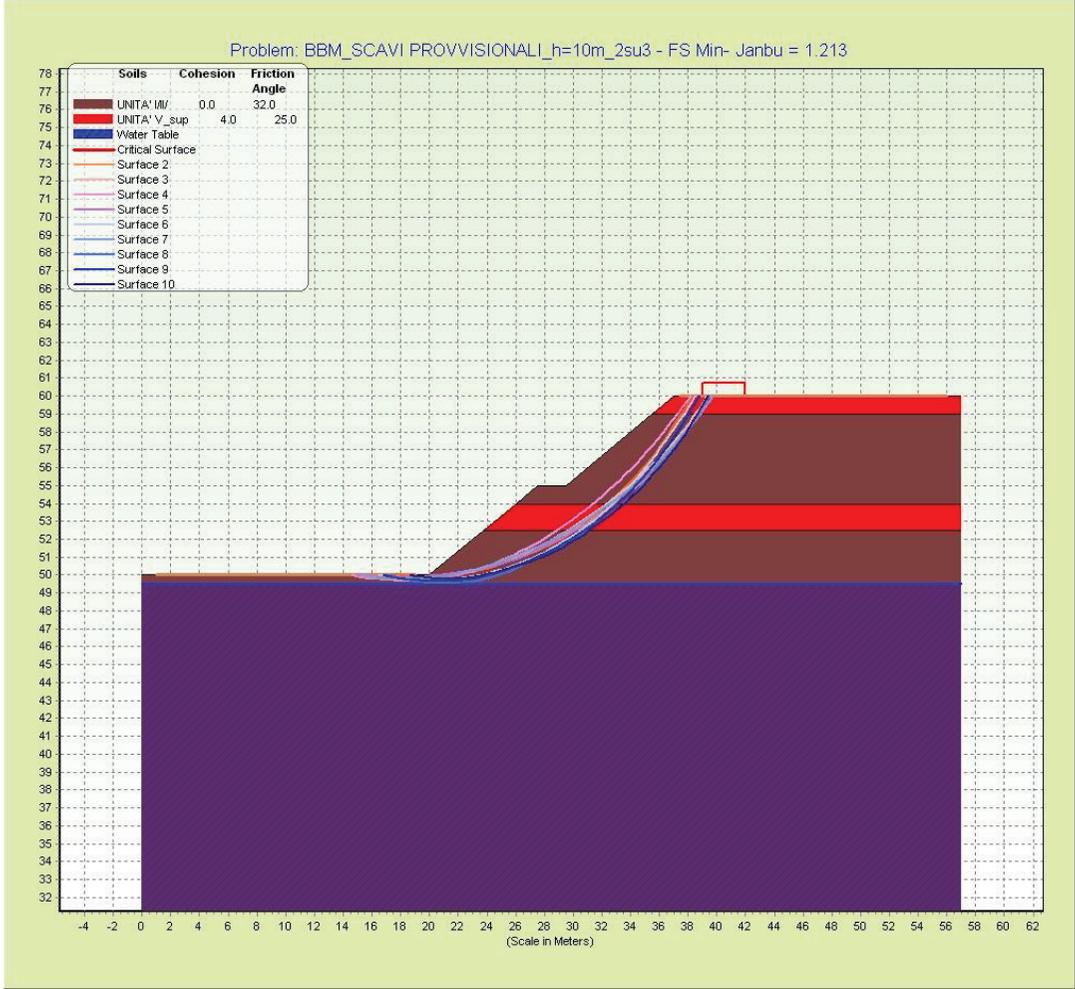


APPROVATO SDR

Figura 3.29 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 2, schema di scavo c) Breve Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



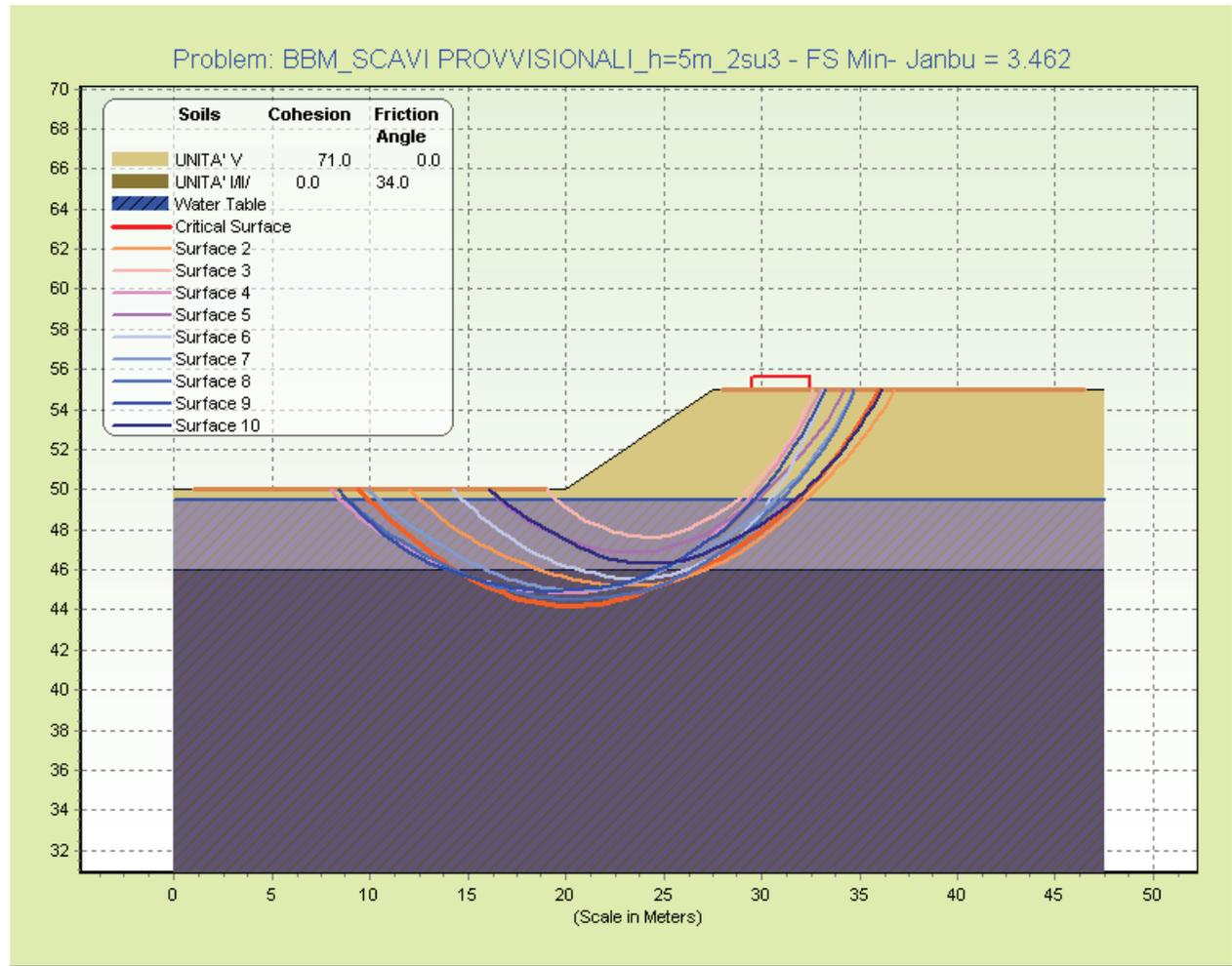


APPROVATO SDR

Figura 3.30 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 2, schema di scavo c) Lungo Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



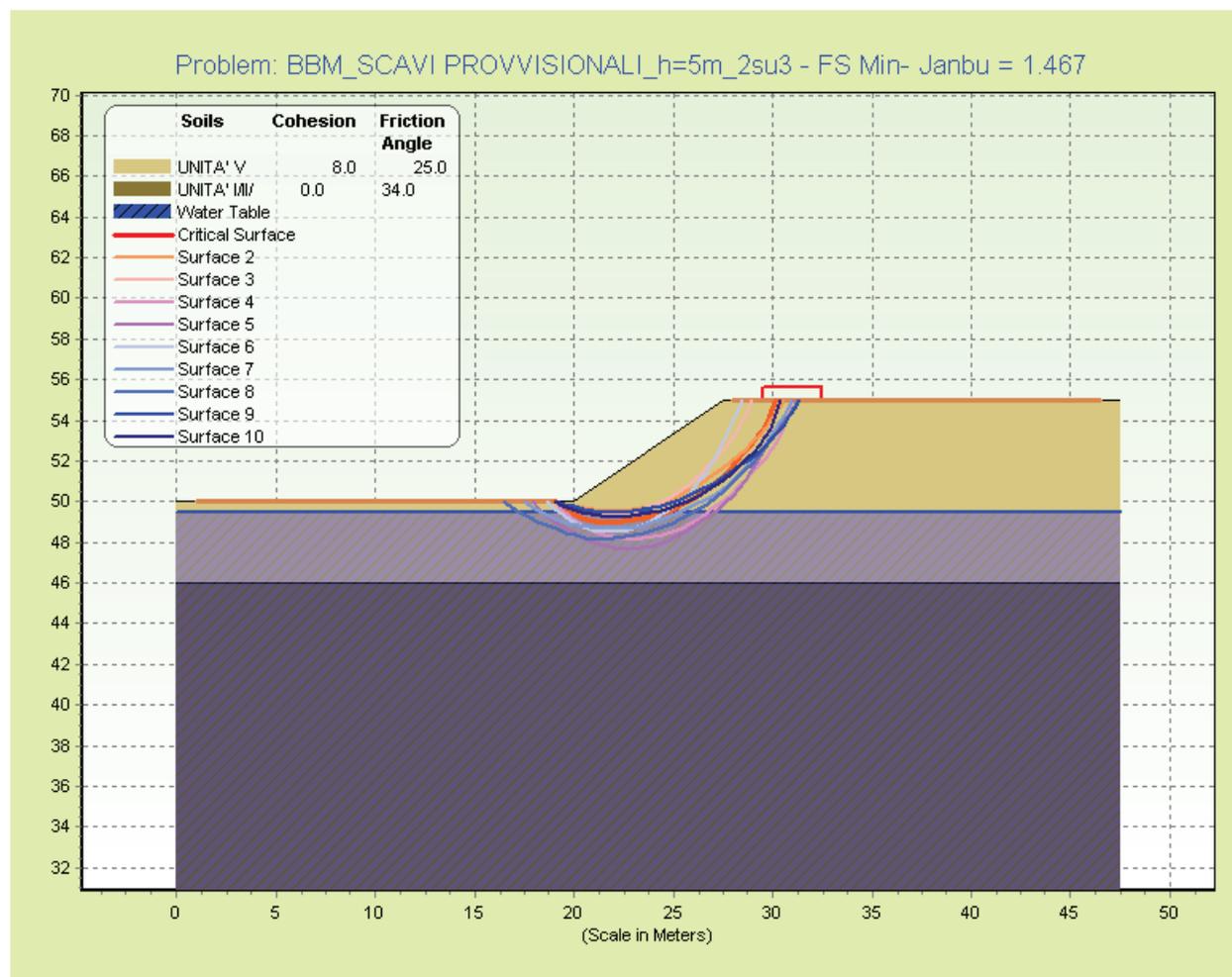


APPROVATO SDR

Figura 3.31 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 3, schema di scavo a) Breve Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



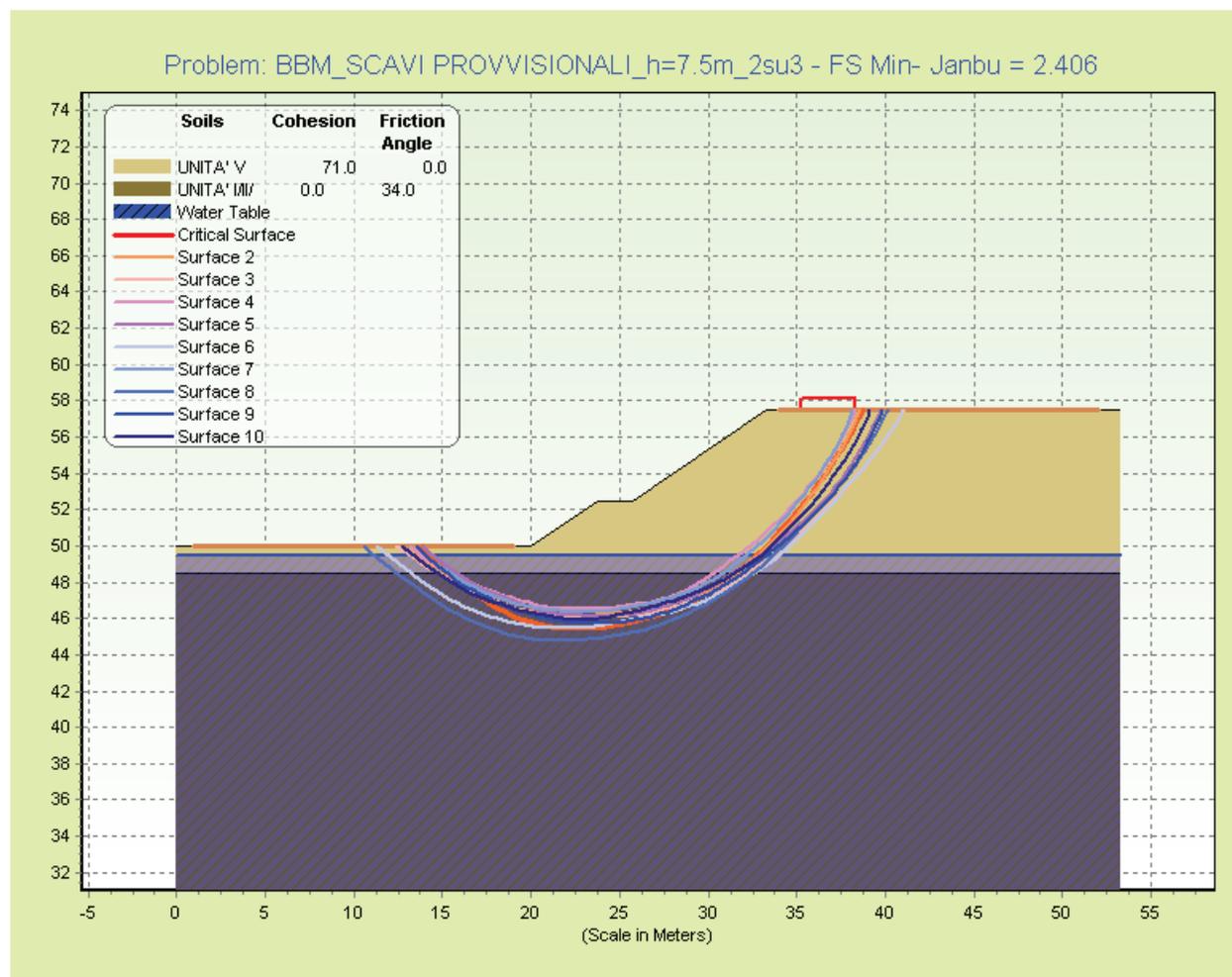


APPROVATO SDR

Figura 3.32 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 3, schema di scavo a) Lungo Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



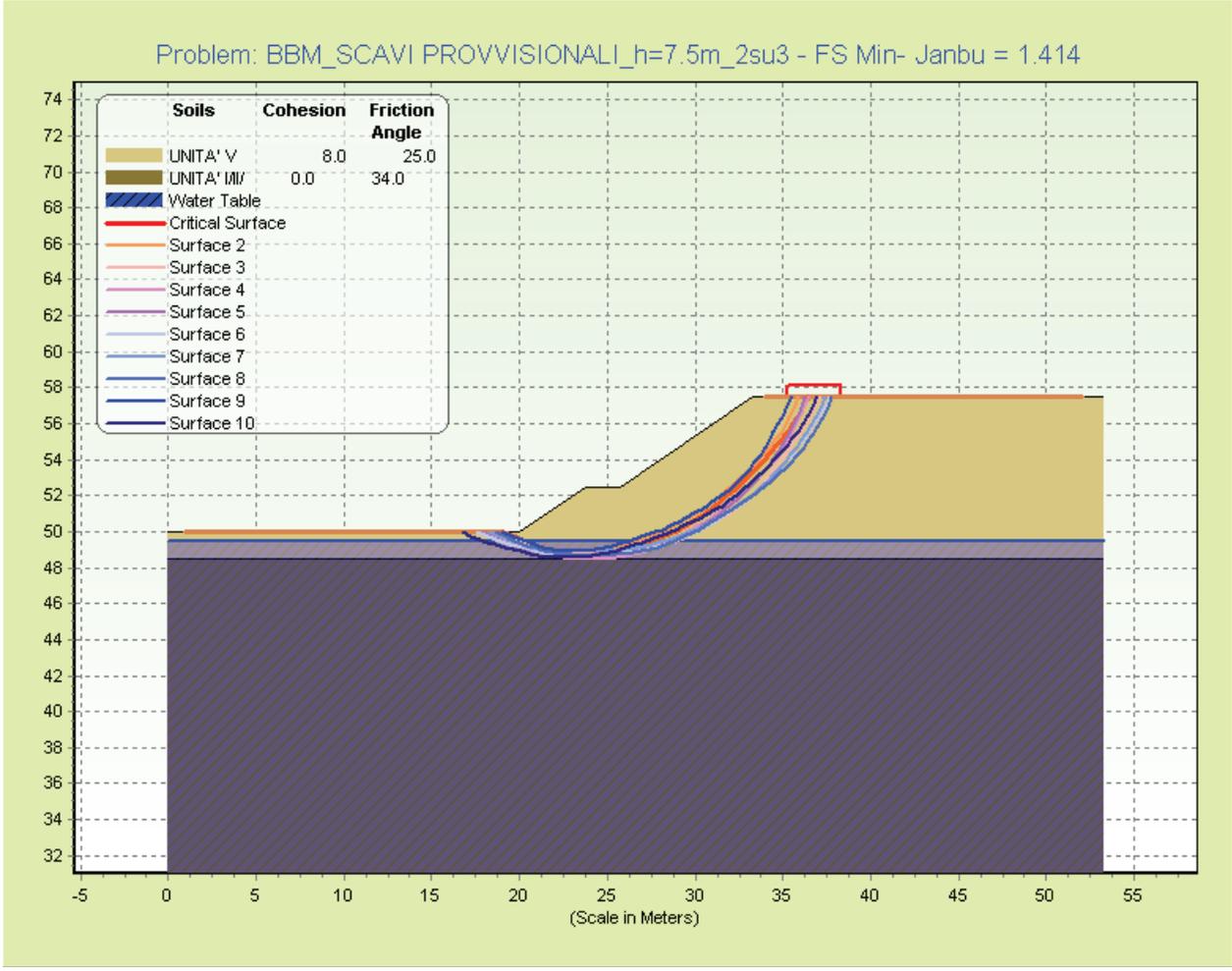


APPROVATO SDR

Figura 3.33 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 3, schema di scavo b) Breve Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA

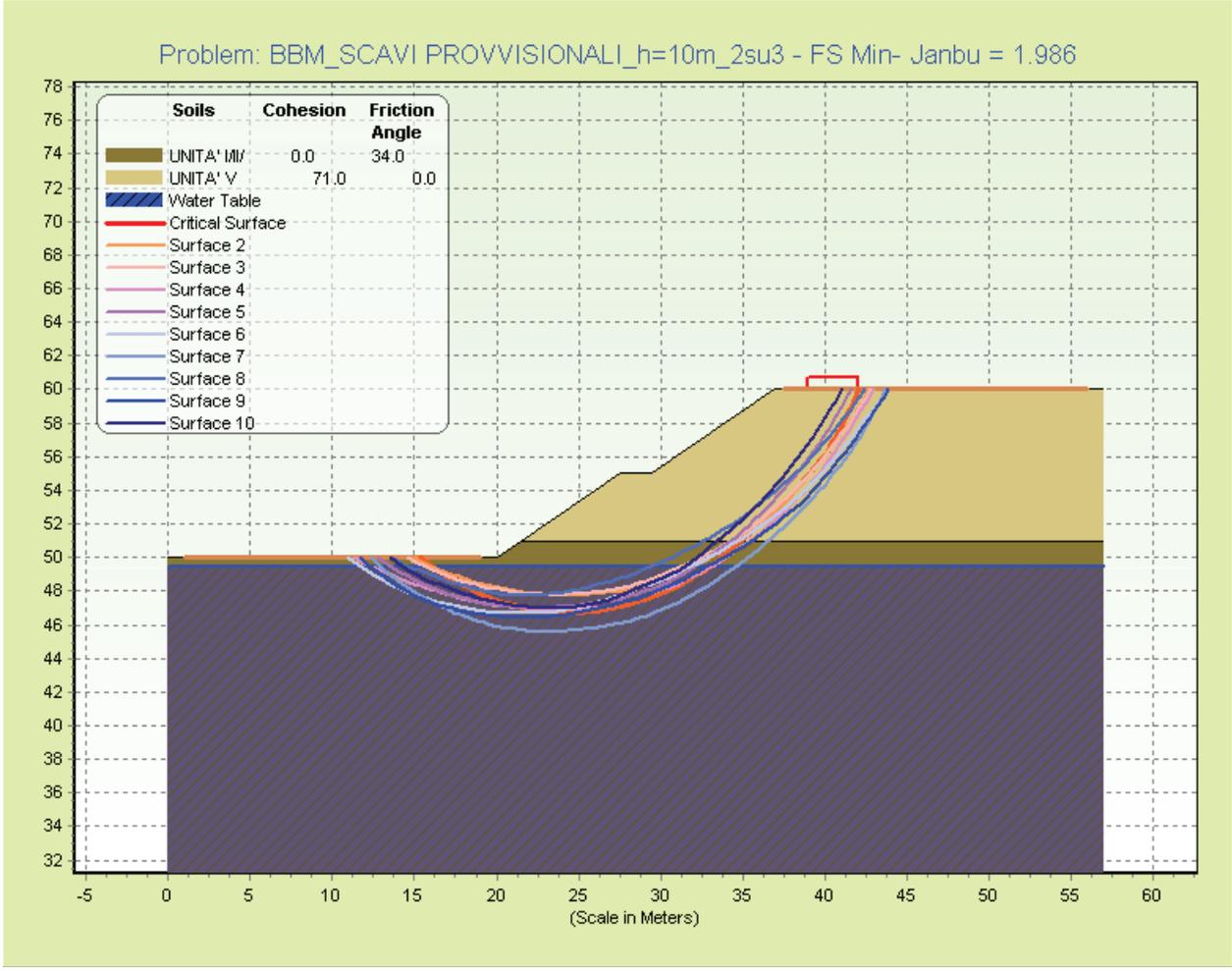




APPROVATO SDR

Figura 3.34 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 3, schema di scavo b) Lungo Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA

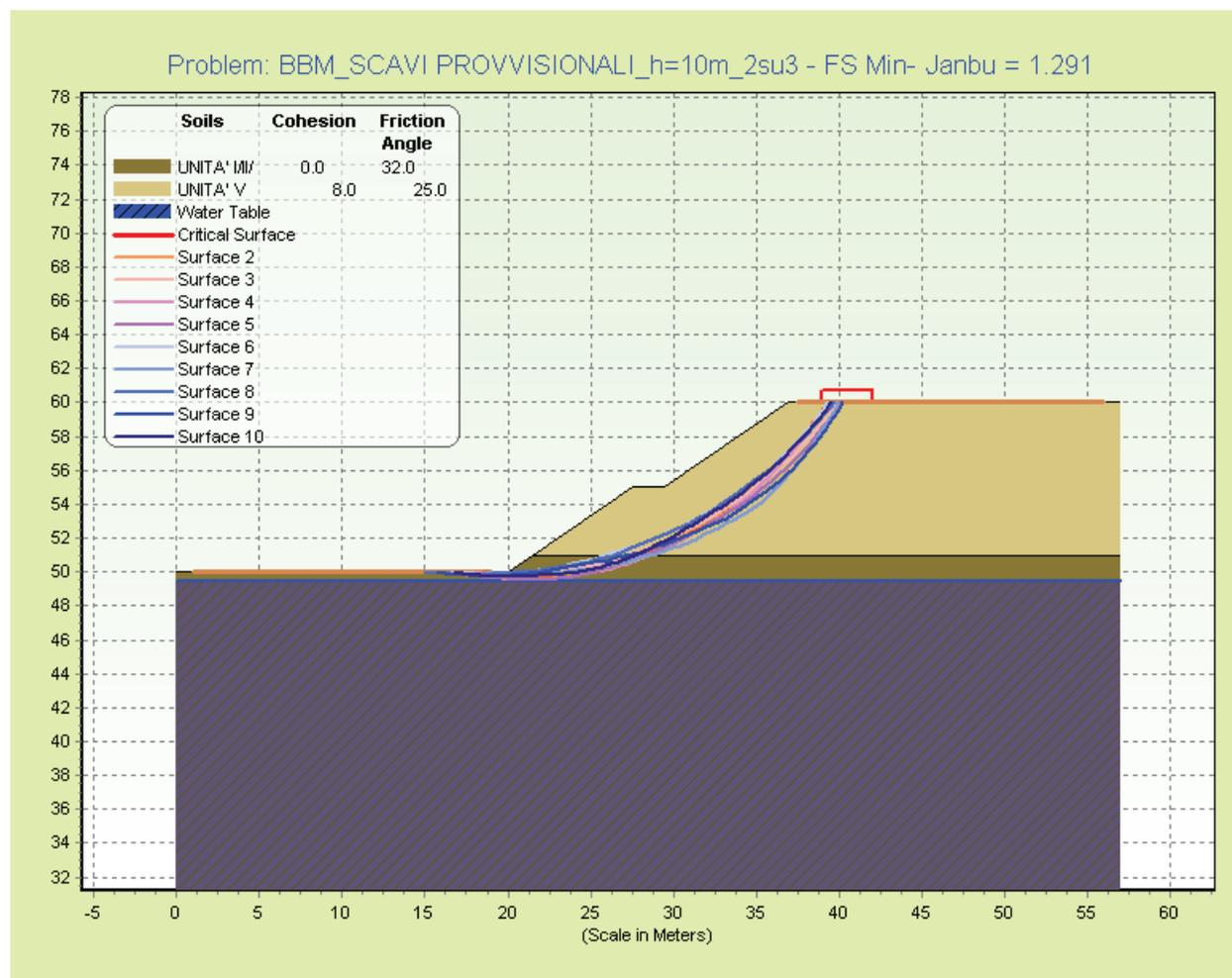


APPROVATO SDR

Figura 3.35 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 3, schema di scavo c) breve Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA





APPROVATO SDR

Figura 3.36 – Soluzione alternativa - Verifica geotecnica per la Tipologia 3, schema di scavo c) Lungo Termine.

Società di Progetto
Brebemi SpA



TIPOLOGICO	h _{scavo}	h _{falda}	1a parete		2a parete		R/Ed	
			h	V:H	h	V:H		
(-)	(m)	(m)	(m)	(-)	(m)	(-)	(-)	
1	1a_BT	5	5.5	5	1:1	-	-	1.66
	1a_LT	5	5.5	5	1:1	-	-	1.37
	1b_BT	7.5	8	5	1:1	2.5	1:1	1.53
	1b_LT	7.5	8	5	1:1	2.5	1:1	1.40
	1c_BT	10	10.5	5	1:1	5	1:1	1.27
	1c_LT	10	10.5	5	1:1	5	1:1	1.30
2	2a_BT	5	5.5	5	1:1	-	-	1.42
	2a_LT	5	5.5	5	1:1	-	-	1.37
	2b_BT	7.5	8	5	1:1	2.5	1:1	1.36
	2b_LT	7.5	8	5	1:1	2.5	1:1	1.23
	2c_BT	10	10.5	5	1:1	5	1:1	1.28
	2c_LT	10	10.5	5	1:1	5	1:1	1.23
3	3a_BT	5	5.5	5	1:1	-	-	3.32
	3a_LT	5	5.5	5	1:1	-	-	1.26
	3b_BT	7.5	8	5	1:1	2.5	1:1	2.45
	3b_LT	7.5	8	5	1:1	2.5	1:1	1.20
	3c_BT	10	10.5	5	1:1	5	1:1	1.96
	3c_LT	10	10.5	5	1:1	5	1:1	1.11

Tabella 3.1 – Soluzione Base - Riepilogo risultati analisi di stabilità scavi provvisionali.

TIPOLOGICO	h _{scavo}	h _{falda}	1a parete		2a parete		R/Ed	
			h	V:H	h	V:H		
(-)	(m)	(m)	(m)	(-)	(m)	(-)	(-)	
1	1a_BT	5	5.5	5	2:3	-	-	1.48
	1a_LT	5	5.5	5	2:3	-	-	1.12
	1b_BT	7.5	8	5	2:3	2.5	2:3	1.45
	1b_LT	7.5	8	5	2:3	2.5	2:3	1.29
	1c_BT	10	10.5	5	2:3	5	2:3	1.17
	1c_LT	10	10.5	5	2:3	5	2:3	1.24
2	2a_BT	5	5.5	5	2:3	-	-	1.33
	2a_LT	5	5.5	5	2:3	-	-	1.12
	2b_BT	7.5	8	5	2:3	2.5	2:3	1.36
	2b_LT	7.5	8	5	2:3	2.5	2:3	1.26
	2c_BT	10	10.5	5	2:3	5	2:3	1.28
	2c_LT	10	10.5	5	2:3	5	2:3	1.21
3	3a_BT	5	5.5	5	2:3	-	-	3.46
	3a_LT	5	5.5	5	2:3	-	-	1.47
	3b_BT	7.5	8	5	2:3	2.5	2:3	2.41
	3b_LT	7.5	8	5	2:3	2.5	2:3	1.41
	3c_BT	10	10.5	5	2:3	5	2:3	1.99
	3c_LT	10	10.5	5	2:3	5	2:3	1.29

Tabella 3.2 – Soluzione alternativa -Riepilogo risultati analisi di stabilità scavi provvisionali.

Soluzione Base			
Scarpate con pendenza V:H = 1:1			
TRATTA		TIPOLOGICO	$h_{scavoMAX}$
da	a	(-)	(m)
0+000	2+150	1a,b,c	10
2+150	4+000	1a,b,c	10
4+000	5+840	2a,b,c	10
5+840	7+913	3a,b,c	10

Tabella 3.3 – Soluzione Base - Riepilogo risultati analisi di stabilità scavi provvisionali

Soluzione Alternativa			
Scarpate con pendenza V:H = 2:3			
TRATTA		TIPOLOGICO	$h_{scavoMAX}$
da	a	(-)	(m)
0+000	2+150	1a,b,c	10
2+150	4+000	1a,b,c	10
4+000	5+840	2a,b,c	10
5+840	7+913	3a,b,c	10

Tabella 3.4 – Soluzione Alternativa - Riepilogo risultati analisi di stabilità scavi provvisionali

TRATTA			SOLUZIONE			
			BASE		ALTERNATIVA	
da	a	TIPOLOGICO (-)	V:H (-)	$h_{scavoMAX}$ (m)	V:H (-)	$h_{scavoMAX}$ (m)
0+000	2+150	1a,b,c	1:1	10	2:3	10
2+150	4+000	1a,b,c	1:1	10	2:3	10
4+000	5+840	2a,b,c	1:1	10	2:3	10
5+840	7+913	3a,b,c	1:1	10	2:3	10

NOTA: L'applicabilità della soluzione "base" dovrà essere confermata attraverso opportuni campi prova che giustificano i parametri geotecnici utilizzati (si veda §4).

Per le tratte evidenziate, sarà in ogni caso necessario adottare scarpate con pendenza V:H=2:3.

Tabella 3.5 – Riepilogo soluzioni scavi provvisionali adottabili per tratta

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60401-00010-A00.doc	04RODII100010000000600A	00	59 di 66

4. DEFINIZIONE CAMPI PROVA

Di seguito vengono definite le caratteristiche e modalità d'esecuzione del campo prova necessario a verificare (preliminarmente, all'inizio dei lavori) la validità dei parametri geotecnici "di controllo" assunti al §2.2 per caratterizzare la matrice ghiaiosa-sabbiosa.

Il campo prova dovrà essere ubicato entro la seguente tratta del tracciato del raccordo SP.19 – tangenziale Sud di Brescia (Lotto0A):

- Campo prova Lotto 0A – Tra le Pk 3+500 e 4+000;

La tratta di cui sopra è stata selezionata sulla base dei risultati delle indagini geognostiche, allo scopo esplorare aree caratterizzate dalla presenza di materiali di sottofondo esclusivamente ricadenti nelle unità I, II III e IV (matrice ghiaiosa-sabbiosa), di gran lunga più critici dei depositi coesivi.

Nel caso in cui la prima fase di scavo (punto 2 seguente) evidenzi la presenza di significative lenti o spessori di materiali limosi-argillosi (spessore $\geq 0.5\text{m}$), si dovrà scegliere una diversa ubicazione del campo prove.

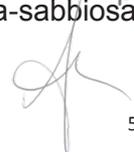
Il campo prova dovrà essere programmato in accordo alle seguenti fasi:

- 1 – Preparazione del piano di lavoro con eventuale scotico del materiale vegetale superficiale;
- 2 – Apertura di uno scavo secondo lo schema riportato in **Figura 4.1** – passo 1 (altezza di scavo 5m, pendenza della scarpata 1:1). Lo scavo dovrà estendersi su un'area a pianta quadrata con lato (a fondo scavo) pari ad almeno 15m;
- 3 – Attesa 24 ore e verifica della stabilità dello scavo con documentazione fotografica che attesti la successione stratigrafica effettivamente incontrata e la correttezza della geometria di scavo. La documentazione fotografica dovrà essere presa sia al completamento dello scavo che alla fine del periodo di 24ore;
- 4 – Incremento dell'inclinazione di una delle pareti di scavo fino a raggiungere pendenza del fronte di scavo pari a V:H=5:4 (si veda **Figura 4.1** – passo 2).
- 5 – Attesa 24 ore e verifica della stabilità dello scavo con documentazione fotografica che attesti la successione stratigrafica effettivamente incontrata e la correttezza della geometria di scavo. La documentazione fotografica dovrà essere presa sia al completamento dello scavo che alla fine del periodo di 24ore;
- 6 – Ripetizione dei punti 5 e 6 con incrementi di inclinazione come definiti in **Tabella 4.1** e **Figura 4.1** fino al raggiungimento del collasso o di scavo a parete verticale. L'eventuale geometria della superficie di rottura dovrà essere identificata e documentata fotograficamente.

Tutti gli scavi dovranno essere eseguiti a mezzo di un escavatore avente braccio sufficientemente lungo da poter effettuare le fasi di scavo a distanza di sicurezza.

I risultati del campo prova verranno utilizzati per definire attraverso analisi inversa le coppie di parametri di resistenza caratteristici (ϕ'_k e c'_k) dell'unità ghiaiosa-sabbiosa

Società di Progetto
Brebem SpA



	Doc. N. 60401-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000600A	REV. 00	FOGLIO 60 di 66
---	--------------------------------	---	------------	--------------------

compatibili con le pendenze di scavo effettivamente riscontrate in sito al momento del collasso.

Nel caso in cui i valori caratteristici di resistenza ottenuti dall'analisi inversa siano uguali o superiori a quelli ipotizzati al §2.2, si potranno utilizzare (dove applicabili, vale a dire per le tratte in cui è applicabile il tipologico stratigrafico 1 e 2) le pendenze di scavo relative alla soluzione "base" di cui al §2.3.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



60

Passo (-)	H _{scavo} (m)	V:H (-)
1	5	5:5
2	5	5:4
3	5	5:3
4	5	5:2
5	5	5:1
6	5	5:0

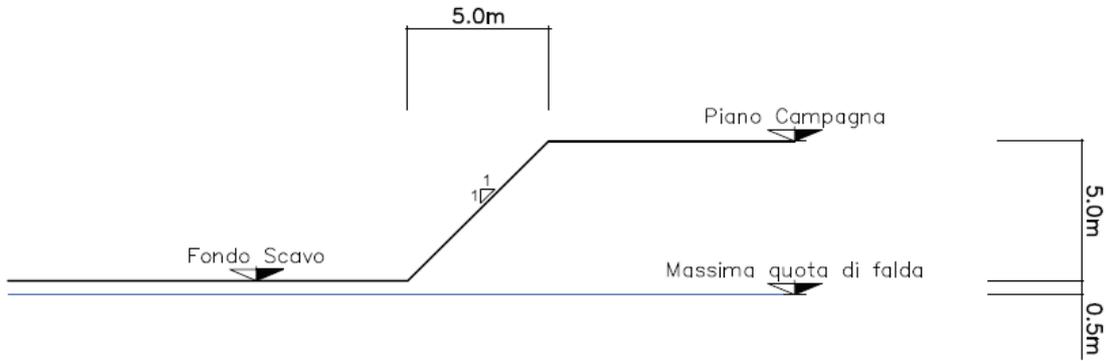
Tabella 4.1 – Caratteristiche dei passi di scavo previsti per il campo prova

APPROVATO SDP

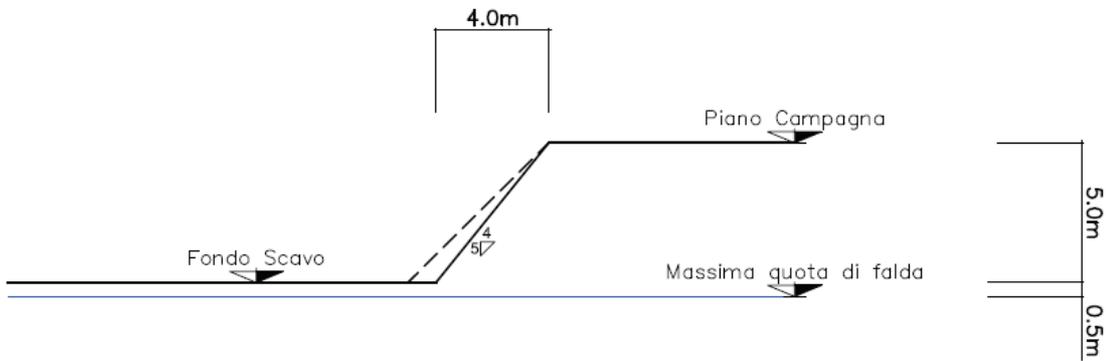
Società di Progetto
Brebemi SpA



Passo 1



Passo 2



Passo 3

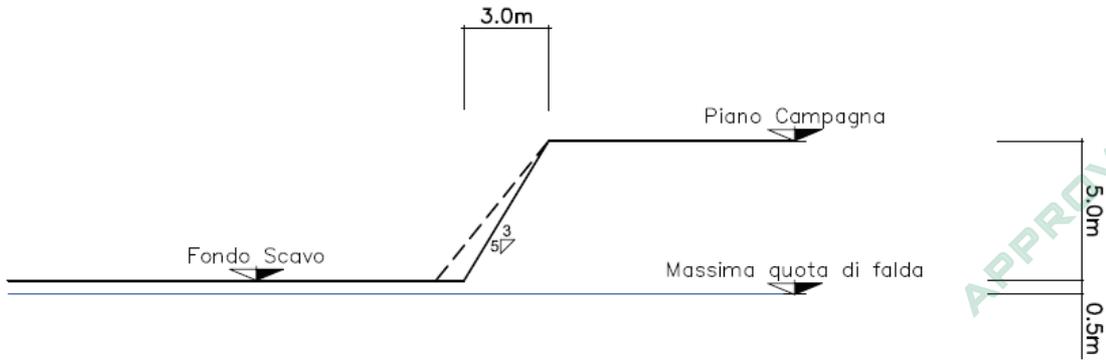


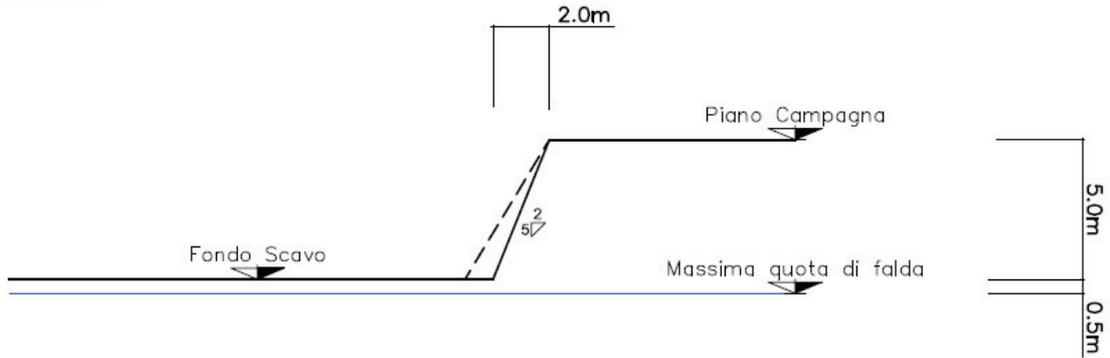
Figura 4.1 – Campo prova: definizione successivi passi di scavo (1su2)

APPROVATO SDR

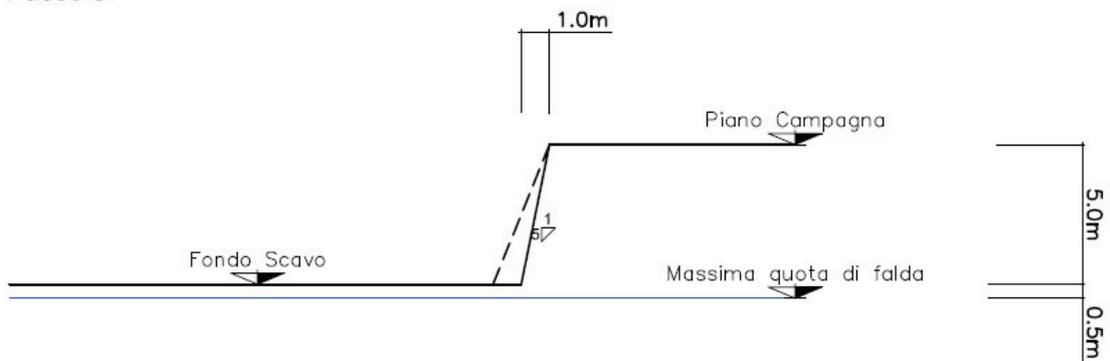
Società di Progetto
Brebemi SpA



Passo 4



Passo 5



Passo 6

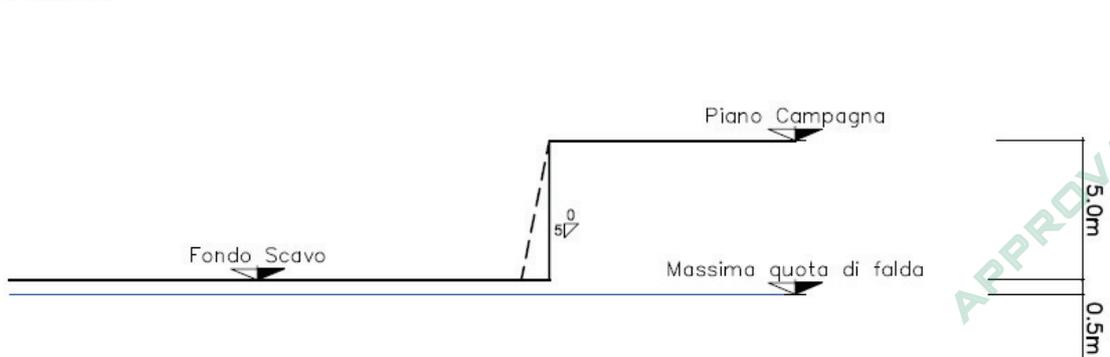


Figura 4.1 – Campo prova: definizione successivi passi di scavo (2su2)

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60401-00010-A00.doc	04RODII100010000000600A	00	64 di 66

5. BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

5.1 Normative e raccomandazioni

5.1.1 D.M. 14/1/08 - "Norme tecniche per le costruzioni – Testo Unico";

5.2 Documentazione di progetto

5.2.1 Consorzio B.B.M. – Interconnessione A35-A4 – Progetto Definitivo "Geotecnica - Relazione Geotecnica Generale"

5.2.2 Consorzio B.B.M. – Interconnessione A35-A4 – Progetto Definitivo "Parte Generale – Geotecnica - Addendum alla Relazione Geotecnica - Indagini Geognostiche in sito / Prove di laboratorio"

5.2.3 Consorzio B.B.M. – Interconnessione A35-A4 – Progetto Definitivo "Parte Generale – Geotecnica - Relazione metodologica"

5.2.4 Consorzio B.B.M. – Interconnessione A35-A4 – Progetto Definitivo "Parte Generale – Geotecnica - Profilo Geotecnico longitudinale con nuovo asse autostradale-Lotto0A" 6 tavole

5.2.5 Consorzio B.B.M. – Interconnessione A35-A4 – Progetto Definitivo "Corpo Autostradale – Parte generale – Capitolato Speciale – Parte tecnica – Opere civili"

5.3 Riferimenti bibliografici

5.3.1 Berardi R., Lancellotta R., "Stiffness of Granular Soils from Field Performance" ; 1991, Geotechnique

5.3.2 Renato Lancellotta - Geotecnica – II edizione – Zanichelli – 1993

5.3.3 Berardi R., "Non linear elastic approaches in foundation design" ; 1999, Pre-Failure Deformation Characteristics of Geomaterials, Torino, Balkema

5.3.4 Skempton, A. W. (1986), "Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation". Geotechnique 36, n°2

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60401-00010-A00.doc	04RODII100010000000600A	00	65 di 66

5.3.5 Jamiolkowski M., Ghionna V.N., Lancellotta R., Pasqualini E. (1988) – “New correlations of penetration tests for design practice”, Proceedings of I International Symposium on Penetration Testing, ISOPT I, Orlando

5.3.6 Naval Facilities Engineering Command (1986) “ Design Manual 7.02 – Foundation & Earth Structures” 200 Stovall Street – Alexandria, Virginia 22332-2300

5.3.7 Burland, J.B., Burbidge, M.C. (1985) "Settlement of Foundations on Sand and Gravel"- Proc. Inst. Civ. Engrs., Part 1, 78, 1325-1381

5.3.8 R.Paolucci, A.Pecker (1997) “ Seismic bearing capacity of shallow strip foundations on dry soils” Soil and Foundations Vol. 37, No. 3, 95-105, Sept. 1997

5.3.9 D.M.Burmister, “The General Theory of Stresses and Displacement in layered systems”, Jurnal of applied physics, vol.16 February 1945

5.3.10 Schmertmann, J.H. (1975), “Measurement of in situ shear strength, keynote lecture, Proceedings of the conference on in-situ measurement of soil properties”, June 1-4, 1975, vol. II, American Society of Civil Engineers.

5.3.11 www.ingv.it – sito Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia

5.3.12 CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION, “The design and construction of sheet-piled cofferdams”, CIRIA and Thomas Telford, London, 1993, 85pp. ISBN 0 7277 1980 7, London, 1993, 85pp

5.3.13 Timoshenko S.P. and Gere J.M., “Theory of Elastic Stability”, McGrawHill, 1961

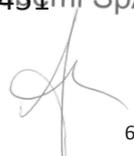
5.3.14 Jamiolkowski M., Ladd C. C., Germaine J.T., Lancellotta R.. (1985) – “New development in Field and Laboratory testing of Soils”, Proceedings of 11th international conference on soil mechanics and foundation engineering

5.3.15 Mesri, G. and MEM Abdel-Ghaffar (1993). "Cohesion intercept in effective stress stability analysis," J. Geotech. Eng., ASCE, 119, No. 8, pp. 1229-1249.

5.3.16 EPRI EL-6800, “Manual on estimate Soil properties for foundation design” 1990

5.3.17 Salgado, Bandini, Karim, “Shear strength and Stifness of Silty Sand”, Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering, May 2000/451
 Società S.p.A. 6/451

APPROVATO SDR



	Doc. N. 60401-00010-A00.doc	CODIFICA DOCUMENTO 04RODII100010000000600A	REV. 00	FOGLIO 66 di 66
---	--------------------------------	---	------------	--------------------

5.4 Programmi di calcolo

5.4.1 SlopaCAD ver 3.23.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



66