

loc.tà Sant'Antioco

Traversa sul "Riu Cherchelighes" a valle delle sorgenti di Sant'Antioco

AUTORIZZAZIONE ALLA PROSECUZIONE DELL'ESERCIZIO AI SENSI DELLA L.R. 12/2007 (art. 26 approvazione tecnica in sanatoria)

Responsabile AREA TECNICA: Geom. Aldo CORATZA
Responsabile del Procedimento: Geom. Aldo CORATZA
Progettisti Responsabili: Dott. Ing. Andrea LOSTIA
Dott. Geol. Tiziana CARRUS

SOGGETTO INCARICATO

SOE Sud Ovest Engineering S.r.l.

Ingegneria
Architettura
Urbanistica
Ambiente
Territorio
Green energy
Consulting engineering
Servizi integrati di outsourcing
Engineering and contracting
Direttore Tecnico: Dott. Ing. Andrea Lostia

Vale Marconi n. 87, 09131 CAGLIARI
Codice fiscale e partita IVA: 03454150925
Capitale Sociale 10.000,00 € i.v.
Tel./Fax: 070.8571341
sudovestengineering@gmail.com
soesrl@legalmail.it
www.sudovestengineering.it

U.O. - Servizio Tecnico
Dott. Ing. Andrea Lostia
Dott. Geol. Tiziana Carrus
Dott. Ing. Simona Borea

COMUNE DI SCANO DI MONTIFERRO
AREA TECNICA - SERVIZIO LAVORI PUBBLICI



RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTEGNICA

ELABORATO B		TAVOLA		SCALA		ALLEGATO
COMMESSA 2016_27 (1627)		APPROVAZIONE		REVISIONE/RIAPPROVAZIONE		APPROVAZIONE DEFINITIVA
livello	emissione	data	redazione	verifica	approvazione	VISTO COMMITTENTE
fattibilità	00		t. carrus	a. lostia	a. lostia	

INDICE

PREMESSA	2
QUADRO NORMATIVO	3
INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
SISMICITA' DELL'AREA	7
PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA	9
ANALISI DELLO STATO DI FATTO	11
INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	13
MODELLO GEOLOGICO LOCALE.....	15
CARATTERI GEOMORFOLOGICI LOCALI	18
CARATTERISTICHE CLIMATOLOGICHE	22
USO DEL SUOLO	24
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	26
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA LOCALE (MODELLO GEOTECNICO)	29
ANALISI DI STABILITA' TRAVERSA-INVASO	33
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	35
ALLEGATI	35

PREMESSA

La presente relazione è parte integrante della documentazione tecnica ed amministrativa necessaria al proseguimento del procedimento di approvazione tecnica in sanatoria ex art. 26 della L.R. 12/2007, dello sbarramento e del relativo invaso in località "Sant'Antioco" in agro di Scano di Montiferro. L'invaso in località "Sant'Antioco" è generato da uno sbarramento in calcestruzzo classificato ai sensi dell'art. 3 dell'allegato A della L.R. n. 12/2007, come segue: Tipologia I (invasi e piccole dighe) - Categoria A – Sottocategoria A1 - Sbarramenti con altezza fino a 6 metri e con volume di invaso fino a 10.000 metri cubi.

L'obiettivo dello studio è quello di garantire la prosecuzione dell'esercizio dello sbarramento prevedendo le necessarie opere strutturali e complementari, in grado di garantire un adeguato livello di sicurezza e l'incolumità pubblica.

Per la realizzazione del presente studio il primo approccio è stato quello di esaminare la documentazione disponibile, costituente il progetto della traversa risalente all'anno 1958, con la realizzazione dei lavori iniziati nell'estate del 1960 e conclusi nel maggio del 1961.

Inoltre sono stati esaminati tutti gli strumenti pianificatori esistenti e/o adottati per individuare il materiale ritenuto utile come base di partenza per la caratterizzazione della zona di intervento, la documentazione esaminata è stata:

- Cartografia del P.U.C in adozione alla scala 1:10.000;
- il database del sito web della Regione Sardegna – Sardegna Geoportale (vincolistica, carte tematiche, foto aeree, P.A.I. ect.);
- il database del sito web Google Earth;

In seguito all'analisi della documentazione cartografica si è passati alla fase di verifica sul campo effettuando i sopralluoghi che hanno interessato il sito oggetto di studio, tramite indagini dirette con lo scopo di implementare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrologiche, idrogeologiche in possesso, ed elaborare un modello geologico e geotecnico per le verifiche del caso.

Per motivi logistici le indagini dirette si sono limitate ad una trincea e un pozzetto geognostico in sinistra idrografica, poiché l'indagine geofisica, per lo stato dei luoghi non si è riuscita ad eseguire.

La condizione ideale sarebbe stata quella di svuotare l'invaso ma il comune a causa di questo lungo periodo siccitoso, essendo indispensabile l'acqua per irrigazione per abbeverare il bestiame e per funzioni di antincendio, non ha consentito a tale richiesta.

QUADRO NORMATIVO

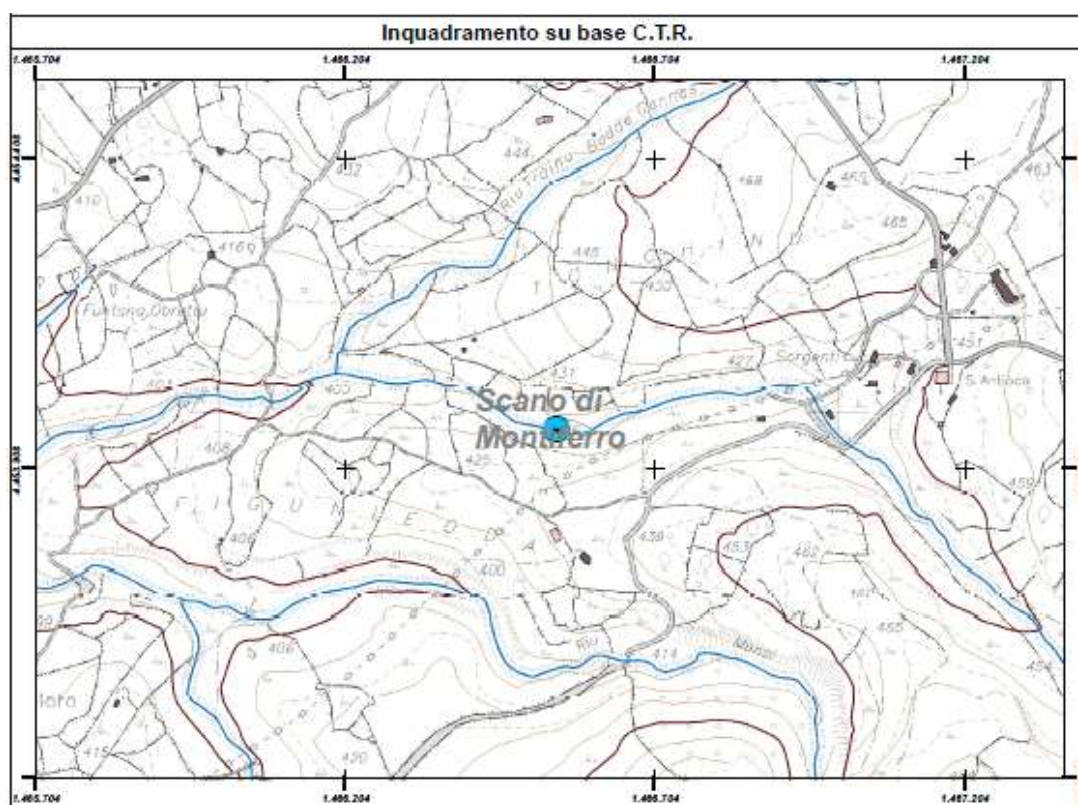
Il presente studio trova fondamento sulla normativa vigente con particolare riferimento a:

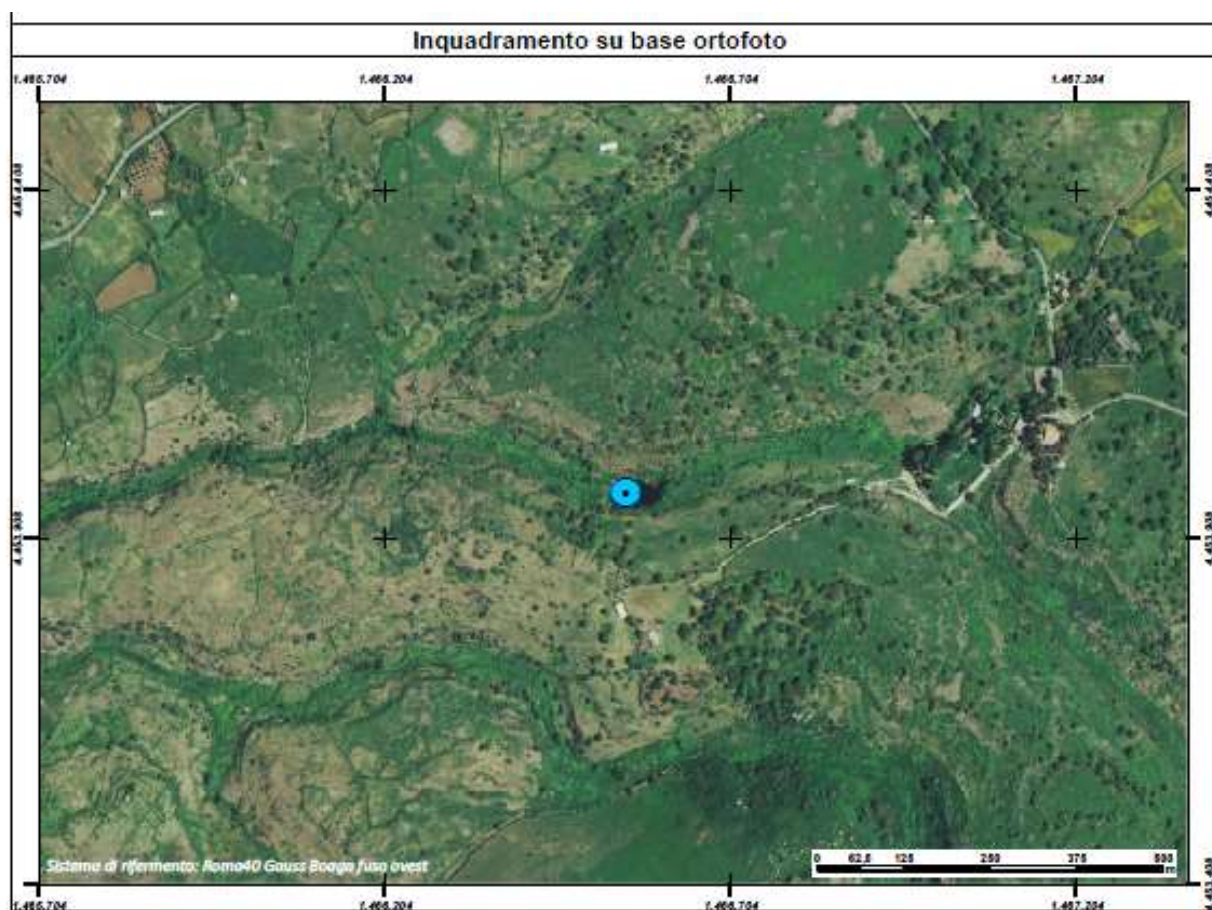
- D.M. 14/01/2008: Norme tecniche delle costruzioni e s.m.i.;
- Circolare 617 del 02/02/2009: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008";
- Piano Urbanistico Comunale e sue varianti,
- Piano Paesaggistico Regionale,
- Studio dell'Assetto Idrogeologico del territorio comunale ai sensi dell'art. 8, comma 2 del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna (P.A.I.),
- Piano per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna (P.A.I.) e relative varianti,
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.),
- D.Lgs 152/2006 s.m.i.;
- D.P.R. 380/2001;
- Legge Regionale 6 dicembre 2006, n. 19 - Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici;
- Legge Regionale 31 ottobre 2007, n. 12 - Norme in materia di progettazione, costruzione, esercizio e vigilanza degli sbarramenti di ritenuta e dei relativi bacini di accumulo di competenza della Regione Sardegna;
- Delibera della Giunta Regionale del 4 marzo 2008, n. 13/12 - D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152, art. 114 (dighe) - Approvazione delle "Linee guida per la predisposizione dei progetti di gestione degli invasi e per l'esecuzione delle operazioni" redatte in attuazione della DGR 28/39 del 26 luglio 2007;
- Delibera della Giunta Regionale del 23 aprile 2008, n. 24/23 - Direttive per lo svolgimento delle procedure di valutazione di impatto ambientale e di valutazione ambientale strategica;
- D.P.R. 1 novembre 1959, n. 1363 Approvazione del regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta;
- Decreto Min. LL.PP. 24 Marzo 1982;
- Circolare Min. LL.PP. 28 agosto 1986, n. 1125 - Modifiche ed integrazioni alle precedenti circolari 9 febbraio 1985, n. 1959 e 29 novembre 1985, n. 1391 concernenti sistemi d'allarme e segnalazioni di pericolo per le dighe di ritenuta di cui al regolamento approvato con D.P.R. 1° novembre 1959, n. 1363 - testo completo e aggiornato;
- Circolare Min. Int. 20 marzo 1987, n. 13 MI. PC. (87) 7 - Piani di emergenza per incidenti alle dighe di ritenuta di cui al regolamento approvato con D.P.R. n. 1363 dell'1/11/1959;
- Circolare Min. LL.PP. 4 dicembre 1987, n. 352 - Prescrizioni inerenti all'applicazione del regolamento sulle dighe di ritenuta approvato con decreto del Presidente della Repubblica 1° novembre 1959, n. 1363;
- Circolare Min. Int. 20 marzo 1987, n. 13 MI. PC. (87) 7 - Piani di emergenza per incidenti alle dighe di ritenuta di cui al regolamento approvato con D.P.R. n. 1363 dell'1/11/1959;
- D.P.R. 24 gennaio 1991, n. 85 (art. 24) - Regolamento concernente la riorganizzazione ed il potenziamento dei Servizi tecnici nazionali geologico, idrografico, mareografico, sismico e dighe nell'ambito della Presidenza del consiglio dei Ministri, ai sensi dell'art. 9 della legge 18 maggio 1989, n. 183;
- Legge 21 ottobre 1994, n. 584 - Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 8 agosto 1994, n. 507, recante: «Misure urgenti in materia di dighe»;
- Circolare Min. LL.PP. 19 aprile 1995, n. US/482 - Dighe di ritenuta - Competenze in materia di vigilanza sulla progettazione, la costruzione e l'esercizio;

- Circolare P.C.M. 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806 - Disposizioni attuative e integrative in materia di dighe;
- Decreto Min. LL.PP. 14 febbraio 1997 - Direttive tecniche per l'individuazione e la perimetrazione da parte delle Regioni delle aree a rischio idrogeologico;
- Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 (Titolo III, Capo IV e Capo VIII) - Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59;
- Circolare del Capo del Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali 16 giugno 1998, n. DSTN/2/12874 - Determinazione delle fasce di pertinenza fluviale di cui alla circolare 13/12/95 n. DSTN/2/22806;
- Circolare P.C.M. 7 aprile 1999, n. DSTN/2/7311 - Legge 584/1994. Competenze del Servizio nazionale dighe. Precisazioni;
- Legge 1° agosto 2002, n. 166 (art. 6) - Disposizioni in materia di infrastrutture e trasporti (art. 6: Disposizioni relative al Registro italiano dighe);
- D.P.R. 24 marzo 2003, n. 136 - Regolamento concernente l'organizzazione, i compiti ed il funzionamento del Registro italiano dighe - RID, a norma dell'articolo 91 del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112;
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 febbraio 2004 - Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale, statale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile; come modificata e integrata dalla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 25 febbraio 2005, Ulteriori indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale, statale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile, recanti modifiche ed integrazioni alla direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 febbraio 2004;
- Decreto Min. Ambiente e Tutela del Territorio 30 giugno 2004 - Criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi, ai sensi dell'articolo 40, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, e successive modifiche ed integrazioni, nel rispetto degli obiettivi di qualità fissati dal medesimo decreto legislativo;
- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (artt. 61, 114 e 133) - Norme in materia ambientale.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area oggetto del presente studio è individuabile nella Carta Topografica d'Italia in scala 1:25000, Foglio 497 sez. II – Bosa, e nella Carta Tecnica Regionale Numerica sez. 497160 denominata "Scano Montiferro" ed è localizzata, secondo la toponomastica della Sardegna, nel Montiferru. Più precisamente la traversa è situata circa 2.5 km a nord est dell'abitato di Scano di Montiferro, lungo il corso d'acqua del Rio Cherchelighes nella località denominata "S. Antioco", in cui a monte sono presenti delle sorgenti ad uso acquedottistico gestite dalla società Abbanoa S.p.a.. L'altitudine media è di circa 416-420 m s.l.m..





SISMICITA' DELL'AREA

Con riferimento alla classificazione sismica del territorio nazionale con l'Ordinanza D.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e la successiva n. 3519 del 28/04/2006 la Sardegna è stata classificata come zona sismica 4 "pericolosità molto bassa"; pertanto in funzione della tipologia dell'opera e ai sensi della D.G.R. della Sardegna n. 15/31 del 30.03.2004 (B.U.R.A.S. 21/08/2004 n. 27 - disposizioni preliminari in attuazione dell'Ord. P.C.M. 3274 del 20.3.2003) l'azione sismica è da ritenersi trascurabile.

Lo studio di pericolosità, allegato all'O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, integrato con il D.M. 14/01/2008, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.



1	$> 0,25$	0,35
2	$0,15 - 0,25$	0,25
3	$0,05 - 0,15$	0,15
4	$< 0,05$	0,05

Secondo l'allegato A del D.M. 14/01/2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, questo sarà sempre compreso fra 4 punti della griglia di accelerazioni (allegato B); tramite media pesata si otterranno i parametri spettrali a_g (accelerazione massima al suolo), F_0 (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) per la determinazione dell'azione sismica. In relazione all'ubicazione ed alle caratteristiche e funzione dell'opera, utilizzando il software gratuito della GeoStru, si sono ottenuti i parametri e i coefficienti spettrali normativi per i vari stati limite SLO, SLD, SLV, SLC. I coefficienti sismici utilizzati per le verifiche di stabilità sono quelli dello stato limite vita, riportati nella successiva tabella.

Parametri sismici

Sito in esame.

Sardegna: Scano di Montiferro

Classe: I

Vita nominale: 50

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T2
 Periodo di riferimento: 35 anni
 Coefficiente cu: 0,7

	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento	8 %	63 %	10 %	5 %
Tr	30 [anni]	35 [anni]	332 [anni]	682 [anni]
ag	0,019 g	0,020 g	0,045 g	0,055 g
Fo	2,610	2,628	2,855	2,930
Tc*	0,273 [s]	0,280 [s]	0,332 [s]	0,356 [s]

Coefficienti Sismici			
SLO	SLD	SLV	SLC
Ss: 1,500	Ss: 1,500	Ss: 1,500	Ss: 1,500
Cc: 1,610	Cc: 1,600	Cc: 1,510	Cc: 1,480
St: 1,200	St: 1,200	St: 1,200	St: 1,200
Kh: 0,006	Kh: 0,006	Kh: 0,015	Kh: 0,018
Kv: 0,003	Kv: 0,003	Kv: 0,007	Kv: 0,009
Amax: 0,328	Amax: 0,352	Amax: 0,798	Amax: 0,970
Beta: 0,180	Beta: 0,180	Beta: 0,180	Beta: 0,180

PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA

In riferimento al rischio idrogeologico la Regione Sardegna ha elaborato due piani cui bisogna rapportarsi per qualsiasi opera e/o intervento da realizzarsi.

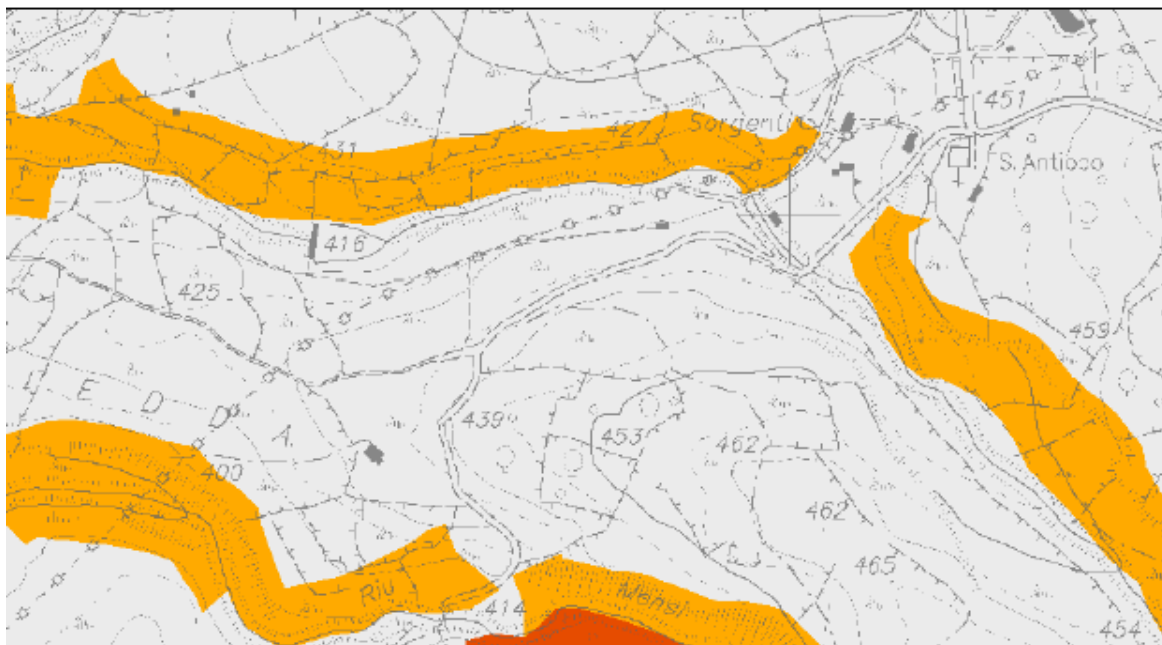
- Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), elaborato dalla Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183 e dalla L. 03.08.1998 n. 267, approvato con D.P.G.R. n. 67 del 10.07.2006 e aggiornato con D.P.G.R. 148 del 26.10.2012, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.
- Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) adottato con Delibera n.1 del 20.06.2013 e con Delibera n.1 del 05.12.2013, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali; costituisce un approfondimento ed una integrazione del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
- Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) è stato approvato in via definitiva con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016. La direttiva 2007/60/CE è stata recepita in Italia dal D.Lgs. 23 febbraio 2010, n. 49, che introduce lo strumento di pianificazione e programmazione denominato Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), riferito alle zone ove possa sussistere un rischio potenziale significativo di alluvioni o si ritenga che questo si possa generare in futuro, da predisporre in ciascuno dei distretti idrografici individuati nell'art. 64 del D.lgs 152/2006.

Il Comune di Scano di Montiferro è ricompreso all'interno del bacino unico della Sardegna, sub-bacino n. 3 Coghinas-Mannu-Temo, così come individuato dal P.A.I. e dal P.S.F.F. della Regione Sardegna.

Nell'area in studio, nel versante in destra idrografica grava il vincolo inerente la pericolosità da frana media Hg2 approvato con Delib. Comit. Istit. n. 1 del 16.06.2015 "Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel sub bacino n°3 Coghinas-Mannu-Temo", ed in fase di adozione del PUC in adeguamento al PAI (art. 8 comma 2).

La zona di Sant'Antioco, più precisamente in dx idrografica del Rio Cherchelighes, è marginalmente interessata da aree a pericolosità da frana Hg2; lo stato di attività è da considerarsi naturalmente stabilizzato in cui sono presenti blocchi basaltici in posizione stabile e inglobati nella vegetazione che assicurano una stabilità generale.

Stralcio P.A.I. – SCALA 1:10000



Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

PERICOLOSITA_FRAA

-  Hg4 Hg4 Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali;
-  Hg3 Zone con frane quiescenti con tempi di riattivazione pluriennali
-  Hg2 Zone con frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche
-  Hg1 Zone con fenomeni franosi presenti o potenziali marginali
-  Hg0 Zone prive di pericolosità di frana

ANALISI DELLO STATO DI FATTO

La traversa fluviale è uno sbarramento che determina un sovrizzo contenuto del pelo libero della corrente a monte. In generale la finalità è essenzialmente quella di innalzare il livello liquido di monte e di stabilizzarlo per favorire la derivazione delle acque in questo caso per l'utilizzo irriguo.

Quando a suo tempo è stato realizzato il progetto si suppone sia stata scelta una zona in cui sia stato rispettato il concetto morfologico-economico, secondo il quale la traversa sia stata ubicata nel punto in cui può raccogliere il massimo volume d'acqua con la minor spesa. Le condizioni ideali affinché l'opera sia sostenibile e funzionale sono:

- Impermeabilità della soglia di imposta della traversa e dell'invaso;
- Solidità e stabilità del substrato di fondazione della traversa;
- Stabilità dei versanti soprastanti la traversa e l'invaso.

Nel caso in esame, dalle notizie acquisite tramite il progetto, l'unico dubbio a cui si rimandava in fase di realizzazione dell'opera era che nella sezione d'imposta il substrato roccioso fosse interessato da fessurazioni profonde le quali sarebbero state arginate con opere di ristagno.

Ad oggi l'unica problematica riscontrata sono le perdite alla base dell'opera, l'analisi conoscitiva e storica condotta ha portato ad asserire che dette perdite siano la conseguenza della fase realizzativa dell'opera; infatti la traversa è poggiata su un basamento di roccia e presumibilmente durante la sua realizzazione il piano di imposta a gradoni della fondazione è stato spianato con materiale sciolto (sabbia e ciottoli in posto) che nel tempo ha fatto sì che si formassero delle venute d'acqua alla base della traversa. In generale si può affermare la stabilità generale della struttura e dei terreni, confermata dalle verifiche effettuate.

Durante i vari sopralluoghi effettuati è stato eseguito un accurato esame visivo delle opere e dello stato di fatto in cui si trovano, come documentato con le fotografie che seguono.

VISTA TRAVERSA SIX IDROGRAFICA



VISTA TRAVERSA DEX IDROGRAFICA



VISTA TRAVERSA A VALLE



VISTA A VALLE



INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il contesto geologico di riferimento è rappresentato dagli eventi che hanno interessato il complesso vulcanico del Montiferru il quale si è evoluto dall'intersezione di tre sistemi di faglie a carattere regionale di direzione N NW-S SE (Graben del Campidano), NE-SW e E NE-W SW (Catena del Marghine), e N-S («Fossa Sarda»). In termini schematici, gli eventi geologici che lo hanno determinato vedono la messa in posto di prodotti dovuti al vulcanismo alcalicalcico «pre-Serravaliano» connesso alla collisione di placche litosferiche conseguente alla rotazione del blocco sardo-corso. Questa attività eruttiva è responsabile della messa in posto di vulcaniti a chimismo prevalentemente riolitico-andesitico (Serie «trachitoidi» e «andesitoidi»). Successivamente, nel corso della complessa evoluzione tettonica e sedimentaria del Rift sardo, una fase trasgressiva marina nel corso del Miocene medio determina la deposizione di sedimenti calcarei, attribuiti all'Elveziano. Infine si registra l'inizio di un nuovo ciclo vulcanico, nel corso del Pliocene superiore, responsabile della messa in posto di lave basaltiche e differenziate a carattere alcalino. Questa attività, avvenuta in concomitanza con una generale fase tettonica a carattere distensivo, è caratterizzata da un sollevamento di tipo differenziale responsabile della regressione marina meso-pliocenica con il conseguente sviluppo di attività deposizionali ed erosive in ambito continentale.

Le formazioni geologiche rappresentate in questo settore sono quindi per lo più di età terziaria e quaternaria.

Il vulcanismo oligocenico è caratterizzato in quest'area dalla messa in posto di due formazioni principali, note come Formazione «andesitoide» e Formazione «trachitoide». La prima è costituita prevalentemente da lave andesitiche che rappresentano il prodotto delle prime manifestazioni vulcaniche verificatesi nel corso dell'Oligocene; La seconda è rappresentata da facies ignimbritiche e tufacee in bancate e pareti verticali di colore rosso vivo.

Quando nel Miocene cessò l'attività vulcanica si ebbe l'ingressione del mare con la deposizione dei sedimenti calcareo marnosi e arenacei.

Nel corso del Pliocene superiore, in concomitanza con una fase tettonica distensiva, inizia la risalita e l'effusione di magmi attraverso sistemi di fratture con direzioni predominanti N-S, NE-SO, ed E-O e centri di emissione, con alternanza di fasi di stasi dell'attività vulcanica e con intensa erosione, con conseguente genesi e messa in posto di estese coperture conglomeratiche fluvio-torrentizie e di versante.

La maggior parte del territorio di Scano di Montiferru è occupato dai basalti della Planargia che impartiscono una morfologia tabulare con una pendenza verso Nord-Ovest, probabile senso di scorrimento della lava.

Questi basalti hanno colmato paleo depressioni appiattendolo il substrato costituito dalle vulcaniti oligoceniche e dai sedimenti miocenici.

Nel Pliocene si sono succedute diverse formazioni vulcaniche differenziate in base alle caratteristiche petrografiche e secondo diversi trend a partire dal magma originario, in funzione della posizione dei singoli "vulcani" lungo lineazioni tettoniche di importanza "regionale".

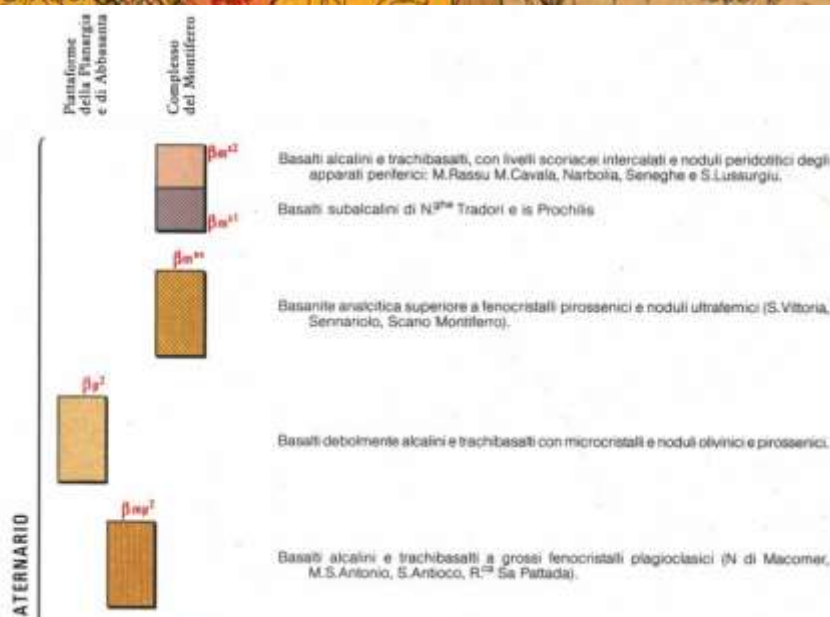
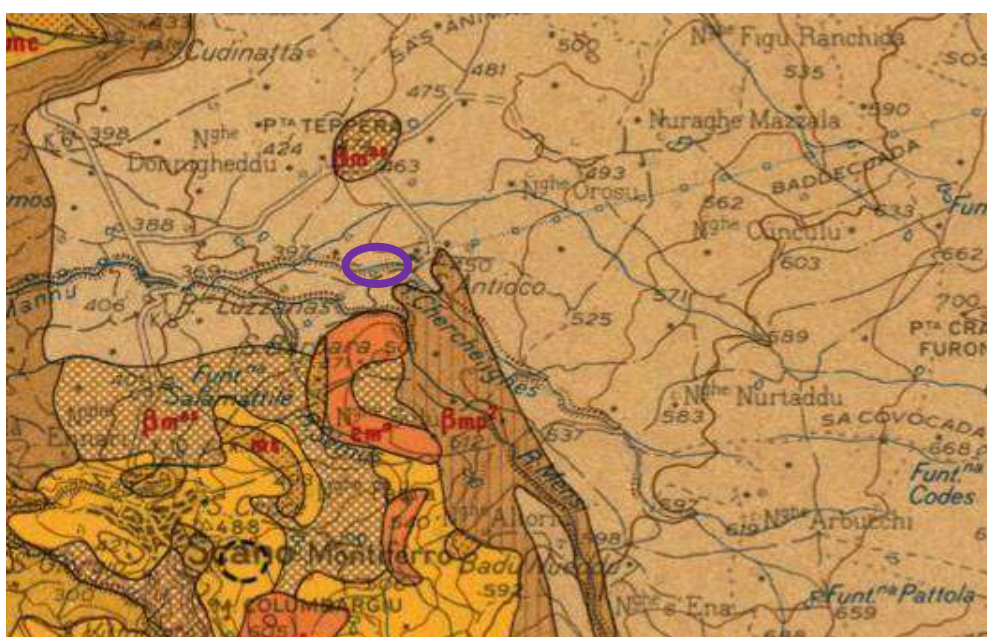
Queste vulcaniti si presentano in facies differenti (latit-basaltiche, alcalibasaltiche), molto compatte o bollose e scoriacee, con colori variabili dal grigio-ferro al grigio bruno ed al grigio rossastro, soprattutto dove appare evidente una intensa alterazione. L'effusione di queste lave sembra essere avvenuta prevalentemente attraverso fratture entro rocce incassanti rappresentate dalle basaniti e soprattutto dalle trachiti fonolitiche, come testimoniano i numerosi filoni litologicamente analoghi che, in evidenza morfologica per erosione selettiva, affiorano in diversi settori nella parte centrale del Montiferru.

La direzione dei filoni ricalca ovviamente quella dei lineamenti tettonici principali, per cui sono orientati in prevalenza con direzione NE-SO.

I basalti sono infatti lave molto fluide e quindi con una alta velocità di scorrimento, per cui possono espandersi per grandi estensioni mantenendo in genere un modesto spessore. Sono ancora aperte le discussioni sui fattori che hanno determinato le differenziazioni nelle emissioni basaltiche del Montiferru, anche se sembra prevalere l'opinione che queste siano dovute a cristallizzazione frazionata. Anche il periodo di emissione copre un arco di tempo piuttosto lungo: le serie iniziano infatti circa 4 milioni di anni fa con le basaniti analcitiche di base, prefontolitiche, per finire con le basaniti analcitiche superiori di Punta Teppera a nord di Scano ormai in tempi geologici recenti.

Il Quaternario è rappresentato da terreni di copertura di origine continentale. Lungo le incisioni dei corsi d'acqua sono presenti depositi alluvionali recenti, che non raggiungono mai grandi estensioni, data la scarsa ampiezza delle valli, e presentano generalmente spessori contenuti. Più cospicui e talvolta veramente notevoli, i mantelli detritici eluvio-colluviali di falda presenti sotto le scarpate rocciose e nei fianchi vallivi, con spessori di parecchi metri.

Stralcio carta geologica 1:100000 Fogli 205-206 *Capo Mannu Macomer*



MODELLO GEOLOGICO LOCALE

L'area vasta che caratterizza la località di S. Antioco e nello specifico la traversa fluviale è caratterizzata da una geologia che ricalca fedelmente le litologie basaltiche del Pliocene e i depositi alluvionali del Rio Cherchelighes.

Lo stato attuale dei luoghi non hanno reso semplice il rilevamento a causa della non accessibilità in alcuni punti a causa della fitta vegetazione e della presenza di blocchi basaltici.

La presenza del substrato basaltico si è riscontrata di sovente in tutta l'area circostante con affioramenti che degradano sino a valle in cui insiste la traversa. Nei versanti prospicienti la traversa sono stati rilevati dei banchi rocciosi, in cui sono state determinate delle prove di compressione uniassiale con lo sclerometro. Gli affioramenti individuati hanno un andamento a gradoni sia in sponda destra che sinistra, non presentano dei fronti estesi ed elevati, per cui la caratterizzazione dell'ammasso roccioso non è stata semplice. Di sovente sono stati individuati diversi blocchi di basalto in condizione naturalmente stabilizzata, in cui la possibilità di movimento si può considerare remota; situazione confermata anche dalle perimetrazioni a pericolosità da frana dell'anno 2015, studio PAI bacino Coghinas Mannu Temo.

La litologia basaltica si presenta con una colorazione grigio scura tendente al rossastro in presenza di alterazione per ossidazione, giacitura massiva e tessitura generalmente fine; nonostante ci siano diverse unità effusive (differenti da un punto di vista petrografico) da un punto di vista geomeccanico non mostrano sostanziali differenze, pertanto di seguito si parlerà solo di basalti.

Nei basalti i giunti di fessurazione sono stati prodotti dai fenomeni di contrazione che si sono verificati durante la solidificazione delle lave. L'orientamento della fessurazione è generalmente perpendicolare alla superficie delle colate e le fessure si sviluppano secondo un sistema a maglie poligonali che suddivide la roccia in solidi prismatici di forme geometriche. Questi giunti di raffreddamento si presentano chiusi in profondità ma tendono progressivamente ad allentarsi quando sono direttamente esposti, come per esempio in corrispondenza delle testate delle colate messe a nudo dall'erosione. In queste condizioni possono presentare materiali di riempimento costituiti generalmente da argille rossastre plastiche, dove una parte dei minerali delle argille mostrano reticolo espandibile.

Lungo il perimetro dell'invaso e a valle della traversa sono stati individuati dei grossi blocchi di basalto posizionati come protezione dall'erosione idrica.

Di sovente la litologia basaltica presenta uno strato superficiale di suolo di circa 40-60 cm costituito da materiale argilloso coerente con una certa plasticità; inoltre le caratteristiche generali del basalto tendono a scadere in corrispondenza dei livelli francamente scoriacei.

Al fine di accertare l'esatta stratigrafia d'impasto della traversa sono state eseguite delle indagini dirette che hanno riguardato l'esecuzione di un pozzetto geognostico (Pz1) a valle della vasca di laminazione e di una trincea (Tr1) in prossimità del muro di spalla sx.

Alla base del muro di spalla sx era stata già individuata una perdita, quindi con la trincea si è voluto appurare l'entità della perdita e capire anche l'andamento del piano di posa della fondazione; la presenza dell'acqua durante lo scavo non ha reso facile tale obiettivo.

Nella trincea (Tr1) sino alla profondità di circa 120 cm dal p.c. il materiale ritrovato in stato saturo, è costituito da ciottoli e ghiaia inglobati in una matrice sabbiosa argillosa debolmente plastica di colore marrone; mentre alla profondità di circa 130 cm è stato individuato un trovante di basalto impedendone la prosecuzione dello scavo.

Nel pozzetto geognostico (Pz1) dal p.c. sino a circa 100 cm è stata sempre riscontrata la presenza di ciottoli e ghiaia inglobati in una matrice sabbiosa argillosa debolmente plastica di colore marron scuro, oltre 100 cm un trovante basaltico che ne ha impedito l'avanzamento dello scavo.

In generale si può confermare l'andamento del substrato basaltico previsto nel progetto del 1958; infatti il piano di fondazione dell'opera era stato previsto a gradoni in funzione

dell'andamento del substrato roccioso il quale, in presenza di fessurazioni profonde sarebbe stato sistemato con opere di ristagno.

In generale la traversa e i muri di spalla non presentano cedimenti e lesioni ma delle infiltrazioni causate dall'erosione dell'acqua alla base delle strutture, poiché dal 1961 non è mai stato eseguito nessun intervento di manutenzione se non una semplice pulizia dell'invaso.

Le sponde dell'invaso non sono state rilevate poiché le stesse sono ricoperte da blocchi di basalto a difesa dell'erosione. In prossimità delle sponde sia in dx che sx idrografica sono stati individuati degli affioramenti, quindi per correlazione e l'andamento morfologico del terreno anche le sponde dovrebbero essere in roccia basaltica.

Le caratteristiche geologiche dell'invaso sono sempre riconducibili alla presenza del substrato basaltico, ricoperto da una coltre di depositi alluvionali che presentano degli spessori limitati viste le caratteristiche morfologiche dell'area. Nell'invaso non è da escludere la presenza di materiale melmoso.

Il modello geologico dell'area, dal più recente al più antico è costituito da:

- depositi alluvionali eterometrici legati alla dinamica del corso d'acqua costituiti prevalentemente da ciottoli, ghiaia in una matrice sabbiosa argillosa di materiale basaltico, campione prelevato durante l'esecuzione della trincea Tr1 ad una profondità di 1.2 dal p.c. (Olocene)
- Basalti debolmente alcalini olocristallini, porfirici, riscontrati ad una profondità variabile da 100-130 cm, ricoperti da depositi alluvionali. (Plio-Pleistocene)

trincea lungo muro di spalla sx idrografica



Pozzetto geognostico a valle della vasca di dissipazione



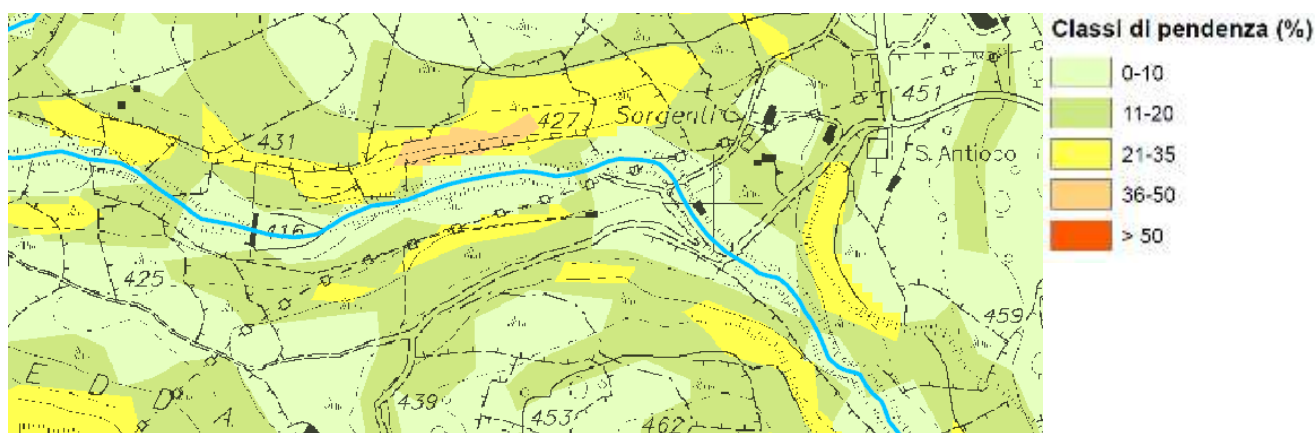
CARATTERI GEOMORFOLOGICI LOCALI

L'evoluzione morfologia della zona, nonché le forme individuate, sono state esaminate tramite le foto aeree della Regione Sardegna e da quanto osservabile sul terreno durante i vari sopralluoghi.

La zona in questione ricade interamente nel complesso geomorfico dei basalti del Plio-Pleistocene in cui l'assetto morfologico è legato a fattori strutturali e le direttrici tettoniche sono orientate secondo l'asse principale NE-SO.

La morfologia è caratterizzata da rilievi collinari a profilo tabulare incisi dai corsi d'acqua che presentano l'alveo con la classica forma a U oppure nei punti più acclivi formano delle strette gole con le forme a V.

L'invaso sotteso dalla traversa è inserito in una vallata con una forma ad U ad una quota di 416 m s.l.m. in cui le pendenze non superano valori del 10% e i versanti prospicienti hanno pendenze massime del 50 % e coincidono con delle scarpate che degradano verso valle.



In prossimità dell'area della traversa e dell'invaso si è riscontrata la presenza blocchi basaltici sparsi aventi dimensioni massime di circa 1 mc; da un'attenta analisi non si sono evidenziati possibili movimenti dei blocchi, poiché gli stessi si presentano in stato stabilizzato, inglobati in parte nel terreno e/o regimati dalla vegetazione. La genesi è da ricondurre a fenomeni di tipo gravitativo associati a crolli e ribaltamento che hanno interessato nel passato, e nel presente con dinamiche più lente, i bordi dei pianori basaltici; nell'area prospiciente la traversa non si sono individuati comunque dei fenomeni franosi attivi.

Il versante in sponda destra presenta una pendenza variabile dall' 11 al 25% evidenziando la presenza di piccole scarpate di limitata altezza ricoperte da una vegetazione folta e dalla presenza sporadica di blocchi di basalto in stato stabilizzato; nel versante in sponda sinistra le pendenze arrivano sino al massimo del 20%, anche qui si è riscontrata la presenza di blocchi di basalto in stato stabilizzato e alcuni affioramenti di limitata estensione.

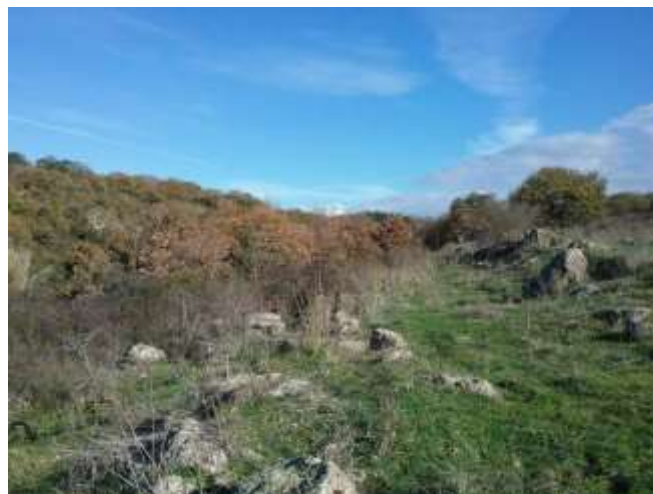
L'analisi geomorfologica denota una morfologia predominante dell'alveo con andamento leggermente sinuoso con incisione della valle con la forma a U, tipica delle litologie che oppongono resistenza all'azione erosiva; inoltre la presenza a tratti di roccia e comunque materiale grossolano diminuiscono l'erosione del fondo e le sponde presentano comunque stabilità grazie alla presenza di grossi blocchi basaltici. Il livello idrometrico rappresentato da quello associato alla massima portata (TR 1000 anni) può essere contenuto all'interno della curva di livello dei 420 m che denota la forma a U dell'alveo, senza il verificarsi di fenomeni di esondazione al di fuori delle sponde, così come si evince dai calcoli idraulici.

In generale i processi morfogenetici che hanno agito nella zona sono la degradazione meteorica, il dilavamento, l'erosione fluviale e dai fenomeni legati alla gravità.

- ✓ La degradazione meteorica agisce attraverso processi di origine fisica quali il crioclastismo determinato dalle pressioni esercitate dall'acqua sulle pareti fessurate del basalto, quando aumenta di volume nel momento del congelamento e in minor misura il termoclastismo a cui si associano variazioni di temperatura, prodotte dall'insolazione, che producono dilatazioni e contrazioni delle rocce. Queste azioni ripetute per lunghi periodi di tempo possono portare alla frantumazione dei materiali rocciosi che diventano instabili;
- ✓ Il dilavamento è causato dalle acque di pioggia che producono un'azione di impatto diretta dell'acqua sul terreno e anche lo scorrimento in superficie; viste le caratteristiche del suolo tale processo è limitato.
- ✓ L'erosione fluviale consiste in generale nell'asportazione dei materiali del fondo o delle sponde di un alveo fluviale. L'erosione di fondo (o degradazione) è quella che la corrente esercita sul fondo del fiume ed ha come risultato un progressivo abbassamento dell'alveo. L'alveo del rio Cherchelighes presenta un alveo con molti tratti rocciosi e con depositi alluvionali ciottolosi ghiaiosi di spessori comunque limitati, in cui l'azione erosiva è ridotta. L'erosione laterale o di sponda è quella che invece agisce sulle sponde a causa dell'azione della corrente combinata al manifestarsi di movimenti di massa. Essa può verificarsi in associazione o indipendentemente da quella di fondo. Nella fattispecie, le sponde in prossimità dell'invaso sono protette dall'erosione dai massi basaltici, anche se le stesse dovrebbero essere in roccia;
- ✓ I basalti sono contraddistinti dalla presenza di fessurazioni che conferiscono alla roccia caratteristiche di permeabilità secondaria e la rendono più soggetta all'azione erosiva degli agenti atmosferici. Le fratture favoriscono la formazione di blocchi di varie dimensioni che si distaccano per azione della gravità e si adagiano lungo le parti basse dei versanti e nei fondovalle. Questi fenomeni sono stati attivi nel passato in cui le condizioni climatiche erano differenti, per tale ragione e per la presenza di scarpate di altezza limitata (3 m) e di blocchi basaltici stabilizzati, ad oggi questi fenomeni si possono considerare naturalmente stabilizzati a meno di interventi antropici.

Nella remota eventualità in cui qualche blocco si dovesse mettere in movimento, in primis verrebbe bloccato da quelli posti a protezione lungo le sponde, e qualora questo non fosse sufficiente in ogni caso l'impatto con l'acqua presente nell'invaso non produrrebbe nessuna onda anomala, visto il modesto livello idrico.

Versante in sponda sinistra presenza sporadica di blocchi basaltici



Versante in sponda destra presenza sporadica di blocchi basaltici



Vista a valle della traversa presenza di blocchi basaltici



Attraverso l'analisi multi-temporale delle foto aeree RAS riferite ai diversi anni si evince l'evoluzione dello stato dei luoghi e la successiva realizzazione dell'opera:

- ✓ nel 1954 nella situazione ex ante si nota l'alveo e la dx idrografica del Rio Cherchelighes costituito da vegetazione, mentre la sponda in sx idrografica è libera dalla stessa;
- ✓ nel 1968 e nel 1977 l'invaso e la traversa sono realizzati, ma l'invaso è vuoto;
- ✓ nel 1998 la situazione è quella attuale ad invaso pieno.

Foto aerea 1954

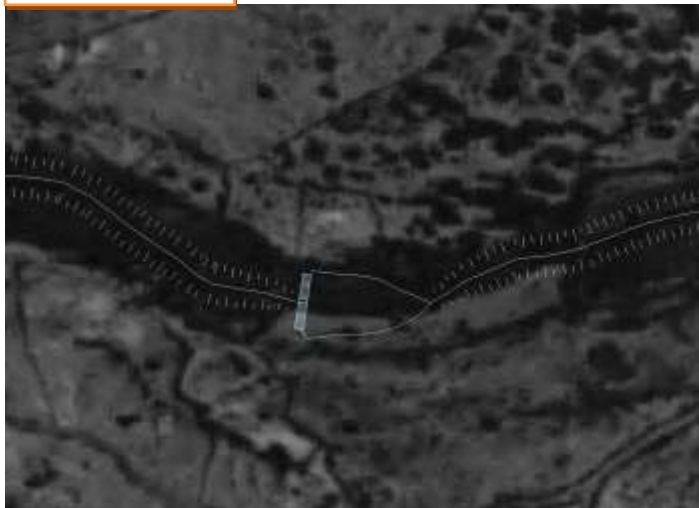


Foto aerea 1968

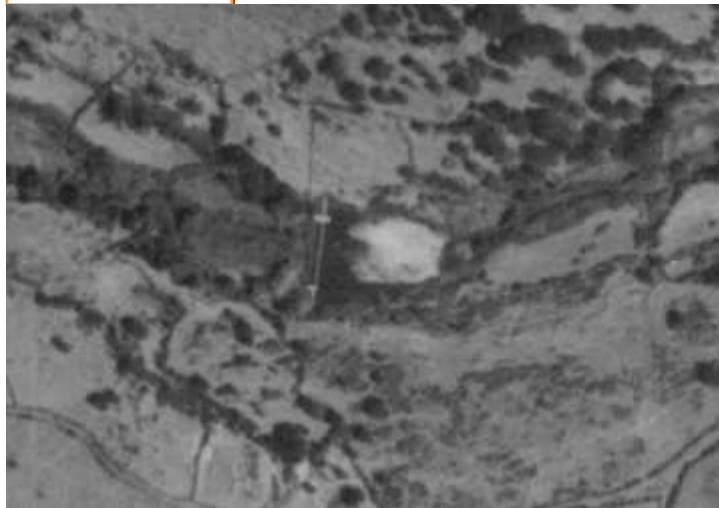


Foto aerea 1977

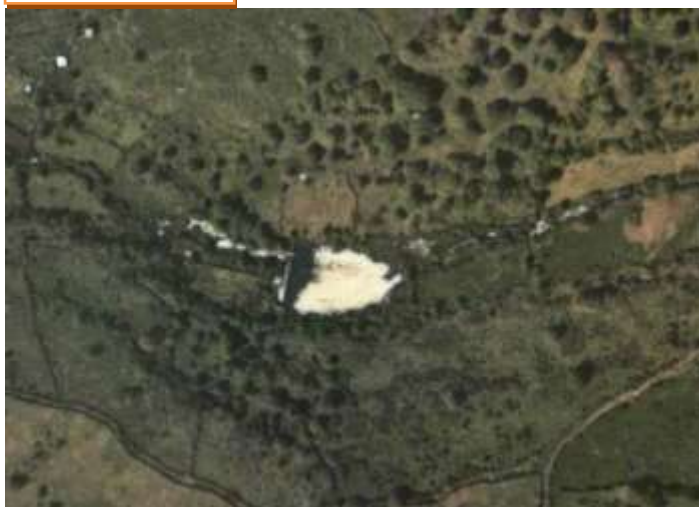


Foto aerea 1998



CARATTERISTICHE CLIMATOLOGICHE

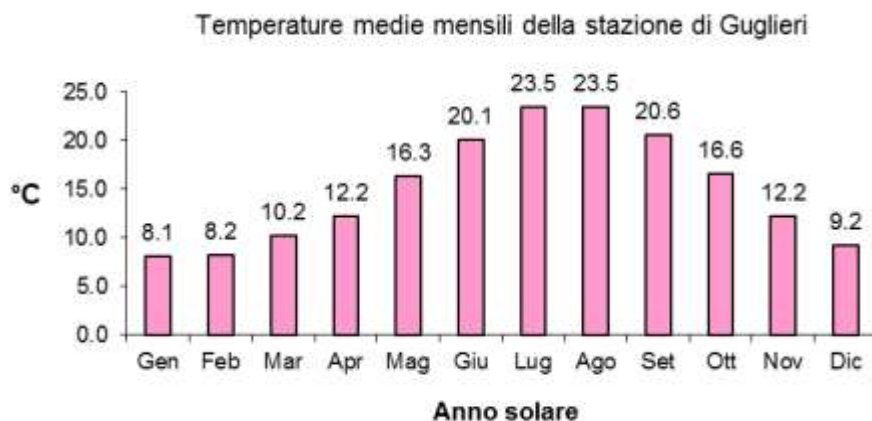
L'analisi delle condizioni termo-pluviometriche è stata eseguita utilizzando i dati rilevati dal SISS (Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna) nella stazione pluviometrica di Cuglieri, situata a una quota di 484.0 mt s.l.m, rappresentativa della zona oggetto di studio.

Partendo da questi dati ottenuti dalle medie di un settantennio di osservazione, è stato possibile calcolare il valore medio annuale delle precipitazioni che raggiunge i 792.7 mm.

L'andamento medio delle precipitazioni evidenzia che i mesi più piovosi sono novembre, dicembre, mentre il mese meno piovoso è Luglio.



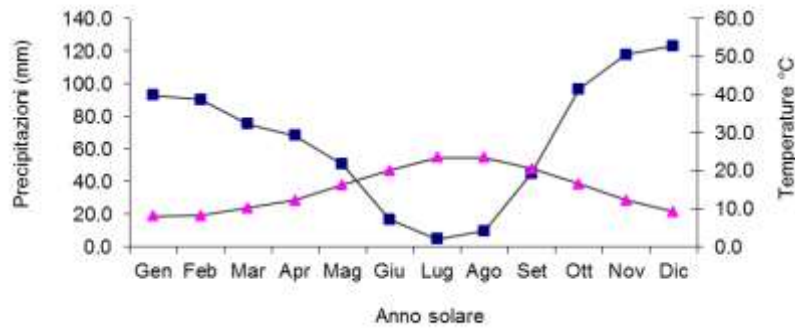
Il massimo valore della temperatura media si registra nei mesi di luglio e agosto con 23.5°C rispettivamente; il minimo valore della temperatura media, a gennaio con 8.1°C. La temperatura media annua è di 15.0°C.



Per comprendere meglio l'interdipendenza tra le temperature e l'umidità, è stato costruito un diagramma ombro-termico (secondo Bagnouls-Gaussen) rappresentante le precipitazioni mensili e le temperature.

Il diagramma, attraverso la larghezza dell'intervallo tra le due curve, evidenzia sia i periodi in cui si ha un prevalere delle precipitazioni sui consumi dovuti all'evapotraspirazione che i periodi in cui le perdite per evapotraspirazione superano gli afflussi. La stagione siccitosa, rappresentata dall'area racchiusa tra le due curve, inizia a fine Maggio e termina a metà Settembre. Durante questo periodo la quantità maggiore d'acqua che cade sul terreno evapora rapidamente a causa dei complessi fenomeni legati all'evapotraspirazione. Dall'andamento delle due curve si nota che l'alta temperatura atmosferica nei mesi estivi contribuisce a smaltire attraverso l'evapotraspirazione la quasi totalità delle acque superficiali.

Rapporto tra stagione piovosa e seccita stagione di Cuglieri



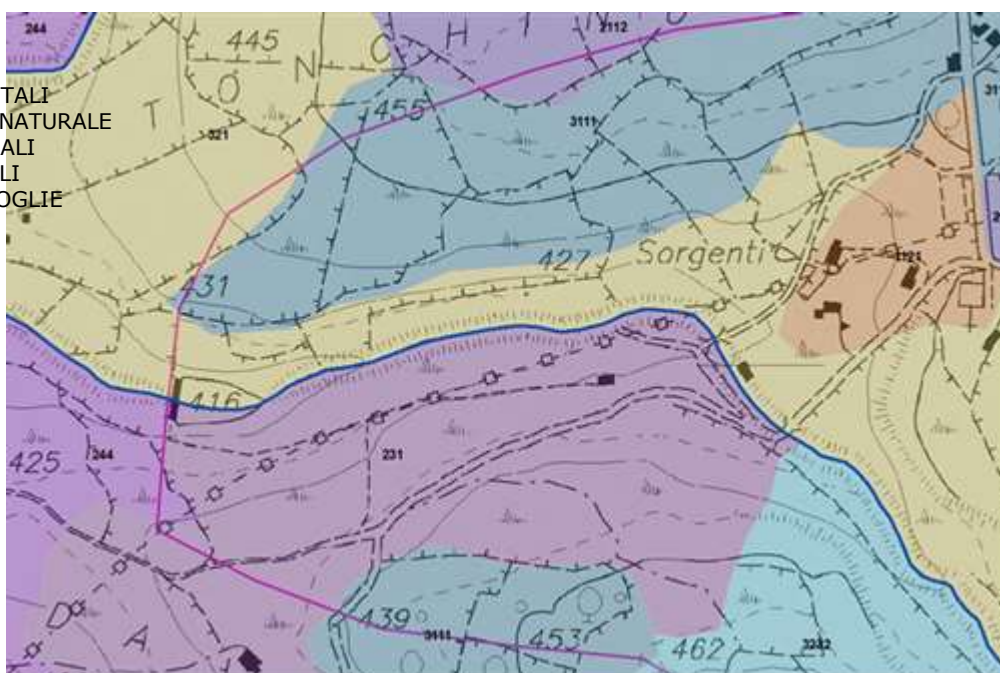
USO DEL SUOLO

Il suolo svolge numerose funzioni e presta servizi essenziali per le attività umane e la sopravvivenza degli ecosistemi. I fattori che creano un disequilibrio nell'ambiente consistono principalmente nel disboscamento, nell'indiscriminata attività antropica e negli incendi; comprensibilmente un'area denudata, o priva di vegetazione coprente, con una certa pendenza, è soggetta all'azione delle acque meteoriche e a fenomeni di ruscellamento superficiale. La mancanza di protezione offerta dalle chiome degli alberi e della stabilizzazione da parte degli apparati radicali rende il substrato alterato più soggetto ai fenomeni gravitativi; viceversa, la presenza di piante d'alto fusto concorre positivamente alla stabilità dei pendii. Come si evince nella zona limitrofa la traversa fluviale l'uso del suolo è destinato principalmente al pascolo naturale, prati stabili e boschi di latifoglie, quindi non soggetti ad aratura.

STRALCIO CARTA USO DEL SUOLO RAS 2008

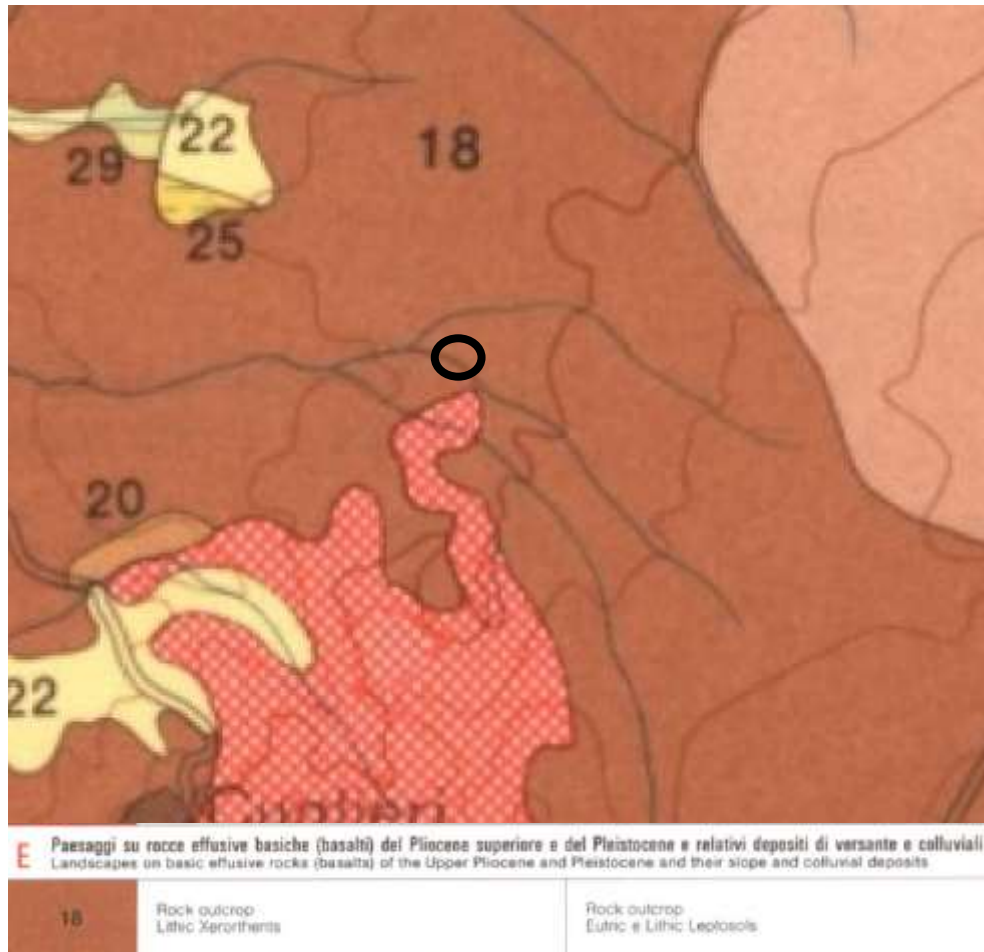
LEGENDA

- 231 PRATI STABILI
- 244 AREE AGROFORESTALI
- 321 AREE A PASCOLO NATURALE
- 1122 FABBRICATI RURALI
- 2112 PRATI ARTIFICIALI
- 3111 BOSCO DI LATIFOGIE
- 3232 GARIGA



I suoli caratteristici degli altopiani basaltici, sono del tipo Lithic Xerorthents, dove a tratti più o meno ampi gli affioramenti rocciosi si alternano a suoli a profilo A-R, con profondità modesta. La tessitura è franco argillosa, struttura poliedrica subangolare, eccesso di scheletro con possibilità di idromorfia quando il substrato è impermeabile.

STRALCIO CARTA DEI SUOLI RAS 1990



INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Idrografia superficiale

L'idrografia superficiale ricalca fedelmente le caratteristiche geologiche-strutturali delle litologie basaltiche, che sono impermeabili per natura ma presentano una permeabilità secondaria variabile in funzione dello stato di fessurazione della roccia.

Il reticolo idrografico è poco sviluppato con alvei poco approfonditi con energia del rilievo bassa. I corsi d'acqua seguono l'andamento delle faglie principali, che localmente comportano una maggiore erodibilità e disaggregazione della roccia. In genere nei basalti con morfologia tabulare l'acqua scorre lentamente in presenza di piogge prolungate e poco intense è favorita l'infiltrazione dell'acqua e la ricarica delle falde. Forme caratteristiche degli altopiani basaltici sono le depressioni denominate "Paulis", delle pozze d'acqua, che si formano in presenza di uno strato di alterazione di materiale argilloso che li rende impermeabili.

La traversa fluviale oggetto di studio è ubicata lungo il Rio Cherchelighes, il quale nasce nella località *Olighe Onna* ad una quota di 725 m s.l.m.. Poco più a valle della traversa a circa 360 m il rio Cherchelighes si interseca con il Rio Trainu Badde Cannas e da questa confluenza inizia il Rio Mannu.

L'andamento dell'asta fluviale è di tipo sinuoso con deflussi prevalentemente orientati in direzione NW-SE nel primo tratto, poi nei pressi della località di S. Antioco cambia seguendo un andamento WE; lungo il suo percorso ha pochi affluenti ma diverse sorgenti che sono state censite e misurate in occasione di altre studi fatti dal comune (anno 2014).

La sezione di chiusura del bacino corrisponde con l'imposta della traversa ed è caratterizzata dai seguenti parametri morfometrici:

BACINO RIU CERCHELIGHES	
SUPERFICIE (kmq)	16.07
LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)	9.16
PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE	0.032
PENDENZA MEDIA BACINO	0.34
ALTITUDINE MEDIA (m s.l.m.)	648.67
ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m s.l.m.)	416

Il bacino idrografico è impostato per il 90% circa della sua estensione su litologie basaltiche del Plio-Pleistocene, mentre la restante parte è costituita da depositi del Quaternario: depositi alluvionali lungo l'alveo inciso, coltri eluvio colluviali e depositi palustri (paulis).

Le pendenze del bacino idrologico sono in generale basse (0-10%) nella parte alta, dove le altimetrie vanno dai 600 m ai 750 m s.l.m., mentre dove l'alveo è più inciso, nei pressi della località Costa Murada si riscontrano valori medi (21-35%).

I deflussi sono condizionati dalle precipitazioni e dalle sorgenti presenti nella zona, di cui la più importante è la sorgente di S. Antioco poco a monte della traversa, ad utilizzo idropotabile dalla società Abbanoa.

La sorgente di Sant'Antioco è una delle più importanti della Sardegna per l'ottima qualità dell'acqua e per l'elevata portata che in periodo di magra si aggira sui 40 l/s, in periodo di piena 100 l/s, mentre il prelievo per uso acquedottistico si aggira intorno ai 26 l/s a servizio dei comuni di Scano di Montiferro e Sindia. La sorgente è del tipo di contatto, dovuta probabilmente al fatto che sotto i basalti affiorano nel sito le trachifonoliti, meno permeabili dei basalti e che quindi fungono da livello meno permeabile.

Durante i vari sopralluoghi (Dicembre-Luglio) si è potuto constatare che il deflusso delle acque lungo la traversa, varia in funzione delle precipitazioni, poiché durante il primo sopralluogo avvenuto a fine dicembre, con un autunno siccitoso, non si aveva lo sfioro dell'acqua sulla traversa anche se l'invaso comunque era pieno; a fine febbraio dopo le piogge e le nevicate si

è assistito nuovamente alla tracimazione dell'acqua, quindi sicuramente si è avuta una ricarica delle falde.

Il tutto è collegato probabilmente all'andamento delle precipitazioni che influiscono sulla ricarica delle sorgenti di Sant'Antioco, poiché le stesse nel periodo siccitoso in corrispondenza delle briglie presentavano una portata inferiore a quella riscontrata nei periodi non siccitosi, confermato anche dalle notizie reperite dagli operai comunali.

Circolazione sotterranea

La litologia basaltica presenta una permeabilità acquisita o secondaria per fessurazione che è caratterizzata soprattutto dal fatto che le vie di penetrazione e di circolazione dell'acqua nel sottosuolo sono rappresentate da fessure e condotti irregolari in cui l'acqua si muove secondo direzioni prestabilite ossia come in un sistema vascolare. Il grado di permeabilità dipende dalla dimensione delle fessure, dalla forma, dalla frequenza e dalla loro orientazione, con valori che variano da $10^{-2} \div 10^{-7}$ cm/s.

In queste rocce le quali si presentano insolubili, l'acqua circola lungo vie ben determinate, ma la sua azione sulle pareti delle fessure è molto modesta e spesso praticamente nulla, riducendosi ad un'azione meccanica che può avere effetti rilevanti solo nel caso di fessure originarie di notevole ampiezza. I prodotti di degradazione trascinati dalle acque di dilavamento nelle fessure tendono non di rado ad ostruire le più minute, quindi il grado di permeabilità se non rimane stazionario, tende il più delle volte a diminuire, in questo caso si parla di permeabilità decrescente.

Nel caso in cui le fessure originarie sono di ampie dimensioni e l'acqua sotterranea è di ingente quantità, l'erosione meccanica risulta rilevante e si possono originare delle cavità interne.

Nel caso dei basalti del Montiferru un fattore molto importante per capire lo stato di fessurazione è rappresentato da una serie di fratture con direzione NNO-SSE, fra loro ortogonali, che mettono in comunicazione in modo ottimale le fessure presenti primariamente nella roccia.

Da studi pregressi effettuati nel territorio, le sorgenti presenti nel territorio pare siano per la maggior parte costituite dal contatto delle rocce basaltiche, considerate permeabili, con quelle fonolitiche con una permeabilità scarsa, con notevoli accumuli idrici al contatto tra le due formazioni. Infatti lo schema idrogeologico può essere schematizzato in questo modo: le trachifonoliti si sono depositate prima dei basalti, presentano per lo più una giacitura a cupola o a domo, ma con l'emissione delle colate basaltiche sono state riempite le depressioni e le valli di queste rocce, formando degli altopiani.

Queste due litologie pur essendosi formate allo stesso modo e presentando pure una estesa rete di fratture, si differenziano tra loro poiché le trachifonoliti sono state interessate anche da episodi piroclastici e presentano spesso materiali di alterazione che tendono a richiudere le fessure in profondità, rendendole impermeabili. Sono inoltre molto compatte, poco porose, come evidenziato dalla frattura concoide, inoltre la morfologia, spesso a cupola, non consente una ottimale permanenza e infiltrazione dell'acqua.

La circolazione idrica sotterranea diventa complessa da interpretare, se non attraverso una serie di indagini e misure non eseguite in questa sede; è molto raro che il bacino idrografico coincida con quello idrogeologico, essendo quest'ultimo differente poiché le acque di scorrimento sotterranee seguono l'andamento delle fratture e la giacitura delle colate potrebbero avere immersione favorevole o sfavorevole per gli accumuli idrici.

Nel nostro caso le portate delle sorgenti di Sant'Antioco sono ingenti, questo farebbe pensare alla presenza di condotti e fessure che mettono in collegamento tra di loro i bacini contigui riuscendo ad immagazzinare grossi quantitativi di acqua; la sorgente pare abbia un regime stabile, segno di un bacino di alimentazione più vasto e tempi di ricarica appena più lunghi.

Le portate delle sorgenti aumentano in proporzione alle precipitazioni, in alcuni casi con uno sfasamento di alcuni mesi tra piogge e deflussi. Ciò è dovuto al tempo di ricarica degli acquiferi rappresentati dalle rocce permeabili per fessurazione.

Dall'osservazione diretta e dalle notizie reperite dal comune nella zona d'invaso l'acqua è sempre presente anche nei periodi di siccità, questo sta a significare che il substrato basaltico è tale da potersi considerare impermeabile oppure nonostante ci siano delle perdite per via delle fessurazioni, queste sono di piccola entità e non influiscono sul regime generale. La tenuta dell'invaso quindi è assicurata anche nel caso in cui il basalto risulti fessurato poiché queste ad una certa profondità sono riempite da materiale impermeabile; oppure le fessure sono racchiuse fra un substrato impermeabile, senza ricomparire in superficie o si ritrovano a quote più elevate della quota di massimo invasore.

La tenuta dell'invaso non dipende soltanto dai caratteri intrinseci dell'impermeabilità del substrato, ma anche dalla posizione della superficie freatica.

Il caso favorevole è quando la superficie freatica si innalza sui lati della bacino sino ad un livello superiore a quello di massimo invasore; nel caso in cui esista uno spartiacque sotterraneo ad un livello inferiore, questo funziona da sfioratore ed il bacino non si riempie sino al livello stabilito.

La presenza della sorgente di S. Antioco a monte dell'invaso è un indizio favorevole, poiché può significare che la superficie freatica è, almeno in parte, inclinata verso l'invaso ed è svasata verso valle.

La zona di invasore è quindi caratterizzata da valori di permeabilità nel complesso bassi come attestato d'altronde dalla perfetta tenuta del bacino idrico nel tempo.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA LOCALE (modello geotecnico)

La caratterizzazione geotecnica delle litologie che costituiscono l'imposta della traversa fluviale e dell'invaso è stata eseguita dapprima attraverso una stima sul valore della resistenza a compressione uniassiale con l'ausilio del martello di Schmidt (sclerometro) e successivamente i parametri geotecnici sono stati ottenuti utilizzando il sistema di classificazione di Bieniawski (1989).

Come già descritto dettagliatamente nel paragrafo della geologia, per motivi logistici non si è potuta effettuare un'indagine geofisica e quindi si è optata per eseguire, sempre nel limite del possibile, una trincea e un pozzetto geognostico in sinistra idrografica. La condizione ideale sarebbe stata quella di svuotare l'invaso, ma il comune a causa di questo lungo periodo siccitoso, essendo indispensabile l'acqua per irrigazione, per l'abbeveraggio del bestiame e per funzioni di antincendio, non ha consentito a tale richiesta.

Nella trincea (Tr1) sino alla profondità di circa 120 cm è stato riscontrato del materiale, in condizioni sature, costituito da ciottoli e ghiaia inglobati in una matrice sabbiosa argillosa debolmente plastica di colore marrone; mentre alla profondità di circa 130 cm è stato individuato un trovante di basalto impedendone la prosecuzione dello scavo.

Immagini campione stato secco - stato saturo



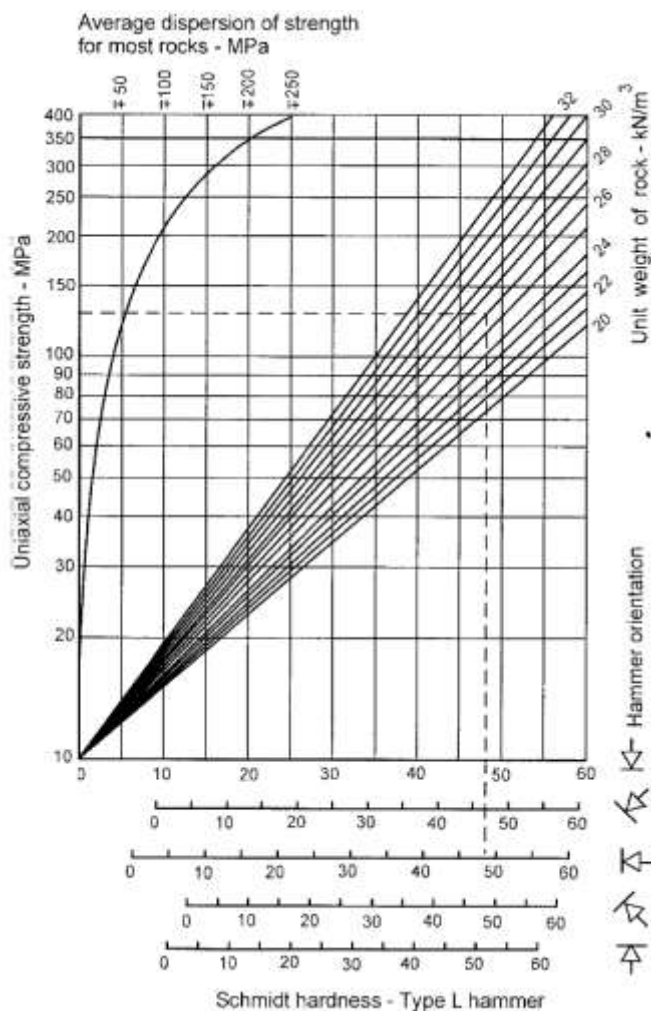
Nel pozzetto geognostico (Pz1) dal p.c. sino a circa 100 cm è stata sempre riscontrata la presenza di ciottoli e ghiaia inglobati in una matrice sabbiosa argillosa debolmente plastica di colore marrone, oltre 100 cm un trovante basaltico che ne ha impedito l'avanzamento dello scavo.

Le prove sclerometriche sono state eseguite su tre affioramenti di limitate estensioni in prossimità della traversa, due in sponda sx e uno in sponda dx. Sono state effettuate n. 10 letture, di cui si scartano le 5 più basse, con il calcolo della media delle 5 più alte. Il valore medio del rimbalzo è stato utilizzato per la classificazione di Bieniawski.

La tabella successiva indica le misure dell'impulso al rimbalzo (Valore) e delle relative trasformazioni in dati di resistenza alla compressione uniassiale delle pareti delle discontinuità, alla cui determinazione si perviene utilizzando la specifica e ben nota tabella di correlazione ai valori della densità della roccia stessa.

prova	Valore rimbalzo medio corretto	Resistenza MPa
1 in sx idrografica	33	← 60
2 in sx idrografica	40	↓ 75
3 in dx idrografica	42	↓ 82

I simboli sono riferiti alle orientazioni dello sclerometro sulle rispettive superfici testate; la specificazione è essenziale in quanto il comportamento dello strumento al rimbalzo è funzione variabile dell'orientamento del martello in rapporto alla superficie (per effetto contrario o favorevole della gravità sul rimbalzo) e conseguentemente differenti sono le corrispondenze con i valori di resistenza uniassiale. I dati pur diversi fra loro, attestano di caratteristiche dell'ammasso roccioso piuttosto regolari, la cui variabilità è totalmente funzione dello stato della fratturazione e della vicinanza o meno a discontinuità.



La resistenza media della compressione uniassiale del basalto è risultata di 72 MPa, congrua con i valori medi che variano in un range di 793-1500 Kg/cm² allo stato secco e in condizioni sature 467 - 1240 Kg/cm².

A questo punto si utilizza il metodo empirico di Bieniawski al fine di ricavare dei parametri geotecnici di resistenza della roccia basaltica.

A1 = resistenza a compressione uniassiale con martello di Schmidt= 5.47

A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD) con n numero medio di giunti per metro =14.43

A3 = spaziatura media tra due discontinuità adiacenti 0.2 m= 8

A4 = condizioni delle discontinuità= 13

A5 = condizioni idrauliche= 15

A6 = orientamento delle discontinuità = -15

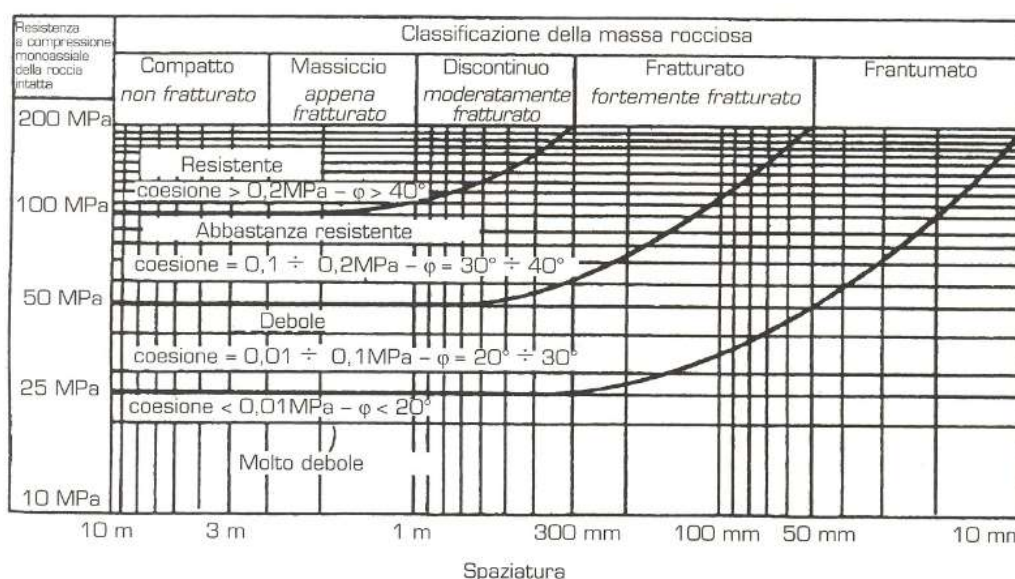
RMR=A1+A2+A3+A4+A5+A6= 41.30

RMR _c	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	≤ 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Coesione = 5*RMR = 5*41.3 = 206 kPa

Angolo attrito $\Phi = 0.5 \cdot RMR + 5 = 0.5 \cdot 41.3 + 5 = 25.65^\circ$

Un ulteriore confronto si può effettuare con il grafico di Bieniawski riportato nel seguito: la resistenza a compressione rientra in un range tra 50-100 MPa, con valori di coesione tra 0.1-0.2 MPa e angoli di resistenza tra 30°-40°.



Il modello geotecnico dell'area di imposta della traversa, riprende quello geologico con l'indicazione dei parametri geotecnici che verranno utilizzati per i calcoli successivi.

L'andamento del substrato basaltico è sicuramente a gradoni, come previsto nel progetto del 1958; infatti il piano di fondazione dell'opera era stato previsto a gradoni in funzione, sicuramente dell'andamento del substrato roccioso il quale, in presenza di fessurazioni profonde sarebbe stato sistemato con opere di ristagno.

Dall'esame strutturale, sia la traversa che i muri di spalla non presentano cedimenti o fratturazioni ma delle perdite alla base delle strutture che potrebbero essere causate da diverse fattori quali:

- dall'erosione dell'acqua che in questo punto ha un'azione massima;
- da fessurazioni presenti nel substrato che non siano state perfettamente impermeabilizzate;
- da qualche difetto durante la realizzazione dei getti di calcestruzzo.

Da quando la diga è stata ultimata, nel 1961, non sono mai stati eseguiti degli interventi di manutenzione ma solamente una pulizia dell'invaso; il fatto che l'opera non abbia subito in tutto questo tempo dei danni strutturali quali cedimenti o lesioni, fa comunque supporre che il piano di fondazione sia costituito da roccia basaltica che resiste alle azioni della struttura.

- I STRATO: depositi alluvionali eterometrici legati alla dinamica del corso d'acqua, di spessore massimo stimato in 100 cm lungo l'alveo, costituiti prevalentemente da ciottoli, ghiaia in una matrice sabbiosa argillosa di materiale basaltico
- II STRATO: substrato basaltico, con caratteristiche geotecniche mediocri, riscontrati ad una profondità variabile da 100-130 cm.

stratigrafia	Parametri geotecnici
I STRATO: depositi alluvionali	Peso di volume $\gamma = 1.900 \text{ Kg/m}^3$ Peso di volume saturo $\gamma = 2.145 \text{ Kg/m}^3$ angolo di attrito $\Phi = 30^\circ$ coesione $c=0$
II STRATO: substrato basaltico	Peso di volume $\gamma = 2.400 \div 2.700 \text{ Kg/m}^3$ Peso di volume saturo angolo di attrito $\Phi = 25^\circ \div 30^\circ$ coesione $c = 1 \div 2 \text{ Kg/cm}^2$

Le caratteristiche geotecniche dell'invaso, si considerano uguali a quelle della traversa, con le sponde costituite da basalto e il fondo da materiali alluvionali, con la presenza sicuramente di materiale melmoso.

Delle indagini più approfondite, quali sondaggi e prospezioni geofisiche, dovranno essere svolte nella fase di progettazione definitiva di adeguamento della traversa fluviale con le opere accessorie.

ANALISI DI STABILITA' TRAVERSA-INVASO

Al fine di valutare analiticamente la stabilità della traversa e delle sponde dell'invaso sono state eseguite delle verifiche considerando tre sezioni rappresentative:

- la sezione A-A in corrispondenza dell'imposta della traversa (verifica pendio in roccia);
- le sezioni n. 02 e n. 04 rappresentative delle condizioni delle sponde (verifica pendio in terra) .

Le verifiche di stabilità globale sono state eseguite utilizzando il programma Slope della Geostru secondo il Metodo di Bishop, ai sensi delle NTC 2008 approccio 1 combinazione 2 GEO A2+M2+R2 con fattore minimo di sicurezza di 1.1, considerando le seguenti situazioni:

- Serbatoio pieno a massimo invaso
- Serbatoio a seguito di rapido svaso

Inoltre le verifiche sono state eseguite sia in condizioni drenate (lungo termine) che in condizioni non drenate (breve termine), applicando i coefficienti sismici calcolati precedentemente e considerando un carico distribuito del muro di spalla e della traversa, rispettivamente di 0,60 Kg/cm² e 0.40 Kg/cm².

Nel seguito è riportata una tabella riassuntiva con le condizioni di verifica ed i relativi coefficienti di sicurezza.

Sezione	scenario	Condizione di analisi	Coefficiente di sicurezza
Sezione A-A sponda sinistra	massimo invaso	Condizione drenata	3.25
		Condizione non drenata	5.46
Sezione A-A sponda sinistra	rapido svaso	Condizione drenata	3.56
		Condizione non drenata	4.84
Sezione A-A sponda destra	massimo invaso	Condizione drenata	5.02
		Condizione non drenata	4.39
Sezione A-A sponda destra	rapido svaso	Condizione drenata	4.78
		Condizione non drenata	4.94
Sezione 02 sponda destra	massimo invaso	Condizione drenata	2.63
		Condizione non drenata	1.69
Sezione 02 sponda destra	rapido svaso	Condizione drenata	1.50
		Condizione non drenata	2.94
Sezione 02 sponda sinistra	massimo invaso	Condizione drenata	3.46
		Condizione non drenata	1.53
Sezione 02 sponda sinistra	rapido svaso	Condizione drenata	1.85
		Condizione non drenata	3.68
Sezione 04 sponda destra	massimo invaso	Condizione drenata	2.62
		Condizione non drenata	4.06
Sezione 04 sponda destra	rapido svaso	Condizione drenata	1.42
		Condizione non drenata	3.41
Sezione 04 sponda sinistra	massimo invaso	Condizione drenata	2.96
		Condizione non drenata	2.52
Sezione 04 sponda sinistra	rapido svaso	Condizione drenata	3.15
		Condizione non drenata	2.45

Dalle verifiche emergono coefficienti di sicurezza nei vari scenari e condizioni di analisi superiori ai minimi normativi ($R_2 > 1,1$), con i valori nelle condizioni drenate e non drenate variabile e le superfici cilindriche di scorrimento più critiche concentrate fra i depositi alluvionali e il substrato basaltico.

Nell'allegato vengono riportate le analisi delle sezioni effettuate con indicazione delle superfici di instabilità più critica (quella a minor coefficiente di sicurezza).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dallo studio e dall'analisi delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito oggetto di studio si evince che:

1. I litotipi geologici che caratterizzano la zona d'imposta della traversa e dell'invaso sono rappresentati da litologie basaltiche, depositi alluvionali e materiali antropici;
2. I processi morfogenetici sono riconducibili alla dinamica fluviale del Rio Cherchelighes, mentre sono naturalmente stabilizzati i blocchi sporadici di basalto individuati nei versanti prospicienti la traversa e l'invaso;
3. I caratteri idrogeologici della zona sono rappresentati da un acquifero basaltico con buone potenzialità, correlato nel contempo con la sorgente di S. Antioco ubicata a monte dell'opera, che contribuiscono ad alimentare l'invaso. In generale i deflussi sono condizionati dalle precipitazioni anche se nonostante ci sia stato un anno siccitoso l'invaso si presentava sempre pieno; tutto questo fa supporre ad una buona tenuta dell'invaso nonostante si siano riscontrate delle perdite alla base dei muri e della traversa;
4. Le caratteristiche geotecniche del substrato basaltico sono state classificate come mediocri, comunque sufficientemente compatibili con le azioni della struttura;
5. Le verifiche di stabilità sono state eseguite considerando le condizioni di massimo e minimo invasore, condizioni drenate e non drenate, ottenendo sempre dei coefficienti di sicurezza $R_2 > 1,1$.

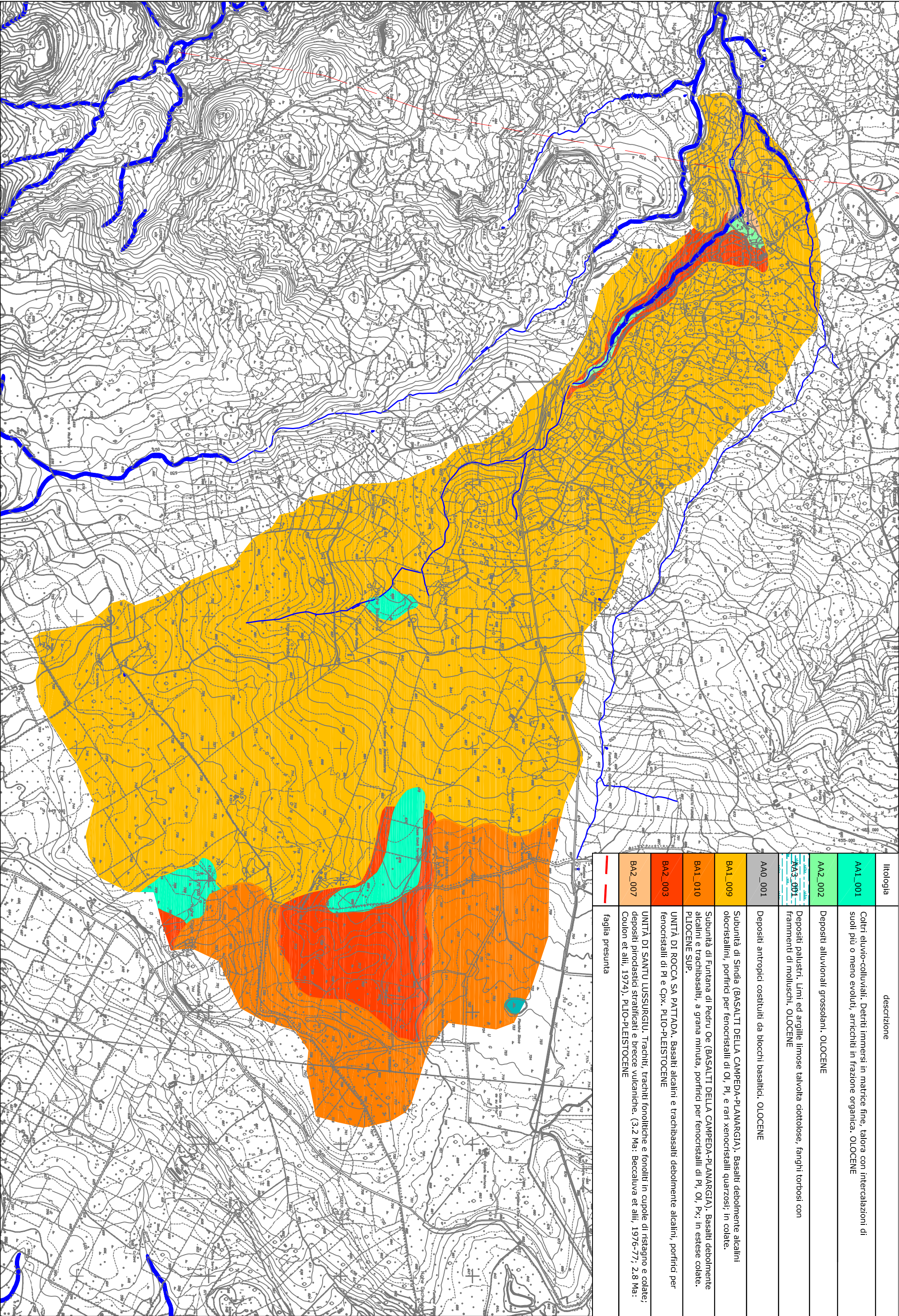
In definitiva non sono stati riscontrati possibili scenari di pericolosità geologica geotecnica tale da compromettere la sicurezza della struttura e situazioni di pericolo per la popolazione.

ALLEGATI

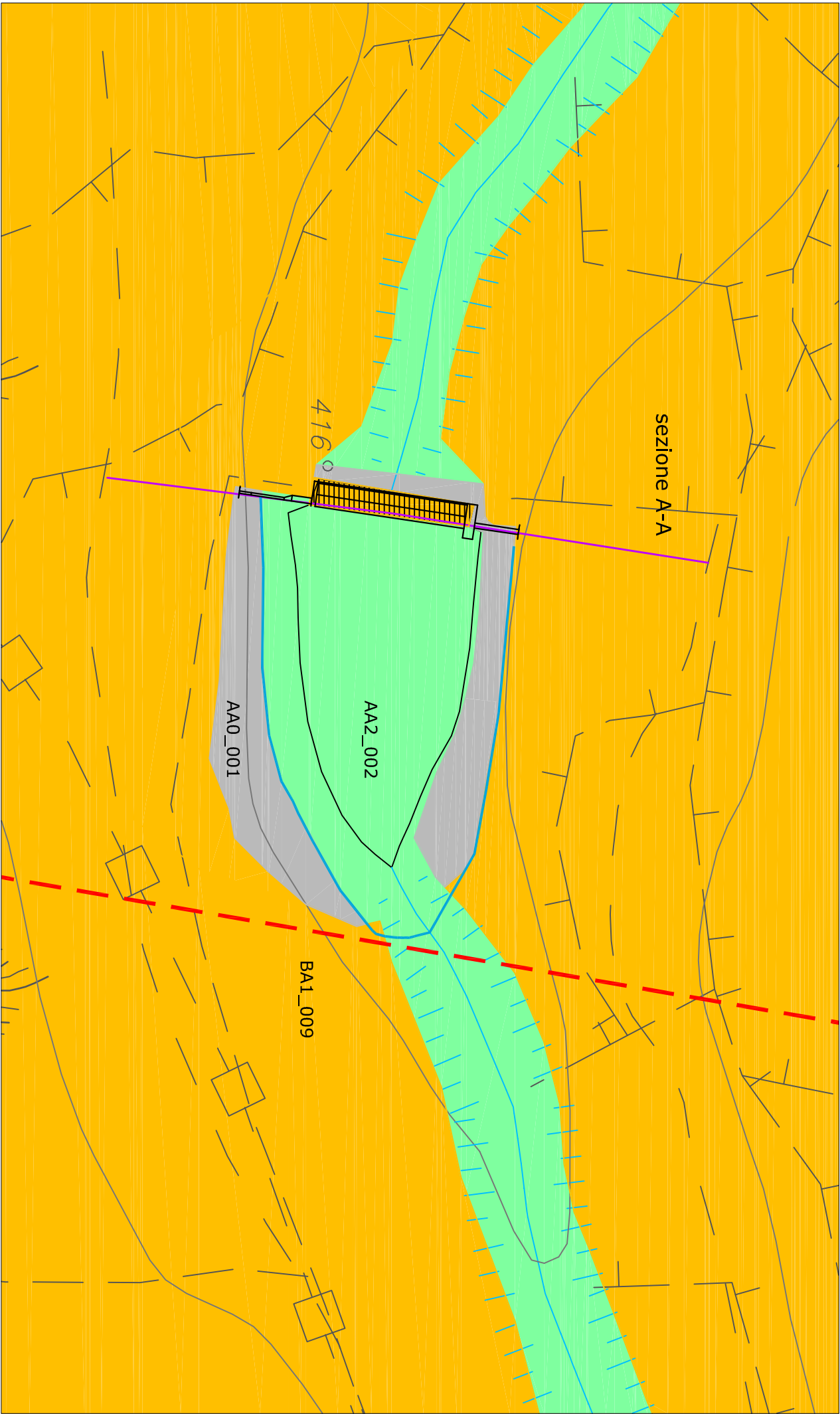
Seguono quali allegati alla presente relazione:

- carta geologica del bacino idrografico
- carta geologica e sezione d'imposta
- carta geomorfologica
- carta geologica generale
- planimetria delle indagini
- report analisi stabilità invasore.

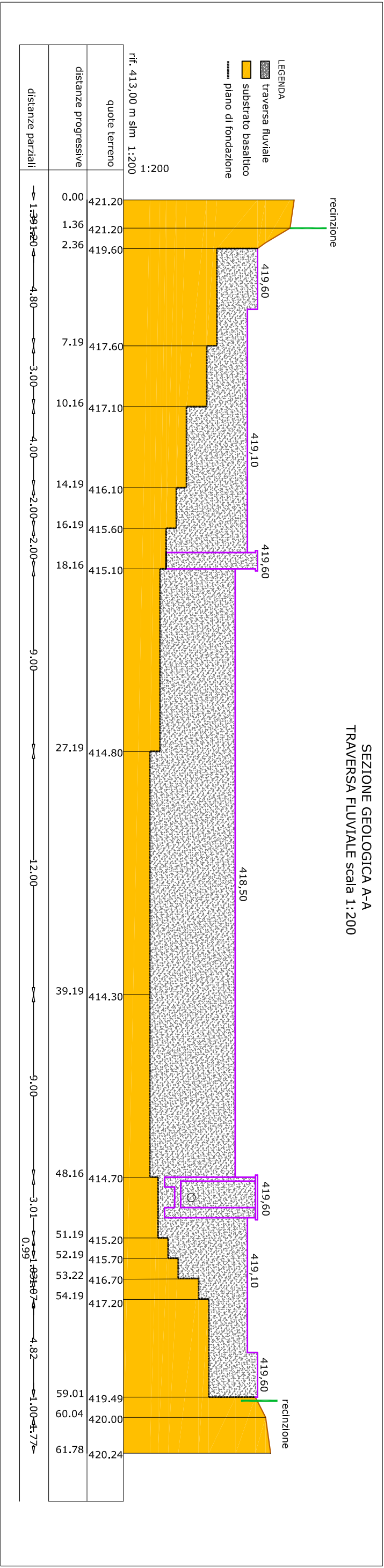
Il Tecnico
Sud Ovest Engineering S.r.l.
Dott. Geol. Tiziana Carrus

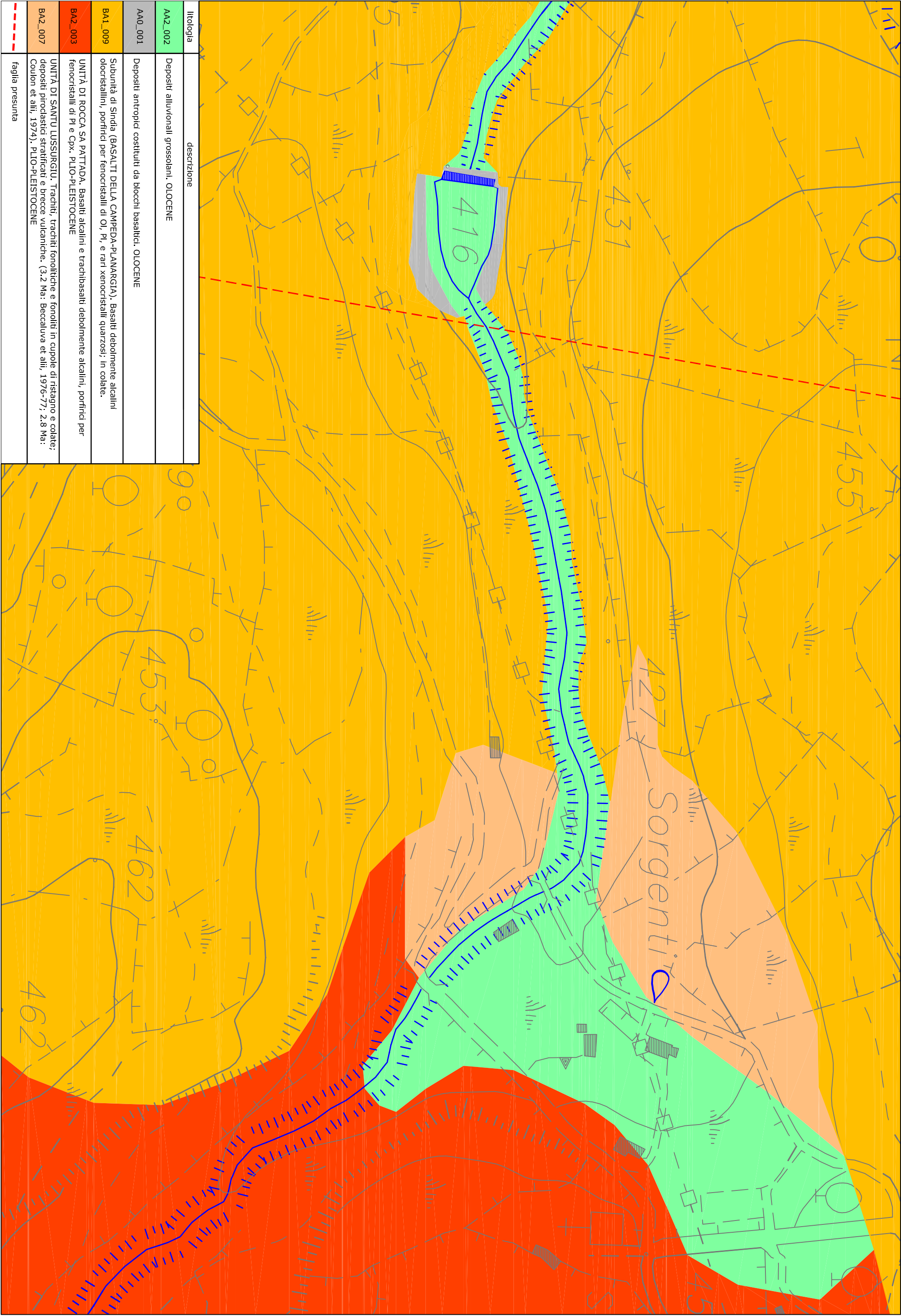


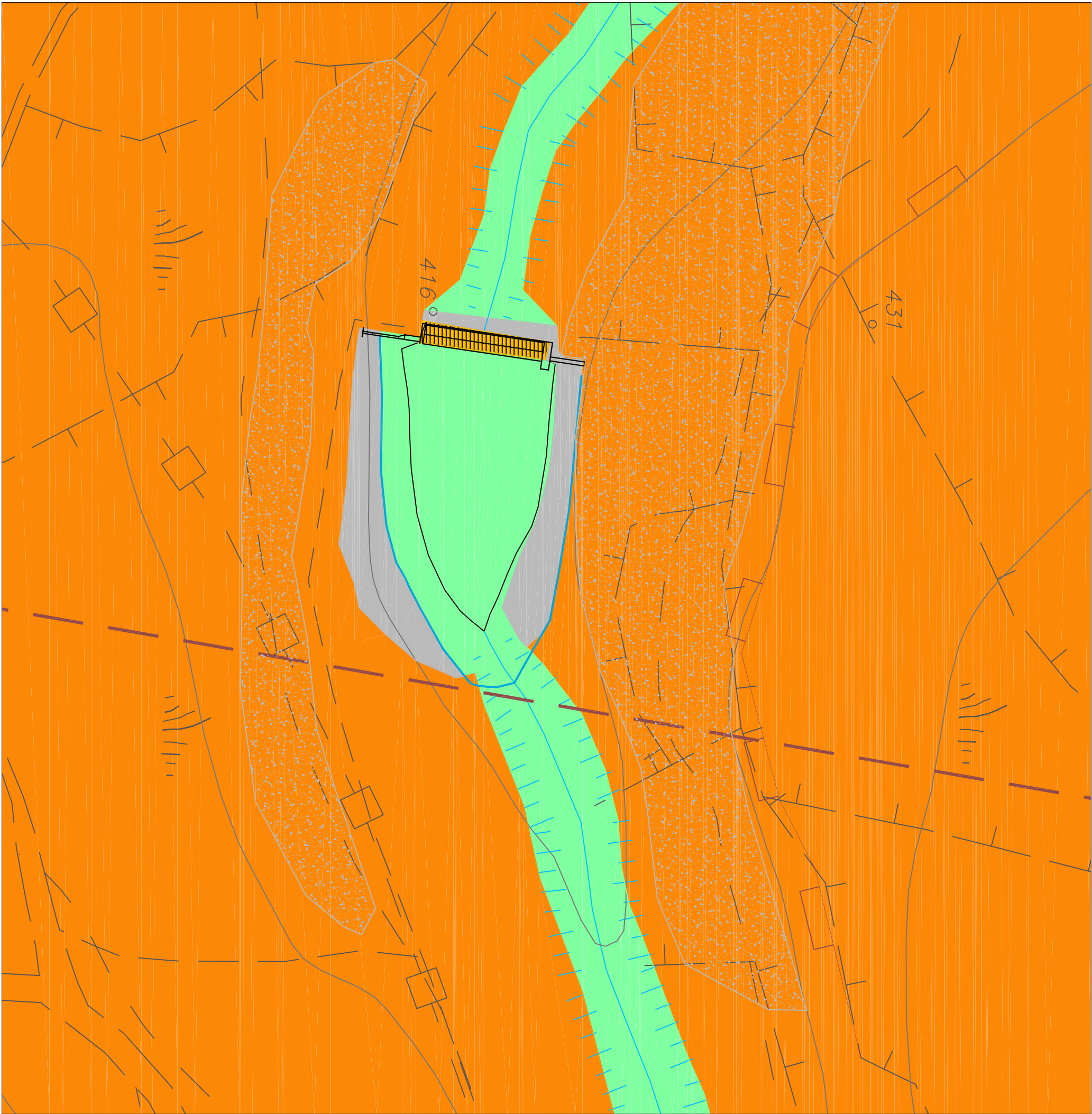
CARTA GEOLOGICA traversa fluviale sul Rio Cherchelignes - scala 1:1000



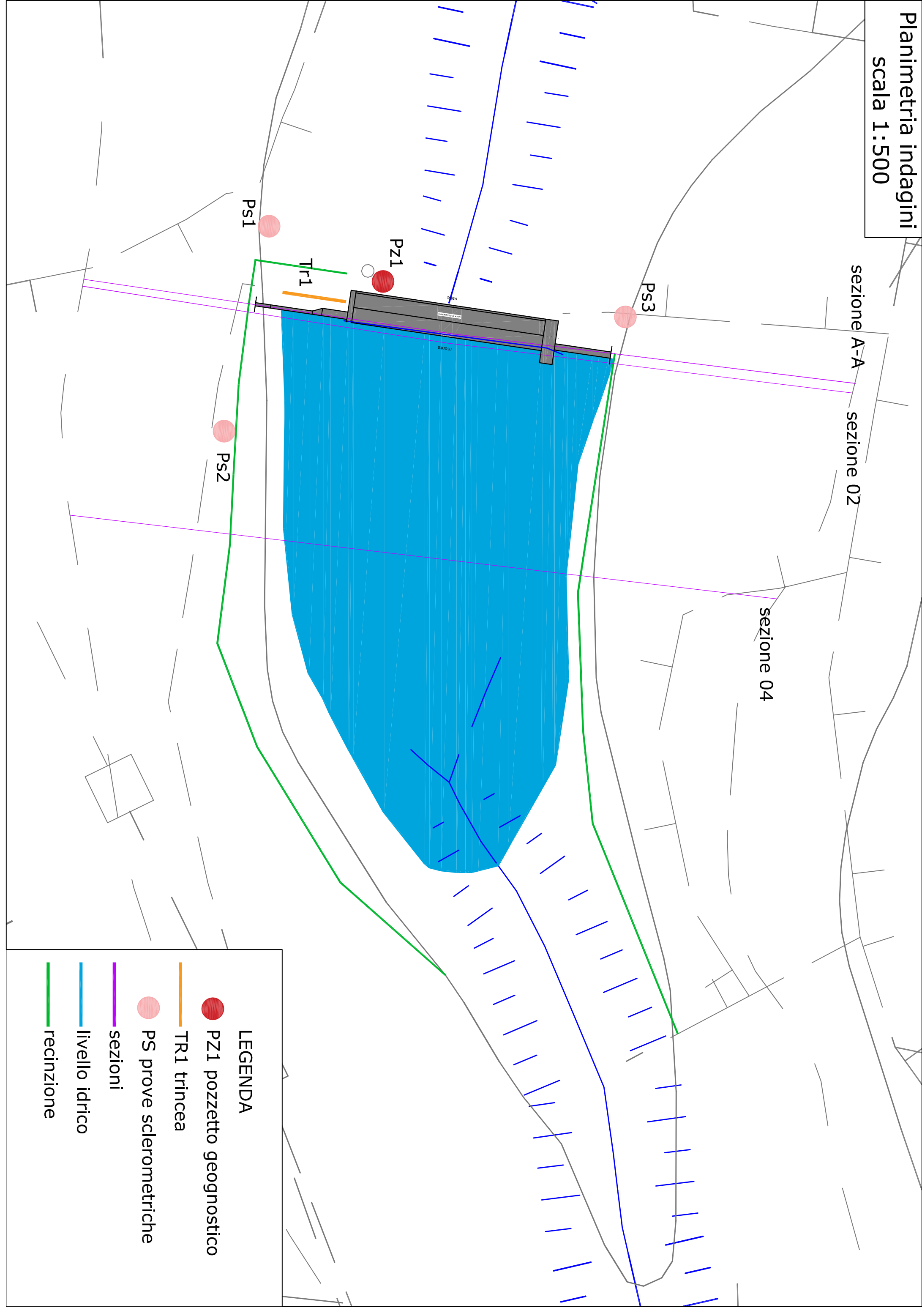
litologia	descrizione
AA2_002	Depositi alluvionali grossolani. OLOCENE
AA0_001	Depositi antropici costituiti da blocchi basaltici. OLOCENE
BA1_009	Subunità di Sindia (BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA). Basalti debolmente alcalini olocristallini, porfirici per fenocristalli di Ol, Pl, e rari xenocristalli quarzosi; in colate.
	— — — — — faglia presunta







litologia del substrato	descrizione
	Materiali sciolti di deposito grossolano recente ed attuale dell'alveo mobile.
	blocchi basaltici sporadici in stato naturalmente stabilizzato
	Depositi antropici costituiti da blocchi basaltici
	Rocce effusive Plio-Pleistocene
forme strutturali	
	orlo di scarpata rocciosa non attiva
	faglia presunta non attiva



LEGENDA

PZ1 pozzetto geognostico

TR1 trincea

PS prove sclerometriche

sezioni

livello idrico

recinzione

ANALISI DI STABILITÀ DELL'INVASO

Pendii in roccia (Metodo di Hoek e Brown)

Per i versanti in roccia, diversamente da quelli in terra, il criterio di rottura di Mohr-Coulomb non può essere impiegato per definire la resistenza del materiale; tuttavia con questo metodo viene descritta una procedura che consente l'applicazione dei metodi classici dell'Equilibrio Limite anche nei versanti rocciosi. A tale scopo vengono definiti l'angolo di resistenza a taglio e la coesione che si mobilitano lungo la superficie di scorrimento secondo le seguenti espressioni:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= AB \left(\frac{N}{\sigma_c} - T \right)^{B-1} \\ c &= A \sigma_c \left(\frac{N}{\sigma_c} - T \right)^B - N \operatorname{tg} \varphi \end{aligned}$$

dove:

σ_c è la resistenza a compressione monassiale della roccia;

A, B, T costanti in funzione del litotipo e della qualità della roccia (*riportati in tabella*);

N sforzo normale alla base del concio.

Le costanti A, B e T sono determinate in funzione della classificazione della roccia secondo Bieniawski (indice RMR) e secondo Barton (indice Q). Tra i due sistemi di classificazione, sulla base di 111 esempi analizzati, è stata trovata la seguente correlazione:

$$\operatorname{RMR} = 9 \ln Q + 44$$

	Calcari Dolomie Marne	Argilliti Siltiti Scisti	Areniti Quarziti	Andesiti Basalti Rioliti	Anfiboliti Gneiss Graniti
RMR = 100 Q = 500	A = 0.816 B = 0.658 T = -0.140	A = 0.918 B = 0.677 T = -0.099	A = 1.044 B = 0.692 T = -0.067	A = 1.086 B = 0.696 T = -0.059	A = 1.220 B = 0.705 T = -0.040
RMR = 85 Q = 100	A = 0.651 B = 0.679 T = -0.028	A = 0.739 B = 0.692 T = -0.020	A = 0.848 B = 0.702 T = -0.013	A = 0.883 B = 0.705 T = -0.012	A = 0.998 B = 0.712 T = -0.008
RMR = 65 Q = 10	A = 0.369 B = 0.669 T = -0.006	A = 0.427 B = 0.683 T = -0.004	A = 0.501 B = 0.695 T = -0.003	A = 0.525 B = 0.698 T = -0.002	A = 0.603 B = 0.707 T = -0.002
RMR = 44 Q = 1	A = 0.198 B = 0.662 T = -0.0007	A = 0.234 B = 0.675 T = -0.0005	A = 0.280 B = 0.688 T = -0.0003	A = 0.295 B = 0.691 T = -0.003	A = 0.346 B = 0.700 T = -0.0002
RMR = 3 Q = 0.1	A = 0.115 B = 0.646 T = -0.0002	A = 0.129 B = 0.655 T = -0.0002	A = 0.162 B = 0.672 T = -0.0001	A = 0.172 B = 0.676 T = -0.0001	A = 0.203 B = 0.686 T = -0.0001
RMR = 3 Q = 0.01	A = 0.042 B = 0.534	A = 0.050 B = 0.539	A = 0.061 B = 0.546	A = 0.065 B = 0.548	A = 0.078 B = 0.556

	T = 0	T = 0	T = 0	T = 0	T = 0
--	-------	-------	-------	-------	-------

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolar	

SEZIONE A-A sponda sinistra massimo invaso**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	47.87 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	14.28 m
Ascissa vertice destro superiore xs	60.77 m
Ordinata vertice destro superiore ys	22.6 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	46.18	7.97
2	47.95	8.19
3	49.26	8.26
4	50.33	8.38
5	51.14	8.5
6	52.34	8.84
7	53.15	9.11
8	54.14	9.38
9	54.88	9.53
10	55.73	9.7
11	57.23	9.82
12	59.33	10.58
13	60.13	10.82
14	63.08	11.58
15	65.26	12.65

16	66.08	13.05
17	67.08	14.25
18	73.2	15.16

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	46.18	11.57
2	47.95	11.57
3	49.26	11.57
4	50.33	11.57
5	51.14	11.57
6	52.34	11.57
7	53.15	11.57
8	54.14	11.57
9	54.88	11.57
10	55.73	11.57
11	57.23	11.57
12	59.33	11.57
13	60.13	11.57
14	63.08	11.57
15	65.26	12.64
16	66.08	13.04
17	67.08	14.24
18	73.2	15.15

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm²)	Texture	Descrizione
1	2500	0.295	0.691	-0.0003	560		Basalto

Carichi distribuiti

N°	xi(m)	Yi (m)	Xf (m)	Yf (m)	Carico esterno (kg/cm²)
1	46.29	8.03	54.29	9.03791	0.4
2	54.29	9.41	65.29	11.65801	0.6

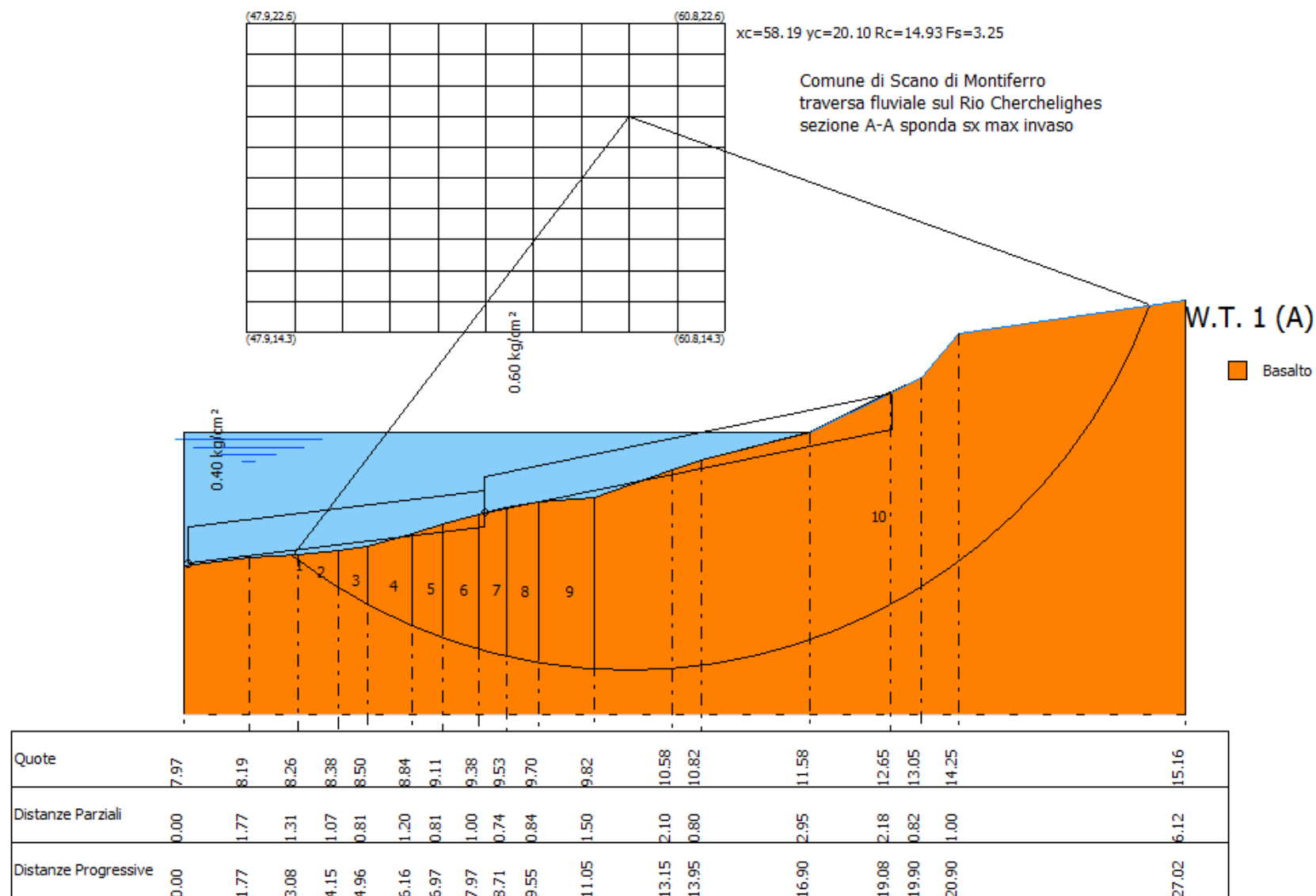
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]] CONDIZIONE DRENATA

Fs minimo individuato	3.25
Ascissa centro superficie	58.19 m
Ordinata centro superficie	20.1 m
Raggio superficie	14.93 m

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

xc = 58.193 yc = 20.105 Rc = 14.928 Fs=3.25

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.14	-37.1	0.18	178.26	2.67	1.25	0.49	60.6	479.8	656.6	572.6
2	1.07	-34.3	1.3	4947.12	74.21	34.63	0.55	55.3	4080.8	10146.9	6105.6
3	0.81	-30.0	0.93	4371.04	65.57	30.6	0.58	53.8	3560.8	7602.7	4429.5
4	1.2	-25.6	1.33	7462.0	111.93	52.23	0.61	52.5	5900.5	11351.4	6404.2
5	0.81	-21.4	0.87	5704.1	85.56	39.93	0.64	51.2	4342.8	7807.9	4283.0
6	1.0	-17.7	1.04	7657.45	114.86	53.6	0.67	50.3	5657.1	9713.7	5229.0
7	0.74	-14.3	0.77	7276.17	109.14	50.93	0.74	48.3	4404.0	8595.1	4273.7
8	0.84	-11.2	0.86	8916.65	133.75	62.42	0.76	47.6	5154.8	10056.5	4911.1
9	1.5	-6.6	1.51	16412.88	246.19	114.89	0.78	47.1	9451.6	17514.7	8576.0
10	15.0	33.2	17.92	262421.3	3936.32	1836.95	0.68	49.88	5451.2	155379.4	85743.8

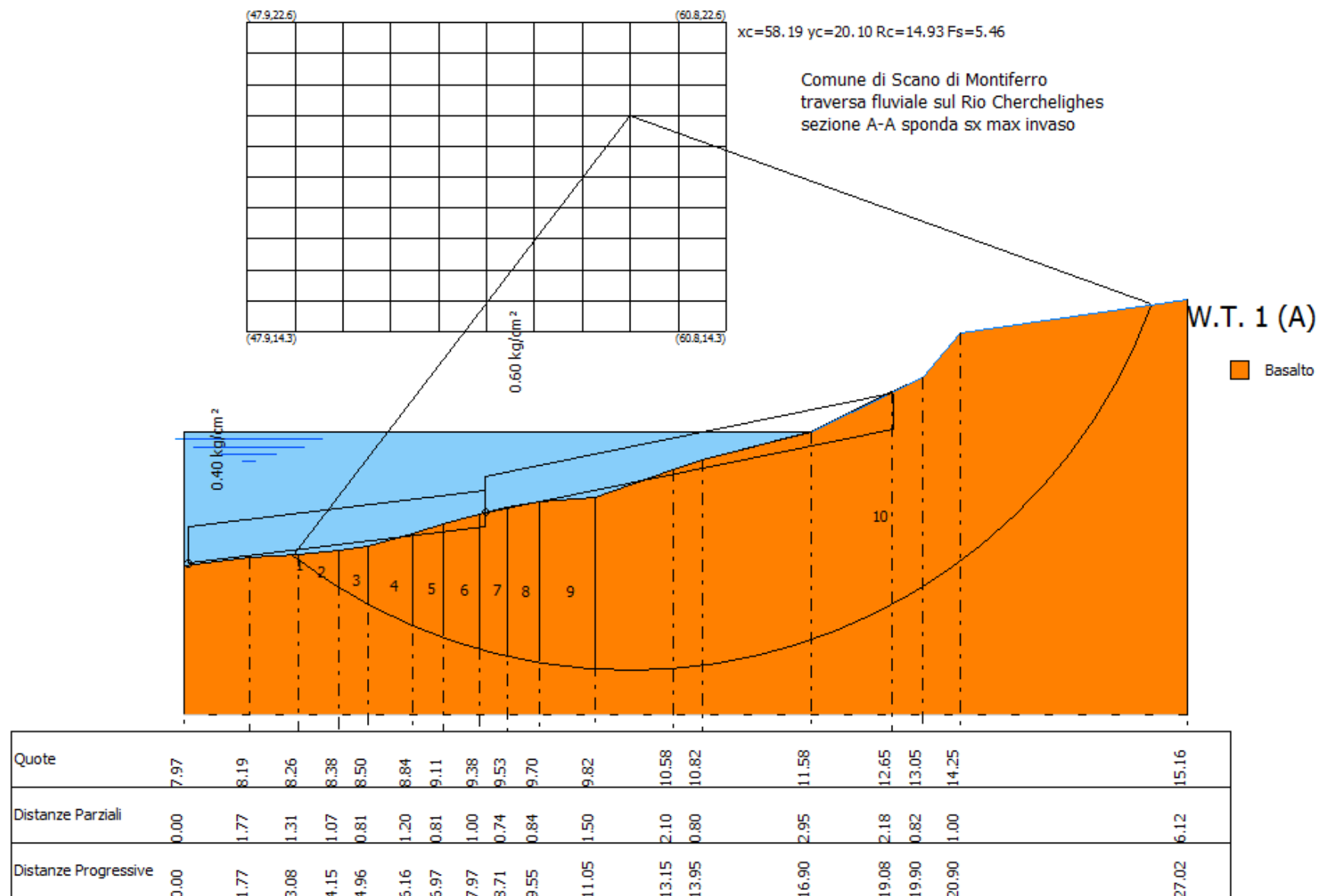


Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]] CONDIZIONE NON DRENATA

Fs minimo individuato	5.46
Ascissa centro superficie	58.19 m
Ordinata centro superficie	20.1 m
Raggio superficie	14.93 m

xc = 58.193 yc = 20.105 Rc = 14.928 Fs=5.464

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.14	-37.1	0.18	658.04	9.87	4.61	0.55	55.6	479.8	1162.1	445.5
2	1.07	-34.3	1.3	9027.9	135.42	63.2	0.63	51.6	4080.8	13834.6	4270.5
3	0.81	-30.0	0.93	7931.87	118.98	55.52	0.68	49.9	3560.8	11027.1	3239.4
4	1.2	-25.6	1.33	13362.47	200.44	93.54	0.73	48.4	5900.5	17140.4	4829.2
5	0.81	-21.4	0.87	10046.9	150.7	70.33	0.78	47.1	4342.8	12085.3	3294.8
6	1.0	-17.7	1.04	13314.58	199.72	93.2	0.82	46.2	5657.1	15284.5	4076.3
7	0.74	-14.3	0.77	11680.17	175.2	81.76	0.89	44.7	4404.0	12880.2	3254.8
8	0.84	-11.2	0.86	14071.42	211.07	98.5	0.93	44.0	5154.8	15081.4	3748.9
9	1.5	-6.6	1.51	25864.52	387.97	181.05	0.95	43.5	9451.6	26804.6	6633.2
10	15.0	33.2	17.92	228171.8	3422.58	1597.2	0.78	47.28	5451.22	30407.0	64565.8



SEZIONE A-A sponda sinistra rapido svaso**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	47.87 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	14.28 m
Ascissa vertice destro superiore xs	60.77 m
Ordinata vertice destro superiore ys	22.6 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	46.18	7.97
2	47.95	8.19
3	49.26	8.26
4	50.33	8.38
5	51.14	8.5
6	52.34	8.84
7	53.15	9.11
8	54.14	9.38
9	54.88	9.53
10	55.73	9.7
11	57.23	9.82
12	59.33	10.58
13	60.13	10.82
14	63.08	11.58
15	65.26	12.65
16	66.08	13.05
17	67.08	14.25
18	73.2	15.16

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	46.18	7.96
2	47.95	8.18
3	49.26	8.25
4	50.33	8.37
5	51.14	8.49
6	52.34	8.83
7	53.15	9.1
8	54.14	9.37
9	54.88	9.52
10	55.73	9.69
11	57.23	9.81
12	59.33	10.57
13	60.13	10.81
14	63.08	11.57
15	65.26	12.64
16	66.08	13.04
17	67.08	14.24
18	73.2	15.15

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m ³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm ²)	Texture	Descrizione
1	2500	0.295	0.691	-0.0003	560		Basalto

Carichi distribuiti

N°	Xi (m)	Yi (m)	Xf (m)	Yf (m)	Carico esterno (kg/cm²)
1	46.29	8.03	54.29	9.03791	0.4
2	54.29	9.41	65.29	11.65801	0.6

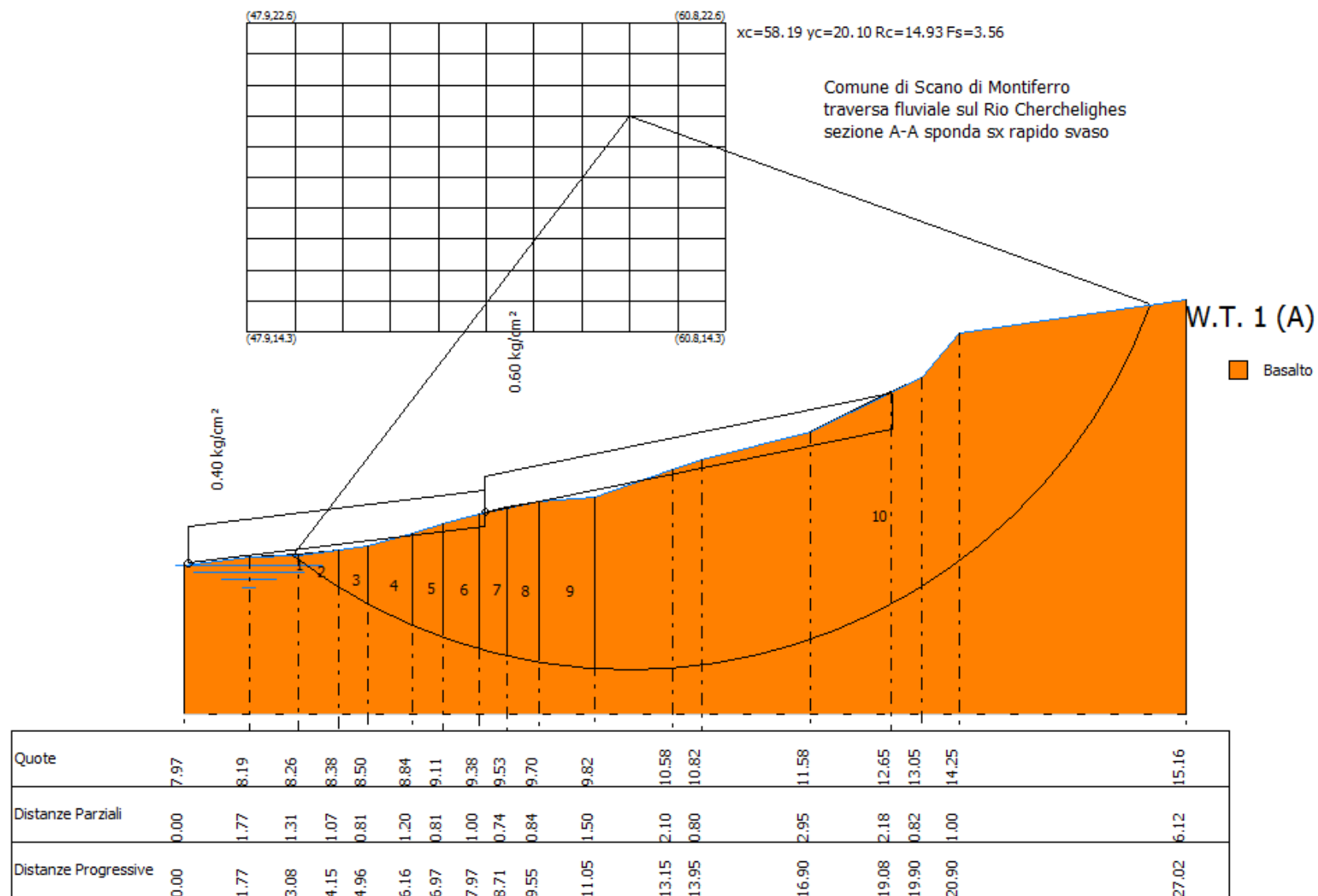
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]] CONDIZIONE DRENATA

Fs minimo individuato	3.56
Ascissa centro superficie	58.19 m
Ordinata centro superficie	20.1 m
Raggio superficie	14.93 m

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

xc = 58.193 yc = 20.105 Rc = 14.928 Fs=3.563

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.14	-37.1	0.18	189.81	2.85	1.33	0.49	60.6	7.5	606.3	499.2
2	1.07	-34.3	1.3	5786.97	86.8	40.51	0.56	55.1	585.9	10059.0	5525.7
3	0.81	-30.0	0.93	5811.96	87.18	40.68	0.59	53.5	1021.8	7914.8	4131.8
4	1.2	-25.6	1.33	10861.86	162.93	76.03	0.63	51.9	2413.8	12310.1	6122.8
5	0.81	-21.4	0.87	8841.65	132.62	61.89	0.67	50.4	2228.6	8741.8	4174.5
6	1.0	-17.7	1.04	12336.68	185.05	86.36	0.7	49.3	3330.7	11108.5	5163.0
7	0.74	-14.3	0.77	11243.77	168.66	78.71	0.77	47.3	2830.7	9751.4	4207.6
8	0.84	-11.2	0.86	13824.89	207.37	96.77	0.81	46.5	3498.9	11482.1	4856.1
9	1.5	-6.6	1.51	25836.61	387.55	180.86	0.83	45.9	6714.2	20238.4	8542.3
10	15.0	33.2	17.92	262421.3	3936.32	1836.95	0.68	49.88	5451.2	159490.4	79457.3

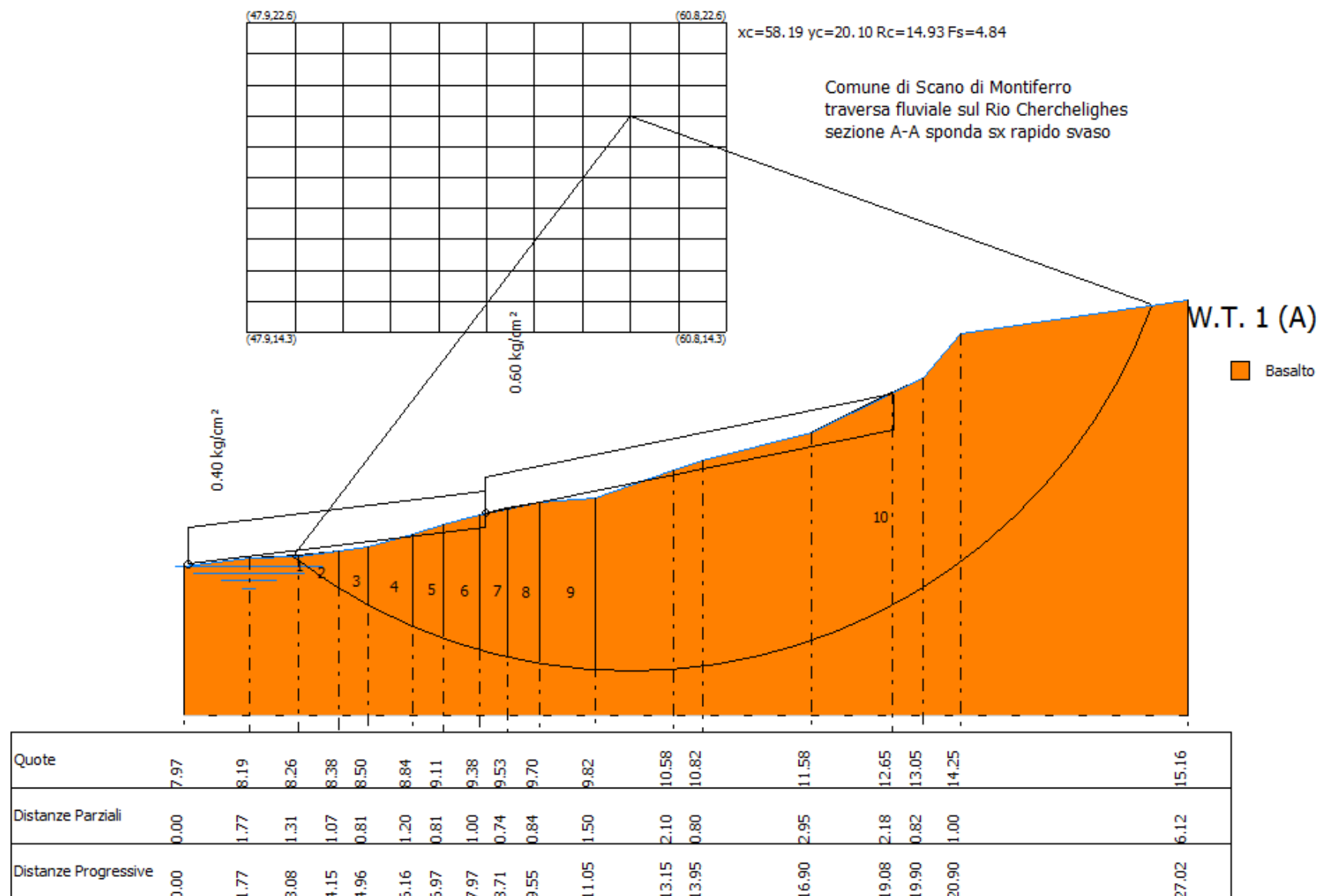


Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]] CONDIZIONE NON DRENATA

Fs minimo individuato	4.84
Ascissa centro superficie	58.19 m
Ordinata centro superficie	20.1 m
Raggio superficie	14.93 m

xc = 58.193 yc = 20.105 Rc = 14.928 Fs=4.836

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.14	-37.1	0.18	186.51	2.8	1.31	0.5	60.5	7.5	480.0	325.4
2	1.07	-34.3	1.3	5547.01	83.21	38.83	0.57	54.6	585.9	9337.2	3852.0
3	0.81	-30.0	0.93	5400.27	81.0	37.8	0.61	52.5	1021.8	7983.2	3029.7
4	1.2	-25.6	1.33	9890.47	148.36	69.23	0.66	50.6	2413.8	13213.9	4672.5
5	0.81	-21.4	0.87	7945.2	119.18	55.62	0.71	48.9	2228.6	9823.5	3284.3
6	1.0	-17.7	1.04	10999.76	165.0	77.0	0.76	47.7	3330.7	12877.0	4148.0
7	0.74	-14.3	0.77	10110.17	151.65	70.77	0.84	45.8	2830.7	11294.3	3389.1
8	0.84	-11.2	0.86	12422.53	186.34	86.96	0.88	45.0	3498.9	13438.6	3941.2
9	1.5	-6.6	1.51	23144.12	347.16	162.01	0.9	44.4	6714.2	24110.0	7013.2
10	15.0	33.2	17.92	228171.8	3422.58	1597.2	0.78	47.28	5451.22	25561.3	71975.7



ZIONE A-A sponda destra massimo invaso
Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	39.48 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	16.01 m
Ascissa vertice destro superiore xs	60.48 m
Ordinata vertice destro superiore ys	26.82 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	33.95	7.61
2	43.92	7.55
3	52.92	8.2
4	53.42	8.24
5	54.67	8.41
6	55.47	8.79
7	57.58	9.83
8	59.02	10.41
9	61.57	11.23
10	63.77	11.58
11	64.77	13.05
12	73.2	14.21

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	33.95	11.58
2	43.92	11.58
3	52.92	11.58
4	53.42	11.58
5	54.67	11.58
6	55.47	11.58
7	57.58	11.58

8	59.02	11.58
9	61.57	11.58
10	63.77	11.58

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm²)	Texture	Descrizione
1	2500	0.295	0.691	-0.0003	560		basalto

Carichi distribuiti

N°	Xi (m)	Yi (m)	Xf (m)	Yf (m)	Carico esterno (kg/cm²)
1	52.04	8.41	55.54	8.662778	0.6
2	55.61	8.75	63.61	12.69347	0.6
3	33.99	7.56	51.99	7.467059	0.4

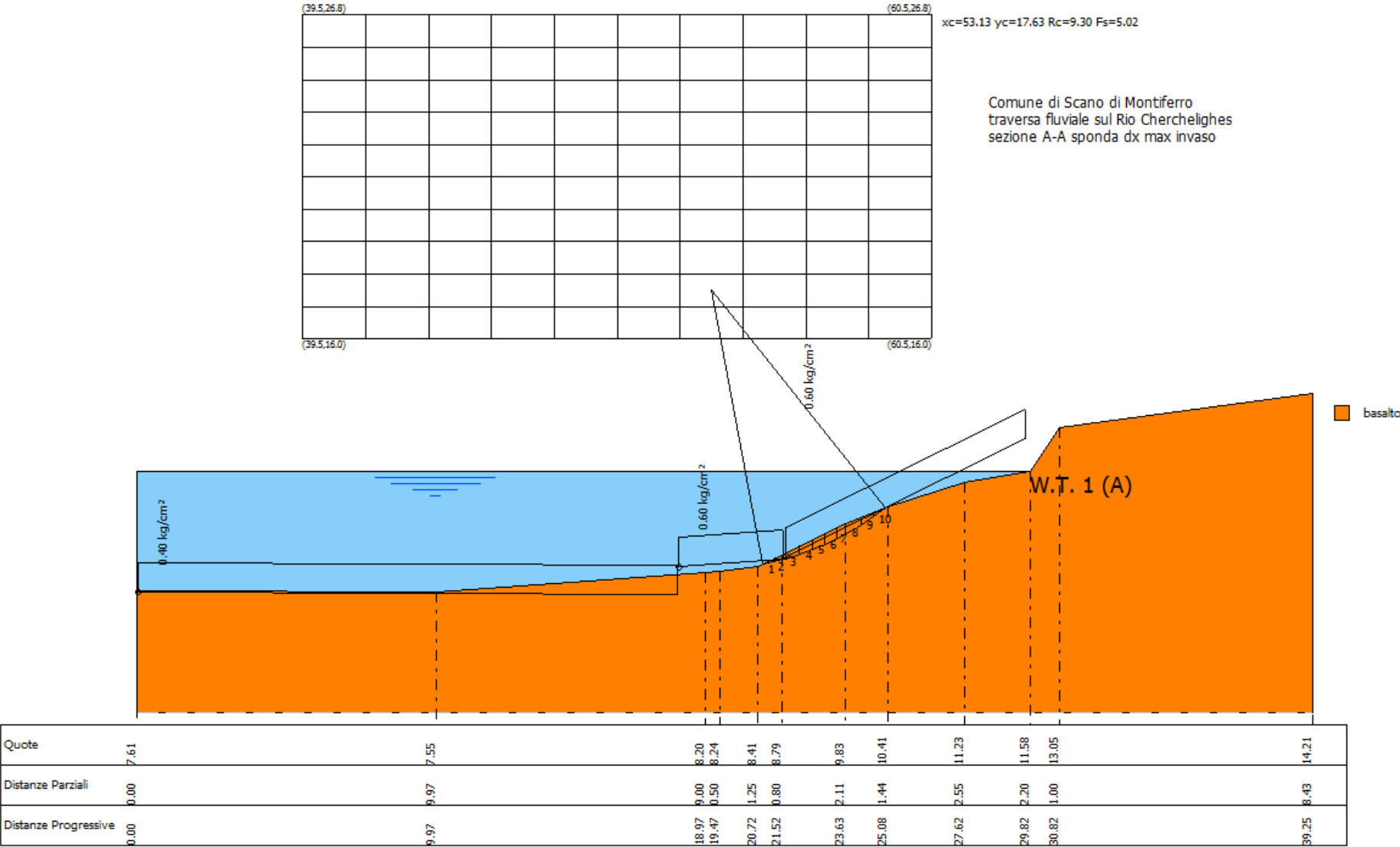
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]] CONDIZIONE DRENATA

Fs minimo individuato	5.02
Ascissa centro superficie	53.13 m
Ordinata centro superficie	17.63 m
Raggio superficie	9.3 m

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

$$x_c = 53.13 \quad y_c = 17.631 \quad R_c = 9.30 \quad F_s = 5.024$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.41	11.9	0.42	1899.74	28.5	13.3	0.59	53.3	1260.3	1756.8	878.0
2	0.22	13.9	0.23	1351.79	20.28	9.46	0.63	51.6	656.2	1257.5	546.4
3	0.6	16.5	0.63	3357.79	50.37	23.5	0.61	52.4	1737.3	3080.5	1423.1
4	0.41	19.8	0.44	2613.77	39.21	18.3	0.63	51.8	1115.8	2400.2	1049.6
5	0.41	22.5	0.45	2633.63	39.5	18.44	0.62	52.0	1050.1	2411.0	1061.2
6	0.41	25.3	0.46	2642.96	39.64	18.5	0.62	52.2	974.7	2416.0	1073.3
7	0.27	27.6	0.31	1739.18	26.09	12.17	0.61	52.5	595.4	1589.7	713.3
8	0.55	30.6	0.64	3513.95	52.71	24.6	0.6	52.9	1086.9	3214.1	1467.9
9	0.41	34.1	0.5	2568.34	38.53	17.98	0.59	53.5	684.2	2353.2	1105.1
10	0.41	37.2	0.52	1909.39	28.64	13.37	0.55	55.6	562.3	1671.6	955.9

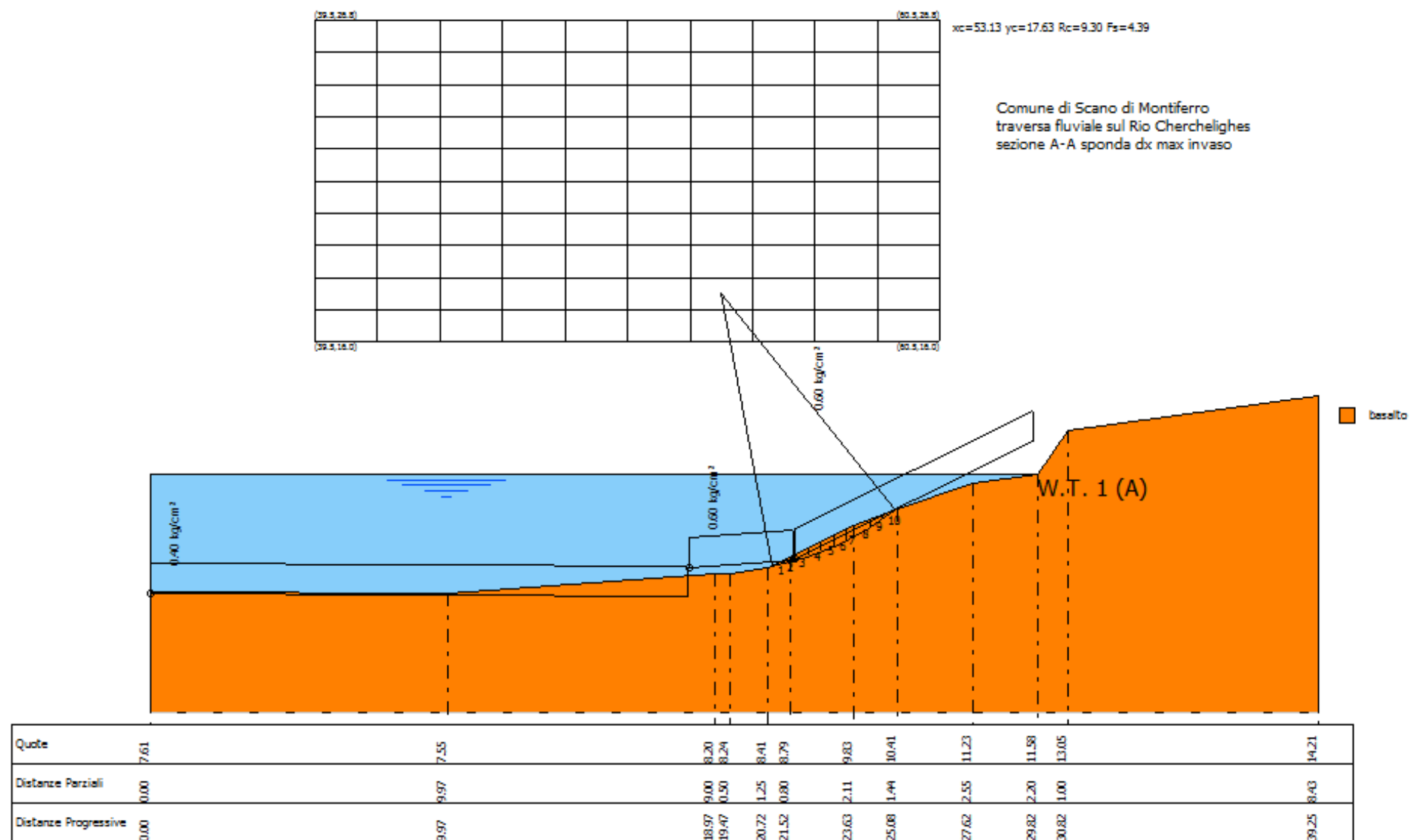


Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]] CONDIZIONE NON DRENATA

Fs minimo individuato	4.39
Ascissa centro superficie	53.13 m
Ordinata centro superficie	17.63 m
Raggio superficie	9.3 m

xc = 53.13 yc = 17.631 Rc = 9.30 Fs=4.389

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.41	11.9	0.42	3160.04	47.4	22.12	0.68	49.9	1260.3	2951.7	1320.4
2	0.22	13.9	0.23	2007.98	30.12	14.06	0.72	48.8	656.2	1875.7	780.3
3	0.6	16.5	0.63	5095.12	76.43	35.67	0.69	49.6	1737.3	4707.4	2048.0
4	0.41	19.8	0.44	3729.57	55.94	26.11	0.7	49.3	1115.8	3437.1	1463.4
5	0.41	22.5	0.45	3683.7	55.26	25.79	0.69	49.7	1050.1	3381.8	1461.5
6	0.41	25.3	0.46	3617.7	54.27	25.32	0.67	50.1	974.7	3312.2	1458.2
7	0.27	27.6	0.31	2334.61	35.02	16.34	0.66	50.5	595.4	2134.2	957.1
8	0.55	30.6	0.64	4600.81	69.01	32.21	0.64	51.2	1086.9	4198.8	1937.8
9	0.41	34.1	0.5	3252.5	48.79	22.77	0.62	52.0	684.2	2961.5	1427.0
10	0.41	37.2	0.52	2471.71	37.08	17.3	0.57	54.2	562.3	2164.4	1236.7



SEZIONE A-A sponda destra rapido svaso
Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	42.85 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	13.64 m
Ascissa vertice destro superiore xs	61.19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	24.54 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	33.95	7.61
2	43.92	7.55
3	52.92	8.2
4	53.42	8.24
5	54.67	8.41
6	55.47	8.79
7	57.58	9.83
8	59.02	10.41
9	61.57	11.23
10	63.77	11.58
11	63.77	12.54
12	64.77	13.05
13	73.2	14.21

Falda

Nr.	X (m)	Y (m)
1	33.95	7.6
2	43.92	7.54
3	52.92	8.19
4	53.42	8.23
5	54.67	8.4
6	55.47	8.78

7	57.58	9.82
8	59.02	10.4
9	61.57	11.22
10	63.77	11.57
11	63.77	12.53
12	64.77	13.04
13	73.2	14.2

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm²)	Texture	Descrizione
1	2500	0.295	0.691	-0.0003	560		basalto

Carichi distribuiti

N°	Xi (m)	Yi (m)	Xf (m)	Yf (m)	Carico esterno (kg/cm²)
1	52.04	8.41	55.54	8.662778	0.6
2	55.61	8.75	63.61	12.69347	0.6
3	33.99	7.56	51.99	7.467059	0.4

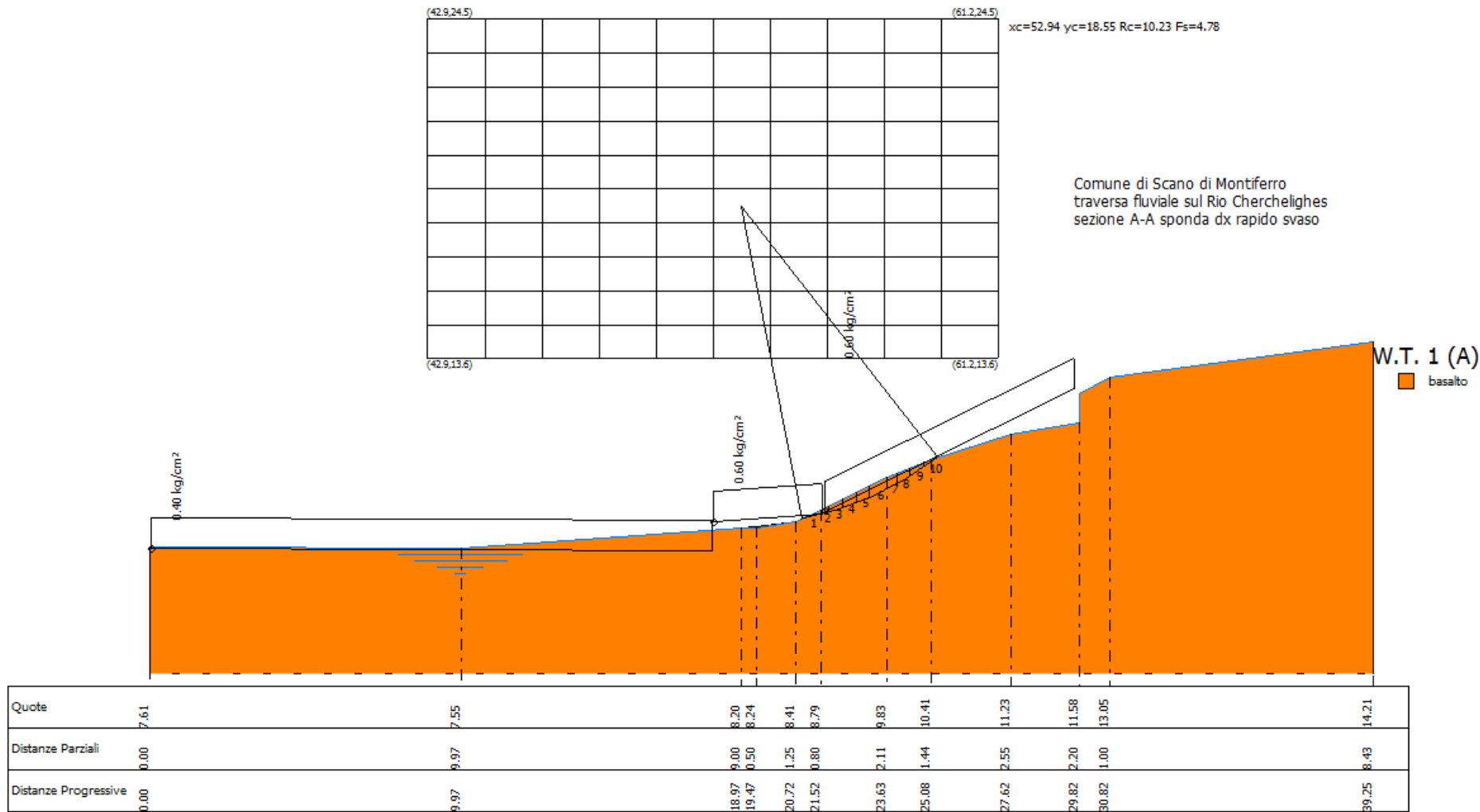
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]] CONDIZIONE DRENATA

Fs minimo individuato	4.78
Ascissa centro superficie	52.94 m
Ordinata centro superficie	18.55 m
Raggio superficie	10.23 m

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

xc = 52.941 yc = 18.548 Rc = 10.227 Fs=4.782

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.6	12.6	0.62	3126.01	46.89	21.88	0.61	52.7	42.9	2842.6	1418.3
2	0.27	15.1	0.28	1319.08	19.79	9.23	0.59	53.3	45.3	1155.2	608.7
3	0.44	17.1	0.46	2887.37	43.31	20.21	0.63	51.5	106.8	2552.1	1160.0
4	0.44	19.7	0.46	2963.19	44.45	20.74	0.63	51.6	137.1	2581.0	1175.1
5	0.44	22.3	0.47	3014.8	45.22	21.1	0.63	51.8	157.8	2600.1	1189.4
6	0.54	25.3	0.6	3763.5	56.45	26.34	0.62	52.1	208.0	3228.2	1490.3
7	0.33	28.0	0.38	2305.22	34.58	16.14	0.61	52.4	123.7	1978.1	926.4
8	0.44	30.5	0.5	2955.38	44.33	20.69	0.6	52.8	131.0	2559.2	1220.3
9	0.44	33.4	0.52	2850.61	42.76	19.95	0.59	53.4	90.9	2498.4	1223.9
10	0.44	36.3	0.54	2111.17	31.67	14.78	0.55	55.4	36.9	1794.3	1061.4

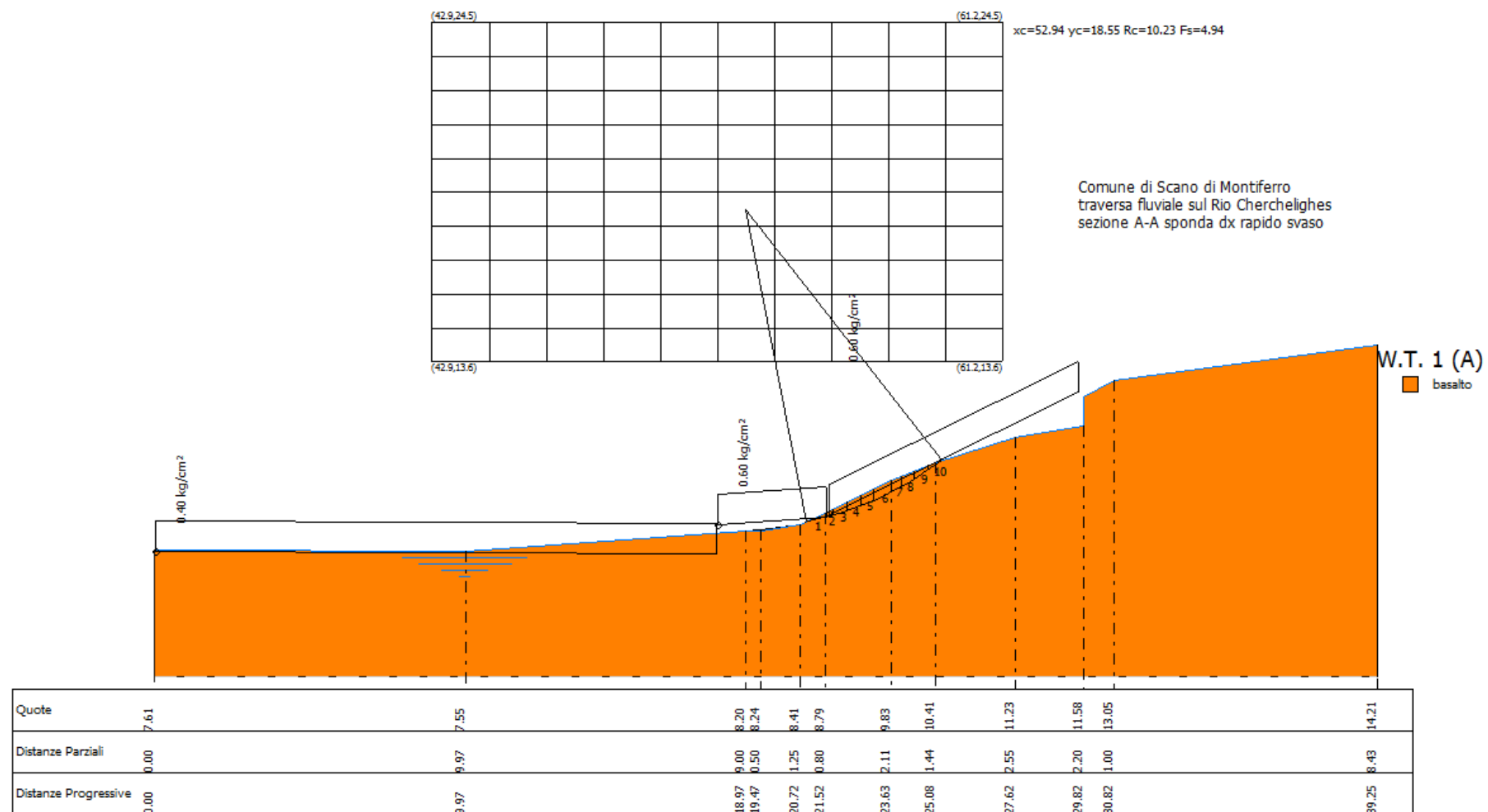


Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]] CONDIZIONE NON DRENATA

Fs minimo individuato	4.94
Ascissa centro superficie	52.94 m
Ordinata centro superficie	18.55 m
Raggio superficie	10.23 m

xc = 52.941 yc = 18.548 Rc = 10.227 Fs=4.944

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.6	12.6	0.62	3106.7	46.6	21.75	0.61	52.6	42.9	2875.4	1379.5
2	0.27	15.1	0.28	1299.45	19.49	9.1	0.59	53.2	45.3	1185.2	596.1
3	0.44	17.1	0.46	2843.13	42.65	19.9	0.64	51.4	106.8	2624.2	1138.5
4	0.44	19.7	0.46	2906.82	43.6	20.35	0.64	51.4	137.1	2673.0	1157.8
5	0.44	22.3	0.47	2950.17	44.25	20.65	0.63	51.6	157.8	2706.7	1175.1
6	0.54	25.3	0.6	3678.1	55.17	25.75	0.63	51.8	208.0	3371.3	1474.7
7	0.33	28.0	0.38	2255.09	33.83	15.79	0.62	52.2	123.7	2066.6	916.8
8	0.44	30.5	0.5	2900.26	43.5	20.3	0.61	52.6	131.0	2657.1	1203.4
9	0.44	33.4	0.52	2812.25	42.18	19.69	0.59	53.2	90.9	2575.5	1202.3
10	0.44	36.3	0.54	2095.11	31.43	14.67	0.55	55.3	36.9	1837.5	1037.8



Pendii in terra

Per l'analisi di stabilità delle sezioni 02 e 04 il modello utilizzato per il calcolo è stato quello dei pendii in terra.

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

Introduzione all'analisi di stabilità

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

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

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

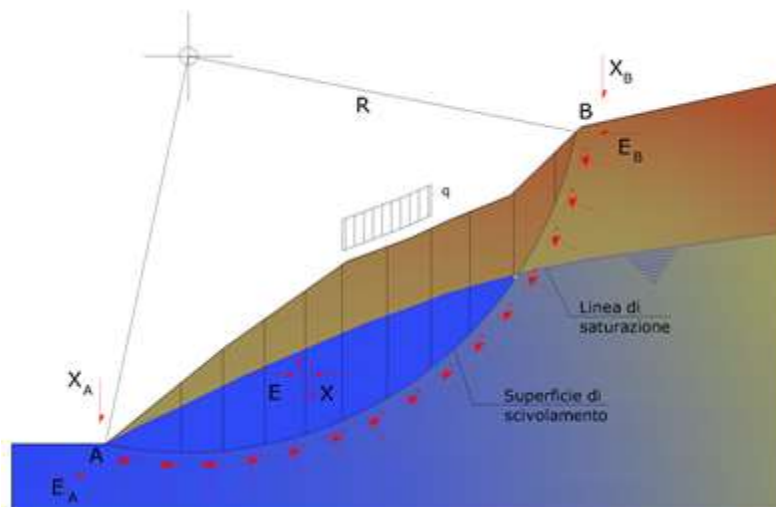
Metodo equilibrio limite (LEM)

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

$$F = \tau_f / \tau$$

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

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



Metodo dei concii

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

1. n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
2. n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
3. $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei concii;
4. $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei concii;
5. n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
6. $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
7. una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

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

Mentre le equazioni a disposizione sono:

8. equazioni di equilibrio dei momenti n ;
9. equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
10. equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
11. equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

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

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

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

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

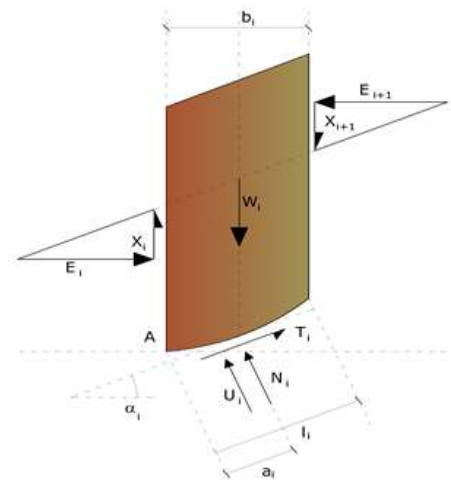
Metodo di Bishop (1955)

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

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

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



I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione

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

SEZIONE 02 sponda destra massimo invaso**Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)**

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	68.42 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5.79 m
Ascissa vertice destro superiore xs	79.52 m
Ordinata vertice destro superiore ys	12.13 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	62.47	0.95
2	64.98	0.96
3	72.48	1.29
4	74.5	1.65
5	76.5	2.28
6	78.5	3.03
7	81.15	3.68
8	83.35	4.03
9	84.35	5.5
10	91.58	6.69

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	62.47	4.02
2	64.98	4.02
3	72.48	4.02
4	74.5	4.02
5	76.5	4.02
6	78.5	4.02
7	81.15	4.02
8	83.35	4.02
9	84.35	5.49
10	91.58	6.68

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	62.47	0.01
2	63.5	0.0
3	72.18	0.31
4	72.84	0.42
5	76.5	2.28
6	78.5	3.03
7	81.15	3.68
8	83.35	4.03
9	84.35	5.5
10	91.58	6.69

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

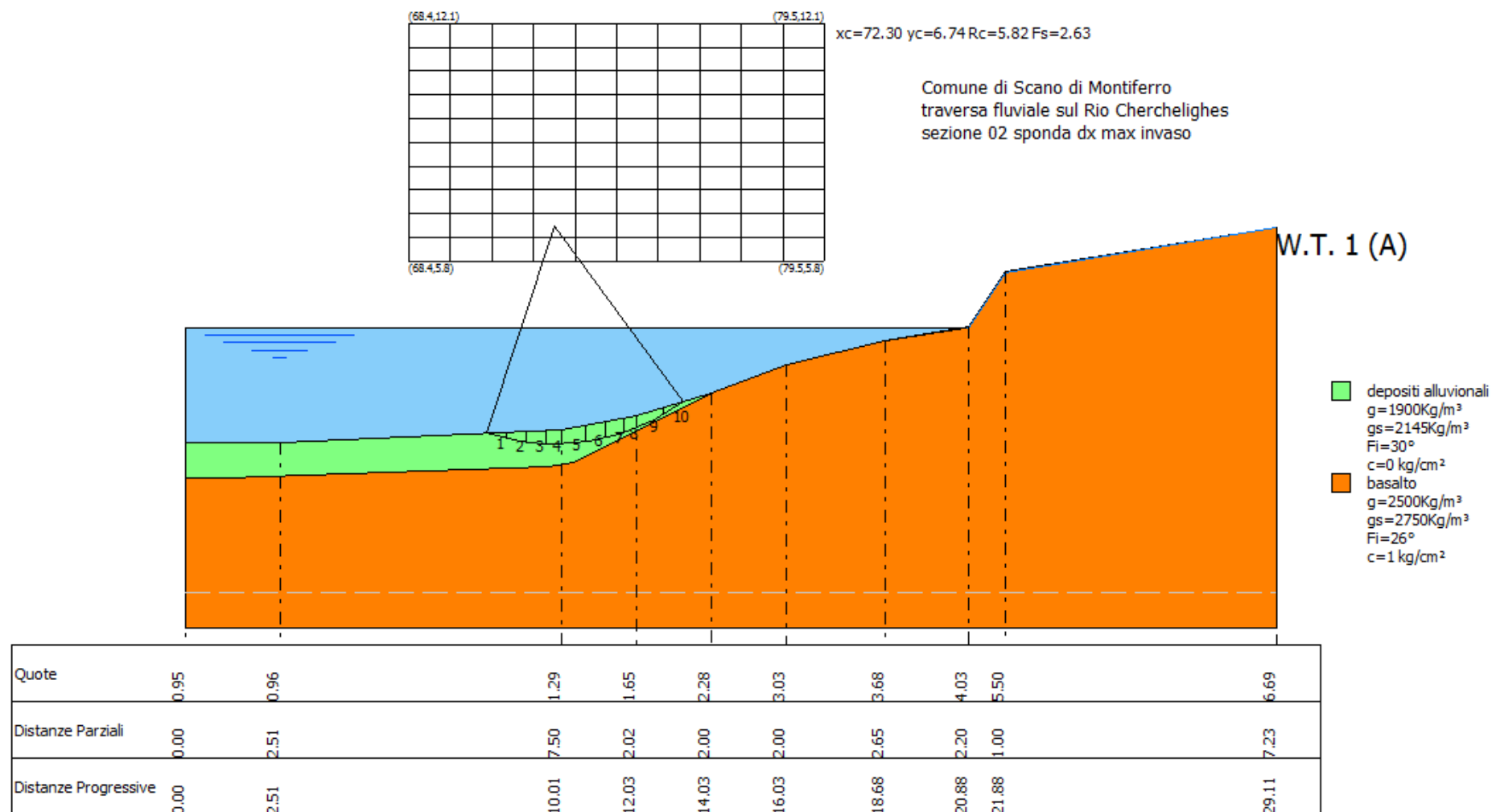
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	2.63
Ascissa centro superficie	72.3 m
Ordinata centro superficie	6.74 m
Raggio superficie	5.82 m

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

$$x_c = 72.304 \quad y_c = 6.738 \quad R_c = 5.823 \quad F_s = 2.628$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.52	-15.3	0.54	54.08	0.81	0.38	0.0	24.8	1518.6	58.6	9.4
2	0.52	-10.0	0.53	138.67	2.08	0.97	0.0	24.8	1580.5	144.9	23.2
3	0.52	-4.8	0.53	193.47	2.9	1.35	0.0	24.8	1616.3	196.8	31.4
4	0.41	-0.2	0.41	169.34	2.54	1.19	0.0	24.8	1264.0	169.4	27.1
5	0.64	4.9	0.64	299.86	4.5	2.1	0.0	24.8	1976.4	296.9	47.4
6	0.52	10.7	0.53	260.17	3.9	1.82	0.0	24.8	1573.7	257.0	41.1
7	0.52	16.1	0.55	242.04	3.63	1.69	0.0	24.8	1508.2	240.8	38.5
8	0.32	20.5	0.35	126.3	1.89	0.88	0.0	24.8	888.5	127.2	20.3
9	0.72	26.1	0.81	213.46	3.2	1.49	0.0	24.8	1817.9	220.5	35.2
10	0.52	33.2	0.63	59.53	0.89	0.42	0.0	24.8	1130.6	64.4	10.3



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	68.42 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5.79 m
Ascissa vertice destro superiore xs	79.52 m
Ordinata vertice destro superiore ys	12.13 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	62.47	0.95
2	64.98	0.96
3	72.48	1.29
4	74.5	1.65
5	76.5	2.28
6	78.5	3.03
7	81.15	3.68
8	83.35	4.03
9	84.35	5.5
10	91.58	6.69

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	62.47	4.02
2	64.98	4.02
3	72.48	4.02
4	74.5	4.02
5	76.5	4.02
6	78.5	4.02
7	81.15	4.02
8	83.35	4.02
9	84.35	5.49
10	91.58	6.68

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	62.47	0.01

2	63.5	0.0
3	72.18	0.31
4	72.84	0.42
5	76.5	2.28
6	78.5	3.03
7	81.15	3.68
8	83.35	4.03
9	84.35	5.5
10	91.58	6.69

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

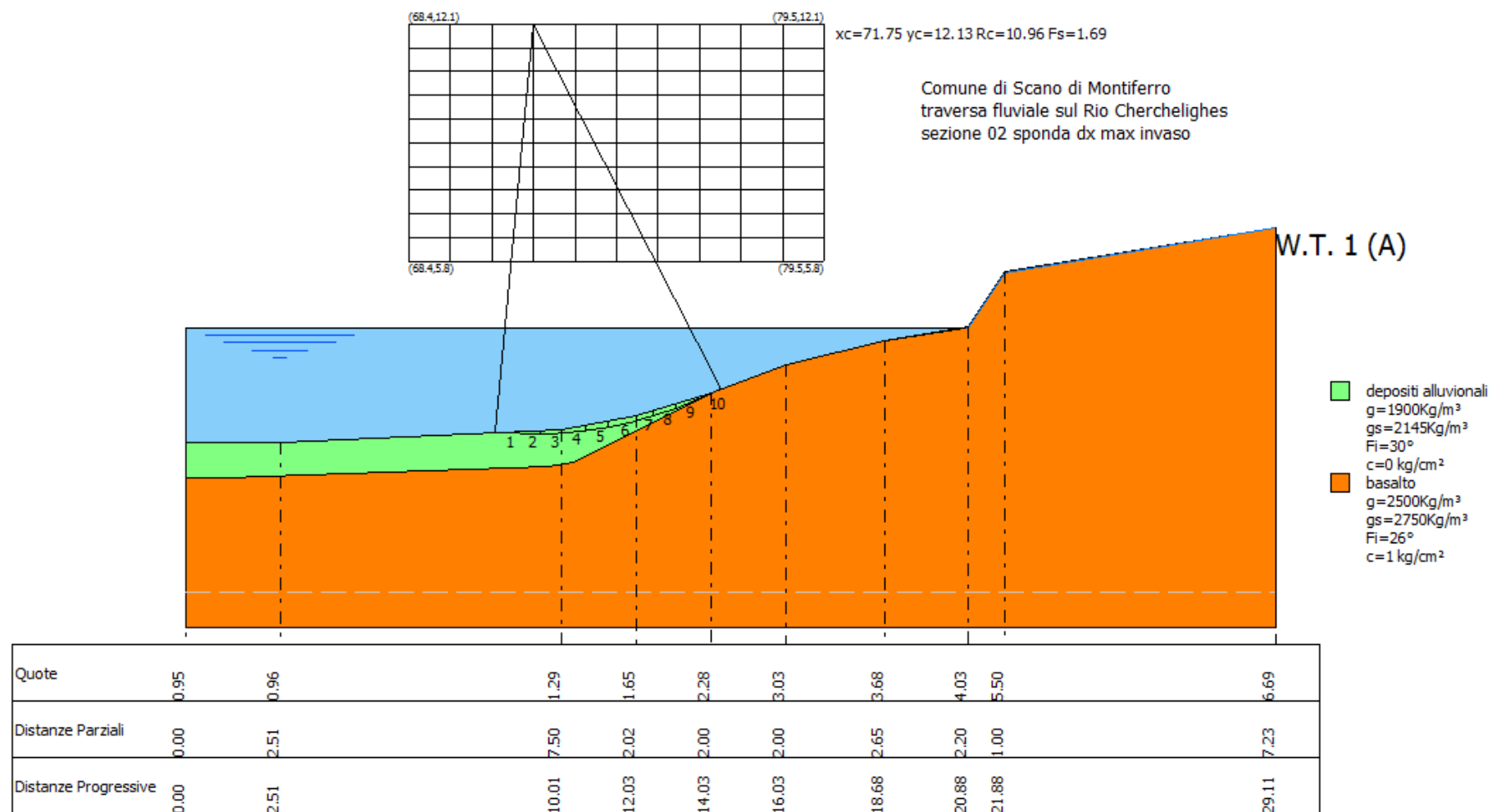
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.69
Ascissa centro superficie	71.75 m
Ordinata centro superficie	12.13 m
Raggio superficie	10.96 m

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

$$x_c = 71.749 \quad y_c = 12.128 \quad R_c = 10.963 \quad F_s = 1.69$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.6	-3.7	0.6	1729.53	25.94	12.11	0.0	0.0	1704.2	1733.2	0.0
2	0.6	-0.6	0.6	1776.55	26.65	12.44	0.0	0.0	1717.7	1776.6	0.0
3	0.54	2.4	0.54	1595.13	23.93	11.17	0.0	0.0	1532.8	1596.6	0.0
4	0.67	5.6	0.67	1962.41	29.44	13.74	0.0	0.0	1863.0	1971.8	0.0
5	0.6	8.9	0.61	1751.06	26.27	12.26	0.0	0.0	1637.9	1772.6	0.0
6	0.75	12.5	0.77	2074.07	31.11	14.52	0.0	0.0	1938.8	2124.7	0.0
7	0.46	15.8	0.47	1189.75	17.85	8.33	0.0	0.0	1113.7	1236.3	0.0
8	0.6	18.7	0.64	1472.68	22.09	10.31	0.0	0.0	1370.7	1554.5	0.0
9	0.6	22.0	0.65	1314.83	19.72	9.2	0.0	0.0	1236.3	1418.4	0.0
10	0.6	25.5	0.67	1114.57	16.72	7.8	0.8	0.0	1076.7	-133.4	2871.4



SEZIONE 02 sponda destra rapido svaso**Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)**

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	63.51 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	7.9 m
Ascissa vertice destro superiore xs	80.1 m
Ordinata vertice destro superiore ys	15.93 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	62.47	0.95
2	64.98	0.96
3	72.48	1.29
4	74.5	1.65
5	76.5	2.28
6	78.5	3.03
7	81.15	3.68
8	83.35	4.03
9	84.35	5.5
10	91.58	6.69

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	62.47	0.94
2	64.98	0.95
3	72.48	1.28
4	74.5	1.64
5	76.5	2.27
6	78.5	3.02
7	81.15	3.67
8	83.35	4.02
9	84.35	5.49
10	91.58	6.68

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
---	----------	----------

1	62.47	0.01
2	63.5	0.0
3	72.18	0.31
4	72.84	0.42
5	76.5	2.28
6	78.5	3.03
7	81.15	3.68
8	83.35	4.03
9	84.35	5.5
10	91.58	6.69

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

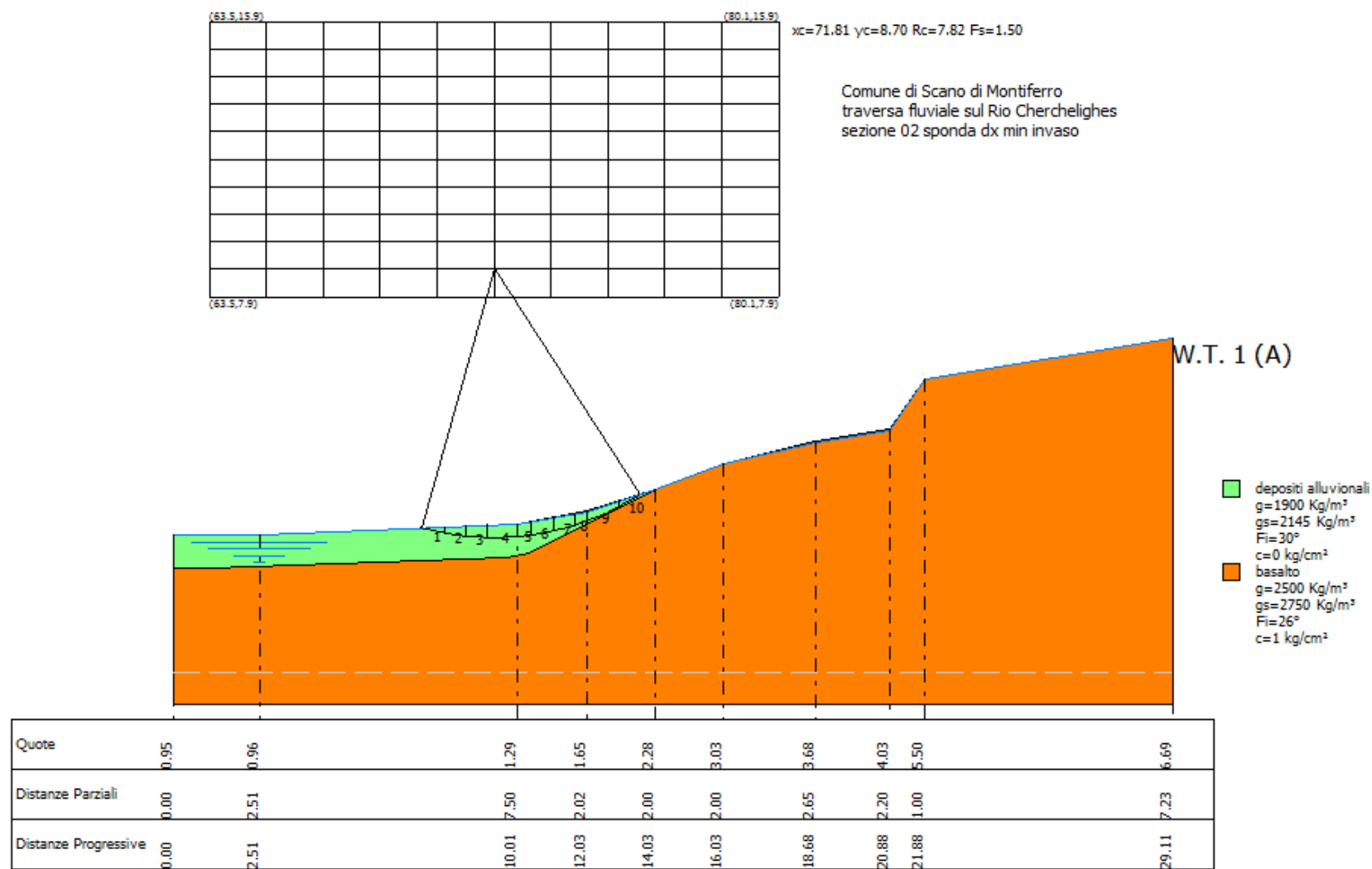
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.5
Ascissa centro superficie	71.81 m
Ordinata centro superficie	8.7 m
Raggio superficie	7.82 m

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

$$x_c = 71.807 \quad y_c = 8.702 \quad R_c = 7.82 \quad F_s = 1.504$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.63	-13.1	0.65	126.77	1.9	0.89	0.0	24.8	51.8	82.3	23.0
2	0.63	-8.4	0.64	329.27	4.94	2.3	0.0	24.8	150.8	188.1	52.5
3	0.63	-3.7	0.64	457.42	6.86	3.2	0.0	24.8	208.4	254.1	71.0
4	0.86	1.8	0.86	706.21	10.59	4.94	0.0	24.8	325.0	378.1	105.6
5	0.41	6.5	0.41	340.16	5.1	2.38	0.0	24.8	156.0	179.6	50.1
6	0.63	10.3	0.64	555.35	8.33	3.89	0.0	24.8	255.8	289.7	80.9
7	0.63	15.1	0.66	515.33	7.73	3.61	0.0	24.8	233.1	271.8	75.9
8	0.34	18.8	0.36	233.01	3.5	1.63	0.0	24.8	107.0	121.5	33.9
9	0.93	23.9	1.02	491.59	7.37	3.44	0.0	24.8	218.2	266.1	74.3
10	0.63	30.3	0.73	128.62	1.93	0.9	0.0	24.8	55.1	73.2	20.5



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	63.51 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	7.9 m
Ascissa vertice destro superiore xs	80.1 m
Ordinata vertice destro superiore ys	15.93 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	62.47	0.95
2	64.98	0.96
3	72.48	1.29
4	74.5	1.65
5	76.5	2.28
6	78.5	3.03
7	81.15	3.68
8	83.35	4.03
9	84.35	5.5
10	91.58	6.69

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	62.47	0.94
2	64.98	0.95
3	72.48	1.28
4	74.5	1.64
5	76.5	2.27
6	78.5	3.02
7	81.15	3.67
8	83.35	4.02
9	84.35	5.49
10	91.58	6.68

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	62.47	0.01
2	63.5	0.0

3	72.18	0.31
4	72.84	0.42
5	76.5	2.28
6	78.5	3.03
7	81.15	3.68
8	83.35	4.03
9	84.35	5.5
10	91.58	6.69

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

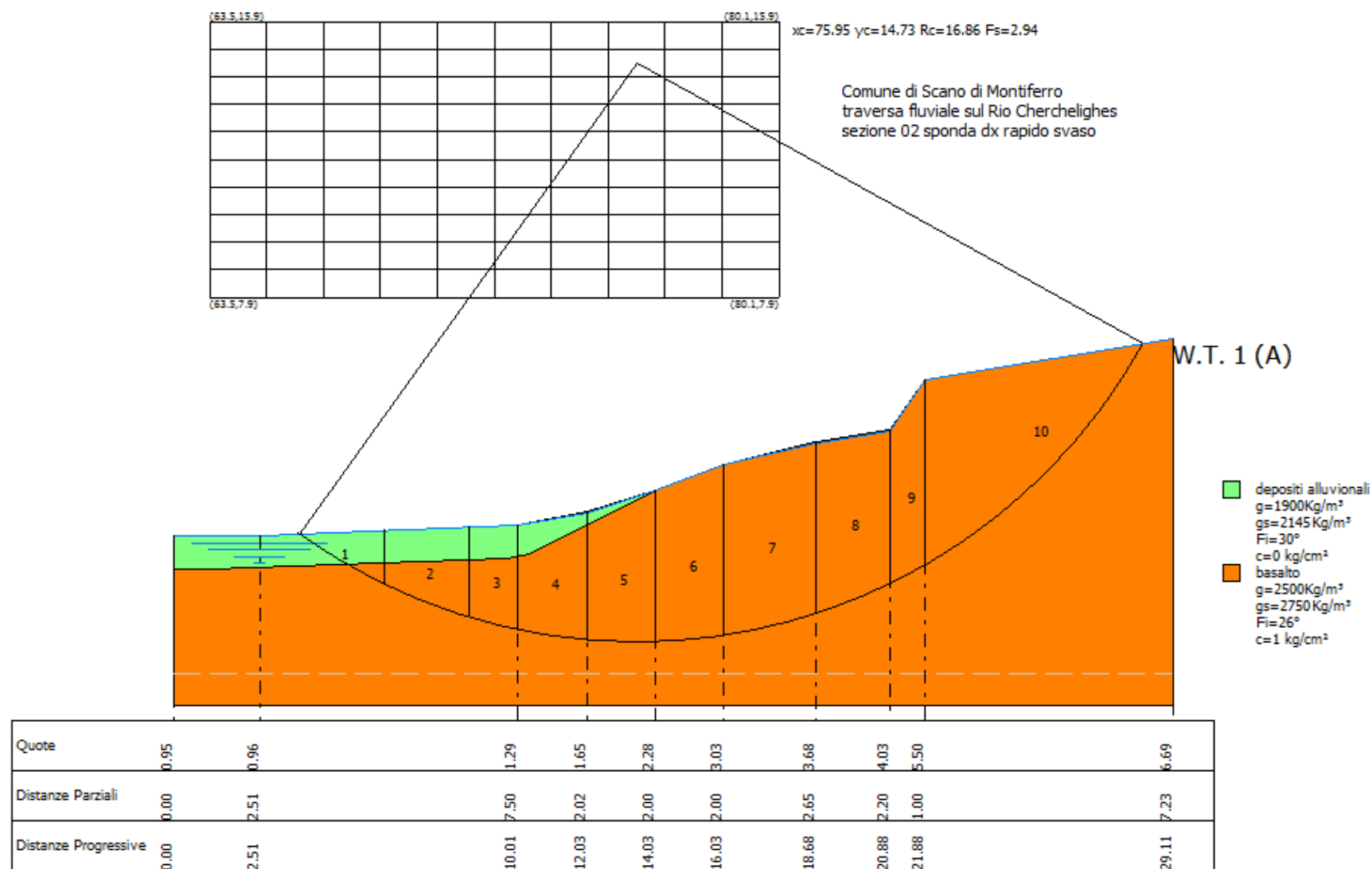
Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	2.94
Ascissa centro superficie	75.95 m
Ordinata centro superficie	14.73 m
Raggio superficie	16.86 m

xc = 75.952 yc = 14.729 Rc = 16.864 Fs=2.939

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.46	-30.7	2.86	4492.7	67.39	31.45	0.0	0.0	2084.5	5225.4	0.0
2	2.46	-21.4	2.64	13145.2	197.18	92.02	0.8	0.0	5251.2	16667.9	6524.7
3	1.43	-14.4	1.48	10430.52	156.46	73.01	0.8	0.0	4087.2	11703.9	3652.4
4	2.02	-8.4	2.04	18099.15	271.49	126.69	0.8	0.0	6881.7	19040.5	5042.2
5	2.0	-1.5	2.02	2283.12	334.25	155.98	0.8	0.0	8158.4	22424.3	4951.3
6	2.0	5.3	2.01	25951.97	389.28	181.66	0.8	0.0	9413.1	25603.4	4970.6
7	2.65	13.3	2.72	36721.8	550.83	257.05	0.8	0.0	13327.7	36141.4	6739.5
8	2.2	22.0	2.37	28856.35	432.85	201.99	0.8	0.0	10483.7	28748.8	5871.5
9	1.0	27.9	1.13	13574.19	203.61	95.02	0.8	0.0	4921.7	13879.7	2801.4
10	6.35	45.4	9.04	62152.37	932.29	435.07	0.8	0.0	22565.2	65838.2	22376.4



SEZIONE 02 sponda sinistra massimo invaso**analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)**

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	18.87 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	12.42 m
Ascissa vertice destro superiore xs	31.32 m
Ordinata vertice destro superiore ys	20.74 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	6.05
2	4.99	6.02
3	12.49	6.51
4	19.97	6.9
5	20.77	7.01
6	22.77	7.35
7	24.77	7.51
8	26.77	7.81
9	32.77	9.13
10	35.77	10.6
11	36.77	11.8
12	42.24	12.61

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	9.12
2	4.99	9.12
3	12.49	9.12
4	19.97	9.12
5	20.77	9.12
6	22.77	9.12
7	24.77	9.12
8	26.77	9.12
9	32.77	9.12
10	35.77	10.59
11	36.77	11.79
12	42.24	12.6

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	5.1
2	8.95	5.26
3	12.49	5.49
4	14.42	5.75
5	15.87	5.86
6	17.64	6.05
7	18.95	6.21
8	19.97	6.29
9	20.77	6.51
10	22.03	6.6
11	22.77	6.8
12	23.84	7.03
13	24.77	7.26
14	25.42	7.38
15	32.77	9.13
16	32.77	9.13
17	32.77	9.13
18	32.77	9.13
19	32.77	9.13
20	32.77	9.13
21	32.77	9.13
22	32.77	9.13
23	35.77	10.6
24	36.77	11.8
25	42.24	12.61

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

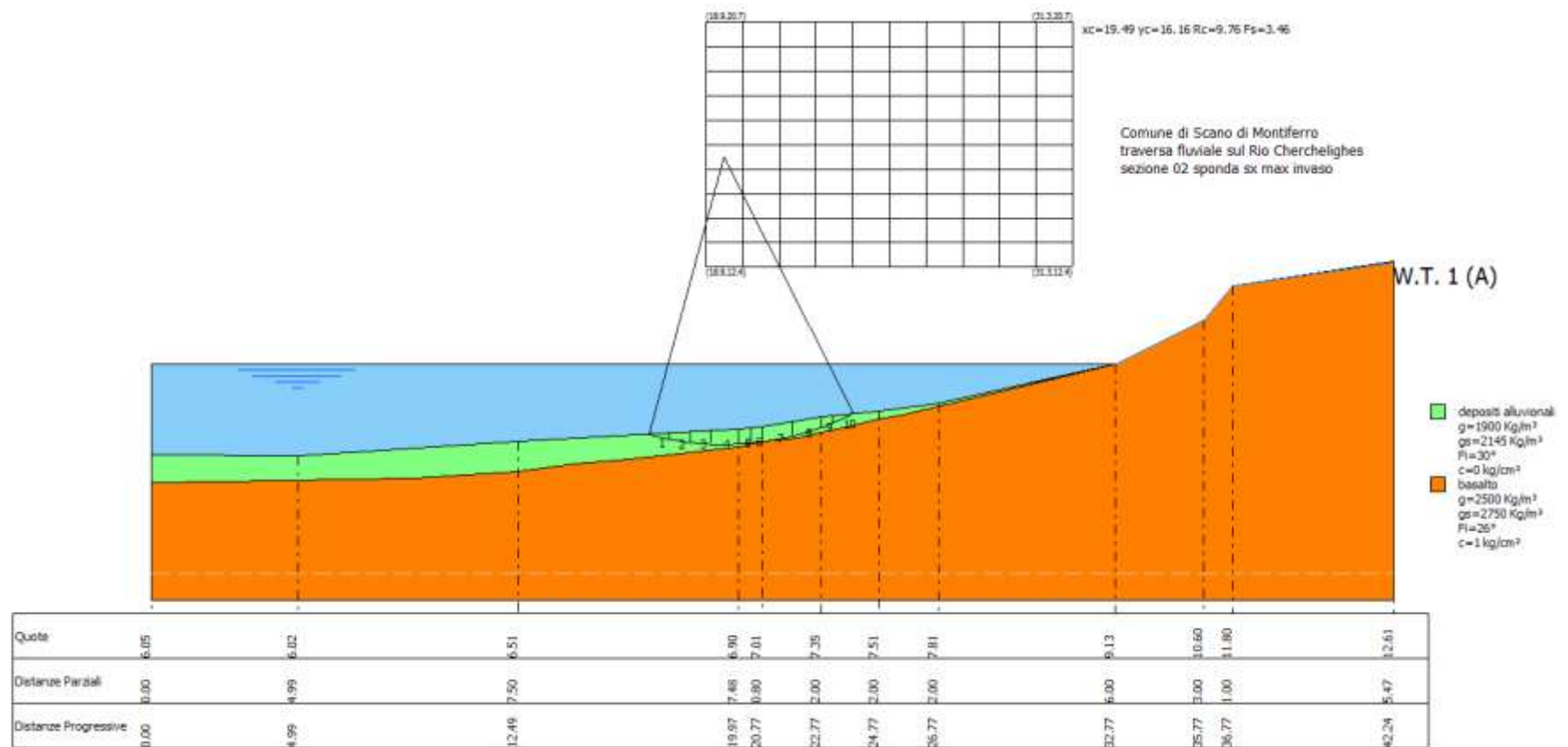
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	3.46
Ascissa centro superficie	19.49 m
Ordinata centro superficie	16.16 m
Raggio superficie	9.76 m

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

xc = 19.488 yc = 16.162 Rc = 9.761 Fs=3.458

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.69	-13.1	0.71	84.22	1.26	0.59	0.0	24.8	1708.9	89.0	10.8
2	0.69	-9.0	0.7	221.02	3.32	1.55	0.0	24.8	1803.0	228.1	27.7
3	0.69	-4.9	0.7	317.02	4.76	2.22	0.0	24.8	1861.6	321.5	39.0
4	0.96	0.0	0.96	527.74	7.92	3.69	0.0	24.8	2621.5	527.7	64.1
5	0.42	4.1	0.42	245.52	3.68	1.72	0.0	24.8	1140.2	244.0	29.6
6	0.38	6.4	0.38	225.19	3.38	1.58	0.0	24.8	999.5	223.6	27.1
7	1.01	10.6	1.03	614.27	9.21	4.3	0.0	24.8	2582.1	611.0	74.2
8	0.99	16.6	1.03	519.65	7.79	3.64	0.0	24.8	2282.0	523.3	63.6
9	0.4	20.9	0.43	148.51	2.23	1.04	0.0	24.8	830.8	151.9	18.4
10	0.69	24.4	0.76	110.03	1.65	0.77	0.0	24.8	1281.4	114.5	13.9



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	18.87 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	12.42 m
Ascissa vertice destro superiore xs	31.32 m
Ordinata vertice destro superiore ys	20.74 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	6.05
2	4.99	6.02
3	12.49	6.51
4	19.97	6.9
5	20.77	7.01
6	22.77	7.35
7	24.77	7.51
8	26.77	7.81
9	32.77	9.13
10	35.77	10.6
11	36.77	11.8
12	42.24	12.61

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	9.12
2	4.99	9.12
3	12.49	9.12
4	19.97	9.12
5	20.77	9.12
6	22.77	9.12
7	24.77	9.12
8	26.77	9.12
9	32.77	9.12
10	35.77	10.59
11	36.77	11.79
12	42.24	12.6

Vertici strato1

N	X	y
---	---	---

	(m)	(m)
1	0.0	5.1
2	8.95	5.26
3	12.49	5.49
4	14.42	5.75
5	15.87	5.86
6	17.64	6.05
7	18.95	6.21
8	19.97	6.29
9	20.77	6.51
10	22.03	6.6
11	22.77	6.8
12	23.84	7.03
13	24.77	7.26
14	25.42	7.38
15	32.77	9.13
16	32.77	9.13
17	32.77	9.13
18	32.77	9.13
19	32.77	9.13
20	32.77	9.13
21	32.77	9.13
22	32.77	9.13
23	35.77	10.6
24	36.77	11.8
25	42.24	12.61

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

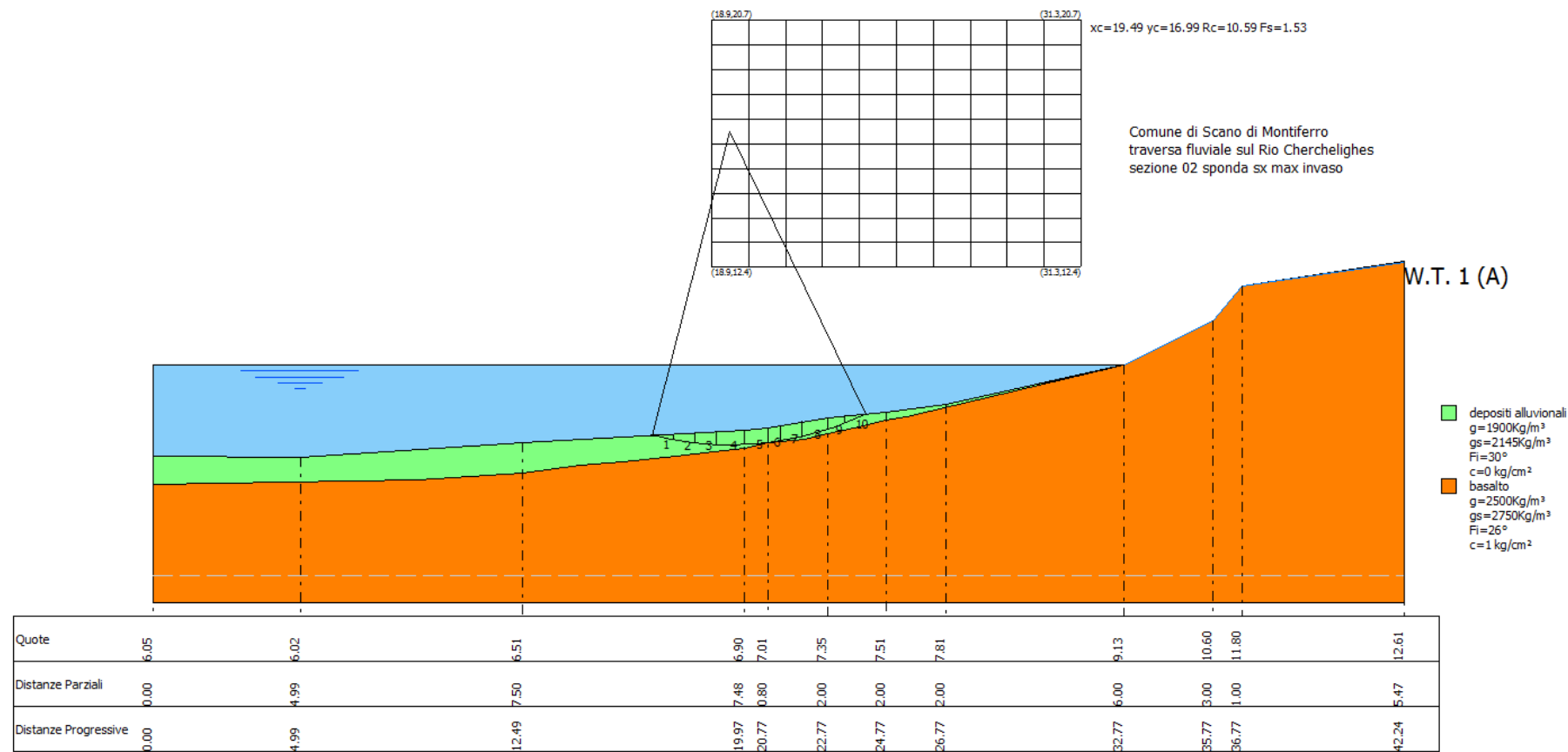
Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.53
Ascissa centro superficie	19.49 m
Ordinata centro superficie	16.99 m
Raggio superficie	10.59 m

xc = 19.488 yc = 16.994 Rc = 10.588 Fs=1.526

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.72	-12.4	0.74	1868.72	28.03	13.08	0.0	0.0	1781.6	1913.5	0.0
2	0.72	-8.4	0.73	2106.47	31.6	14.75	0.0	0.0	1877.8	2129.5	0.0
3	0.72	-4.5	0.73	2264.99	33.97	15.85	0.0	0.0	1937.0	2272.0	0.0
4	0.95	0.0	0.95	3093.74	46.41	21.66	0.0	0.0	2579.0	3093.7	0.0
5	0.8	4.8	0.8	2610.12	39.15	18.27	0.0	0.0	2139.6	2619.3	0.0
6	0.42	8.1	0.42	1348.39	20.23	9.44	0.8	0.0	1089.5	1075.5	2012.4
7	0.72	11.2	0.74	2255.99	33.84	15.79	0.0	0.0	1813.9	2300.1	0.0
8	0.86	15.6	0.89	2464.12	36.96	17.25	0.0	0.0	1992.0	2559.0	0.0
9	0.59	19.8	0.62	1459.87	21.9	10.22	0.0	0.0	1227.1	1551.1	0.0
10	0.72	23.6	0.79	1436.19	21.54	10.05	0.0	0.0	1322.4	1567.0	0.0



SEZIONE 02 sponda sinistra rapido svaso**Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)**

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	11.62 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	10.09 m
Ascissa vertice destro superiore xs	26.2 m
Ordinata vertice destro superiore ys	18.73 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	6.05
2	4.99	6.02
3	12.49	6.51
4	19.97	6.9
5	20.77	7.01
6	22.77	7.35
7	24.77	7.51
8	26.77	7.81
9	32.77	9.13
10	35.77	10.6
11	36.77	11.8
12	42.24	12.61

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	6.04
2	4.99	6.01
3	12.49	6.5
4	19.97	6.89
5	20.77	7.0
6	22.77	7.34
7	24.77	7.5
8	26.77	7.8
9	32.77	9.12
10	35.77	10.59
11	36.77	11.79
12	42.24	12.6

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	5.1
2	8.95	5.26
3	12.49	5.49
4	14.42	5.75
5	15.87	5.86
6	17.64	6.05
7	18.95	6.21
8	19.97	6.29
9	20.77	6.51
10	22.03	6.6
11	22.77	6.8
12	23.84	7.03
13	24.77	7.26
14	25.42	7.38
15	32.77	9.13
16	32.77	9.13
17	32.77	9.13
18	32.77	9.13
19	32.77	9.13
20	32.77	9.13
21	32.77	9.13
22	32.77	9.13
23	35.77	10.6
24	36.77	11.8
25	42.24	12.61

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

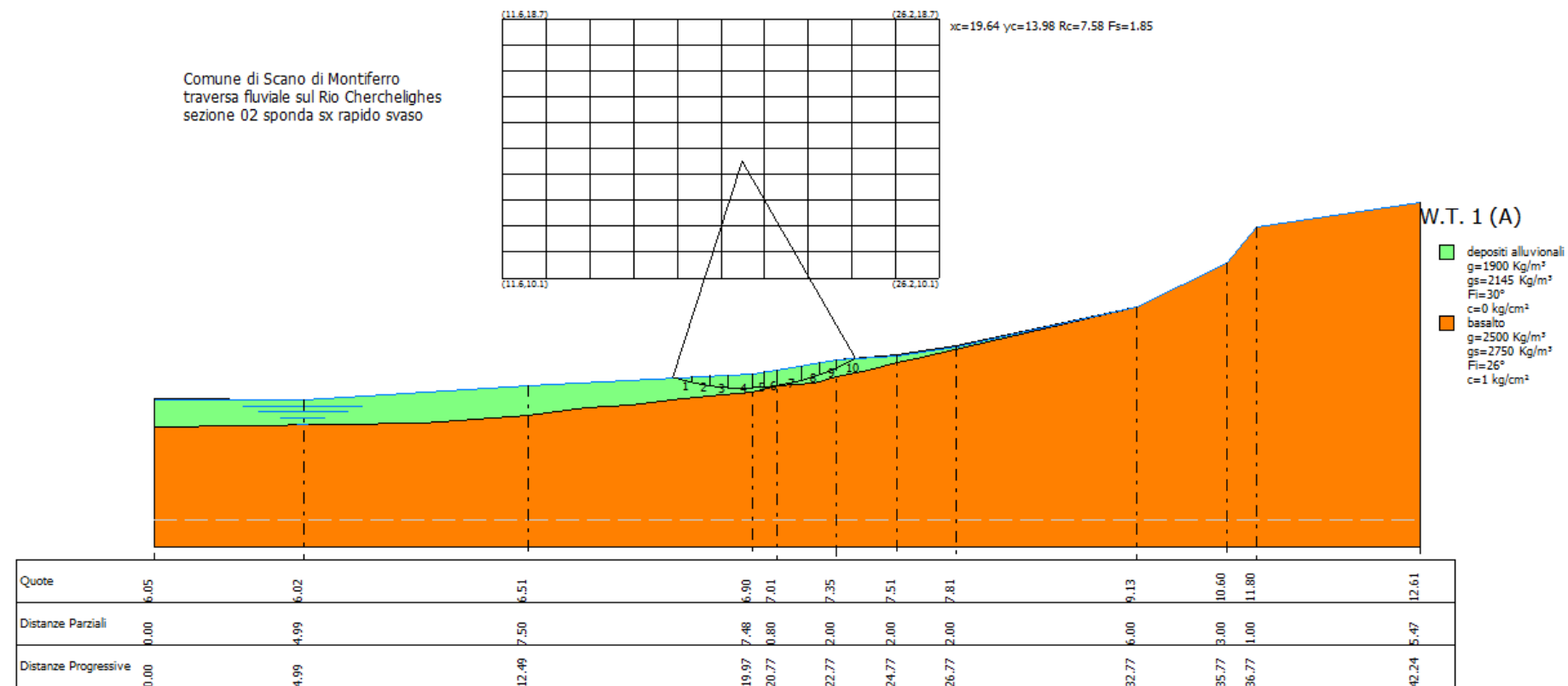
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.85
Ascissa centro superficie	19.64 m
Ordinata centro superficie	13.98 m
Raggio superficie	7.58 m

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

xc = 19.636 yc = 13.975 Rc = 7.576 Fs=1.852

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.61	-15.5	0.63	138.78	2.08	0.97	0.0	24.8	61.6	85.4	19.4
2	0.61	-10.7	0.62	363.92	5.46	2.55	0.0	24.8	162.2	214.5	48.6
3	0.61	-6.1	0.61	523.41	7.85	3.66	0.0	24.8	238.6	293.5	66.5
4	0.83	-0.6	0.83	856.99	12.85	6.0	0.0	24.8	390.6	467.5	106.0
5	0.39	4.0	0.39	421.58	6.32	2.95	0.0	24.8	191.6	227.0	51.5
6	0.41	7.0	0.42	466.28	6.99	3.26	0.0	24.8	214.5	246.8	56.0
7	0.8	11.7	0.82	896.34	13.45	6.27	0.0	24.8	413.2	471.2	106.8
8	0.61	17.2	0.64	599.04	8.99	4.19	0.0	24.8	275.0	317.0	71.9
9	0.59	22.0	0.63	437.99	6.57	3.07	0.0	24.8	196.5	238.6	54.1
10	0.63	27.1	0.71	195.02	2.93	1.37	0.0	24.8	86.3	109.4	24.8



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	11.62 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	10.09 m
Ascissa vertice destro superiore xs	26.2 m
Ordinata vertice destro superiore ys	18.73 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	6.05
2	4.99	6.02
3	12.49	6.51
4	19.97	6.9
5	20.77	7.01
6	22.77	7.35
7	24.77	7.51
8	26.77	7.81
9	32.77	9.13
10	35.77	10.6
11	36.77	11.8
12	42.24	12.61

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	6.04
2	4.99	6.01
3	12.49	6.5
4	19.97	6.89
5	20.77	7.0
6	22.77	7.34
7	24.77	7.5
8	26.77	7.8
9	32.77	9.12
10	35.77	10.59
11	36.77	11.79
12	42.24	12.6

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	5.1
2	8.95	5.26
3	12.49	5.49
4	14.42	5.75
5	15.87	5.86
6	17.64	6.05
7	18.95	6.21
8	19.97	6.29
9	20.77	6.51
10	22.03	6.6
11	22.77	6.8
12	23.84	7.03
13	24.77	7.26
14	25.42	7.38
15	32.77	9.13
16	32.77	9.13
17	32.77	9.13
18	32.77	9.13
19	32.77	9.13
20	32.77	9.13
21	32.77	9.13
22	32.77	9.13
23	35.77	10.6
24	36.77	11.8
25	42.24	12.61

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

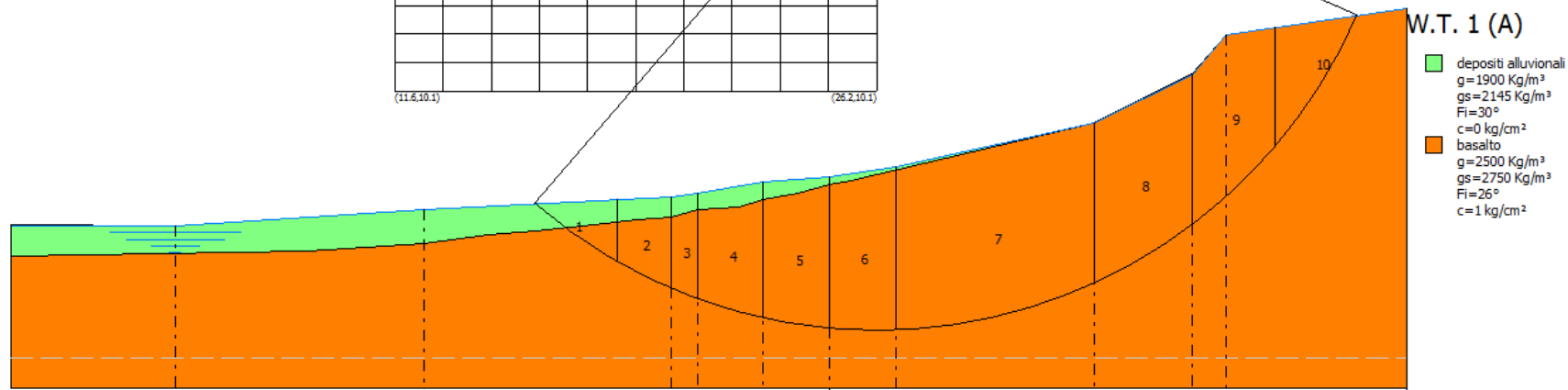
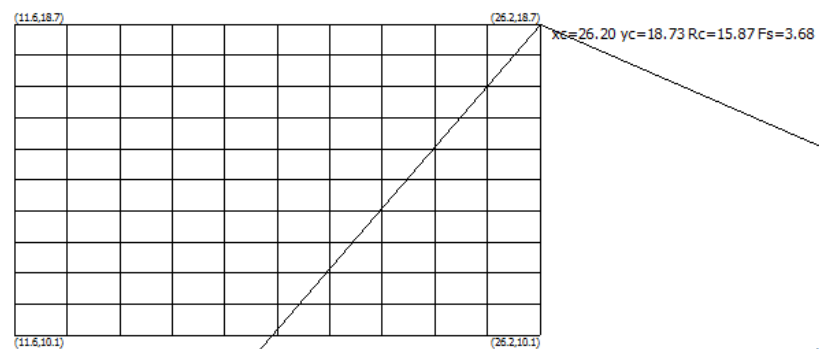
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	3.68
Ascissa centro superficie	26.2 m
Ordinata centro superficie	18.73 m
Raggio superficie	15.87 m

xc = 26.196 yc = 18.729 Rc = 15.874 Fs=3.684

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.49	-35.2	3.05	5916.65	88.75	41.42	0.8	0.0	2532.7	11470.9	6011.5
2	1.63	-26.4	1.82	9947.05	149.21	69.63	0.8	0.0	3820.5	12882.1	3590.0
3	0.8	-21.5	0.86	6319.6	94.79	44.24	0.8	0.0	2390.6	7463.8	1697.8
4	2.0	-16.2	2.08	19605.92	294.09	137.24	0.8	0.0	7366.1	21614.9	4112.0
5	2.0	-8.8	2.02	23632.03	354.48	165.42	0.8	0.0	8748.6	24532.6	3995.4
6	2.0	-1.5	2.02	6157.27	392.36	183.1	0.8	0.0	9565.3	26272.6	3949.7
7	6.0	13.3	6.16	85709.74	1285.65	599.97	0.8	0.03	1139.7	85191.3	12170.0
8	3.0	30.8	3.49	39591.26	593.87	277.14	0.8	0.01	4382.4	41977.6	6893.8
9	2.49	43.3	3.42	32303.04	484.55	226.12	0.8	0.01	1721.9	38018.2	6745.1
10	2.49	58.0	4.69								

Comune di Scano di Montiferro
traversa fluviale sul Rio Cherchelighes
sezione 02 sponda sx min invaso



Quote	6.05	6.02	6.51	6.90	7.01	7.35	7.51	7.81	9.13	10.60	11.80	12.61
Distanze Parziali	0.00	4.99	7.50	7.48	0.80	2.00	2.00	2.00	6.00	3.00	1.00	5.47
Distanze Progressive	0.00	4.99	12.49	19.97	20.77	22.77	24.77	26.77	32.77	35.77	36.77	42.24

SEZIONE 04 sponda destra massimo invaso**Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)**

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	60.8 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	13.71 m
Ascissa vertice destro superiore xs	78.09 m
Ordinata vertice destro superiore ys	22.6 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	56.47	9.26
2	65.01	9.5
3	72.23	9.72
4	74.25	9.99
5	76.19	10.34
6	78.09	10.7
7	78.81	11.14
8	83.32	12.6
9	93.72	15.1

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	56.47	11.13
2	65.01	11.13
3	72.23	11.13
4	74.25	11.13
5	76.19	11.13
6	78.09	11.13
7	78.81	11.13
8	83.32	12.59
9	93.72	15.09

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	56.47	8.3
2	65.01	8.54
3	65.01	8.54

4	72.23	9.17
5	75.22	9.53
6	78.09	10.7
7	78.09	10.7
8	78.09	10.7
9	78.09	10.7
10	78.09	10.7
11	78.09	10.7
12	78.09	10.7
13	78.09	10.7
14	78.81	11.14
15	83.32	12.6
16	83.32	12.6
17	83.32	12.6
18	93.72	15.1

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

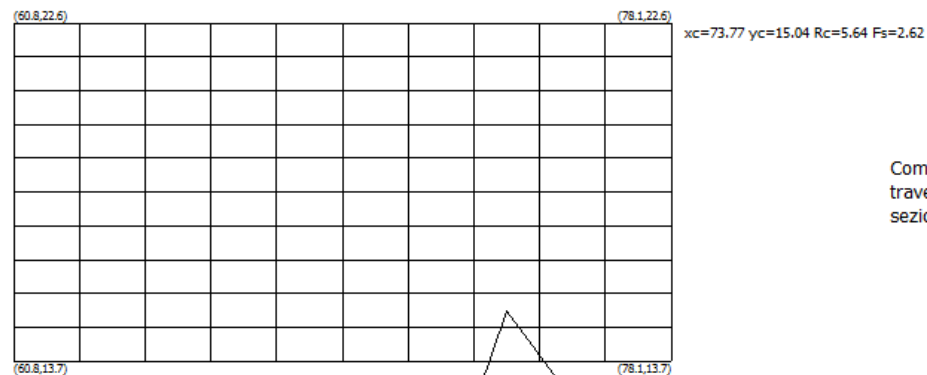
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2.62
Ascissa centro superficie	73.77 m
Ordinata centro superficie	15.04 m
Raggio superficie	5.64 m

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

$$x_c = 73.765 \quad y_c = 15.042 \quad R_c = 5.638 \quad F_s = 2.616$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.31	-17.5	0.32	19.38	0.29	0.14	0.0	24.8	449.6	21.4	3.4
2	0.73	-12.0	0.75	206.05	3.09	1.44	0.0	24.8	1179.9	218.1	35.0
3	0.52	-5.6	0.52	252.62	3.79	1.77	0.0	24.8	886.1	257.8	41.4
4	0.77	1.0	0.77	467.61	7.01	3.27	0.0	24.8	1322.8	466.4	74.8
5	0.28	6.3	0.28	181.43	2.72	1.27	0.0	24.8	467.0	179.3	28.8
6	0.52	10.4	0.53	350.35	5.26	2.45	0.0	24.8	851.8	346.0	55.5
7	0.52	15.8	0.54	333.65	5.0	2.34	0.0	24.8	788.8	331.7	53.2
8	0.63	22.1	0.68	336.98	5.05	2.36	0.0	24.8	833.3	341.4	54.8
9	0.41	27.9	0.46	149.24	2.24	1.04	0.0	24.8	439.9	155.6	25.0
10	0.52	33.4	0.62	78.95	1.18	0.55	0.0	24.8	417.2	85.5	13.7



Comune di Scano di Montiferro
traversa fluviale sul Rio Cherchelighes
sezione 04 sponda dx max invaso

W.T. 1 (A)

- depositi alluvionali
 $g=1900 \text{ Kg/m}^3$
 $g_s=2145 \text{ Kg/m}^3$
 $F_i=30^\circ$
 $c=0 \text{ kg/cm}^2$
- basalto
 $g=2500 \text{ Kg/m}^3$
 $g_s=2750 \text{ Kg/m}^3$
 $F_i=26^\circ$
 $c=1 \text{ kg/cm}^2$

Quote	9.26	9.50	9.72	9.99	10.34	10.70	11.14	12.60	15.10
Distanze Parziali	0.00	8.55	7.21	2.02	1.95	1.90	0.72	4.50	10.40
Distanze Progressive	0.00	8.55	15.76	17.78	19.73	21.63	22.34	26.85	37.25

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	60.8 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	13.71 m
Ascissa vertice destro superiore xs	78.09 m
Ordinata vertice destro superiore ys	22.6 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	56.47	9.26
2	65.01	9.5
3	72.23	9.72
4	74.25	9.99
5	76.19	10.34
6	78.09	10.7
7	78.81	11.14
8	83.32	12.6
9	93.72	15.1

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	56.47	11.13
2	65.01	11.13
3	72.23	11.13
4	74.25	11.13
5	76.19	11.13
6	78.09	11.13
7	78.81	11.13
8	83.32	12.59
9	93.72	15.09

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	56.47	8.3
2	65.01	8.54
3	65.01	8.54
4	72.23	9.17
5	75.22	9.53
6	78.09	10.7

7	78.09	10.7
8	78.09	10.7
9	78.09	10.7
10	78.09	10.7
11	78.09	10.7
12	78.09	10.7
13	78.09	10.7
14	78.81	11.14
15	83.32	12.6
16	83.32	12.6
17	83.32	12.6
18	93.72	15.1

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

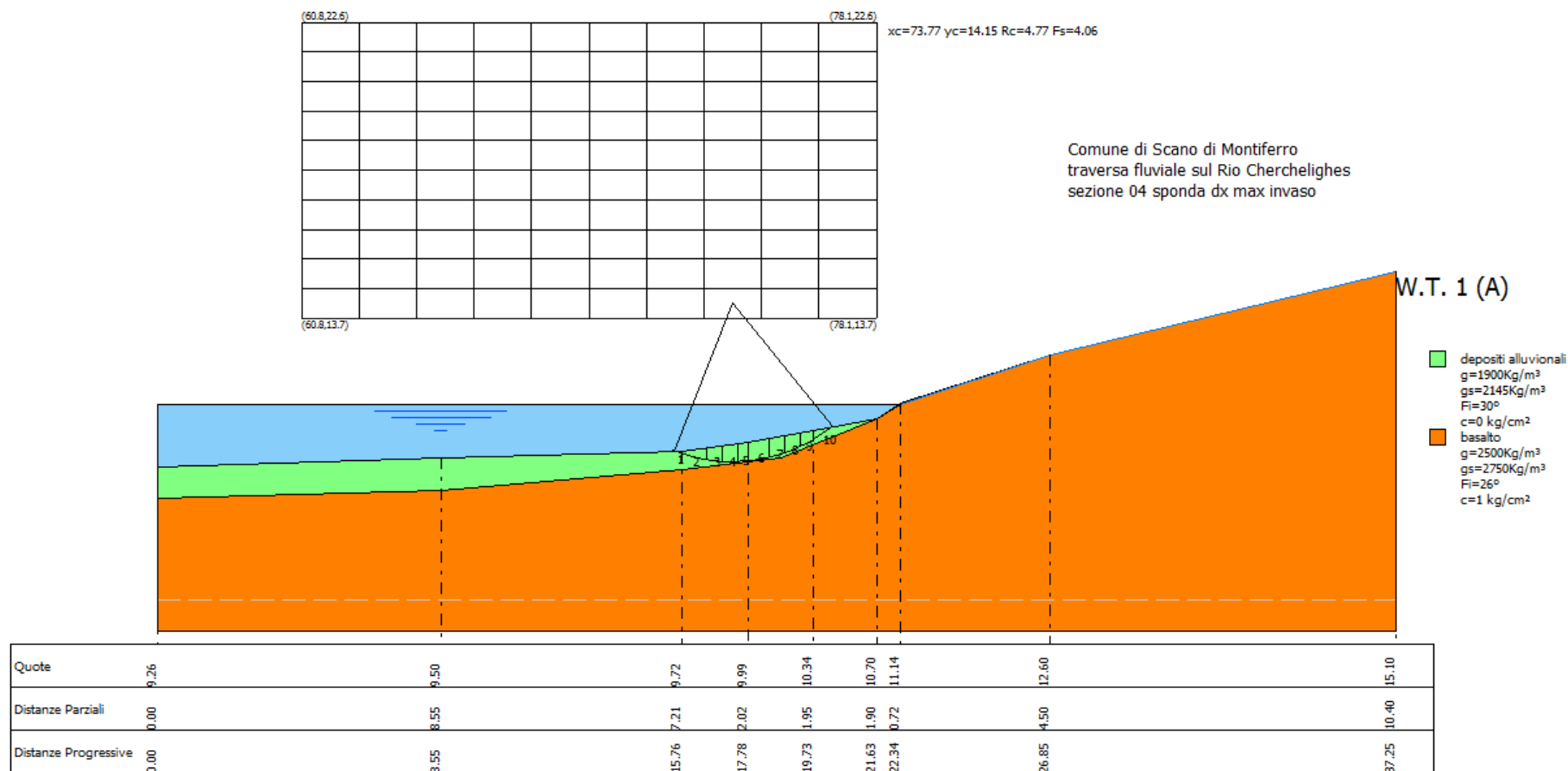
Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	4.06
Ascissa centro superficie	73.77 m
Ordinata centro superficie	14.15 m
Raggio superficie	4.77 m

xc = 73.765 yc = 14.153 Rc = 4.769 Fs=4.058

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.21	-20.2	0.23	319.23	4.79	2.23	0.0	0.0	308.6	340.1	0.0
2	0.74	-14.3	0.76	1387.79	20.82	9.71	0.0	0.0	1183.1	1431.9	0.0
3	0.48	-6.8	0.48	1051.0	15.77	7.36	0.0	0.0	814.9	1058.5	0.0
4	0.48	-1.1	0.48	1118.07	16.77	7.83	0.0	0.0	830.4	1118.3	0.0
5	0.33	3.8	0.33	795.19	11.93	5.57	0.0	0.0	577.6	796.9	0.0
6	0.62	9.5	0.63	1460.02	21.9	10.22	0.8	0.0	1039.9	1291.6	1123.1
7	0.48	16.3	0.49	1048.06	15.72	7.34	0.0	0.0	740.1	1091.9	0.0
8	0.48	22.3	0.51	924.85	13.87	6.47	0.0	0.0	661.1	999.9	0.0
9	0.38	28.0	0.43	609.98	9.15	4.27	0.0	0.0	452.9	691.1	0.0
10	0.57	34.8	0.69	617.35	9.26	4.32	0.0	0.0	513.5	751.7	0.0



SEZIONE 04 sponda destra rapido svaso**Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)**

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	65.52 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	15.55 m
Ascissa vertice destro superiore xs	81.57 m
Ordinata vertice destro superiore ys	22.72 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	56.47	9.26
2	65.01	9.5
3	72.23	9.72
4	74.25	9.99
5	76.19	10.34
6	78.09	10.7
7	78.81	11.14
8	83.32	12.6
9	93.72	15.1

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	56.47	9.25
2	65.01	9.49
3	72.23	9.71
4	74.25	9.98
5	76.19	10.33
6	78.09	10.69
7	78.81	11.13
8	83.32	12.59
9	93.72	15.09

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	56.47	8.3
2	65.01	8.54
3	65.01	8.54
4	72.23	9.17

5	75.22	9.53
6	78.09	10.7
7	78.09	10.7
8	78.09	10.7
9	78.09	10.7
10	78.09	10.7
11	78.09	10.7
12	78.09	10.7
13	78.09	10.7
14	78.81	11.14
15	83.32	12.6
16	83.32	12.6
17	83.32	12.6
18	93.72	15.1

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

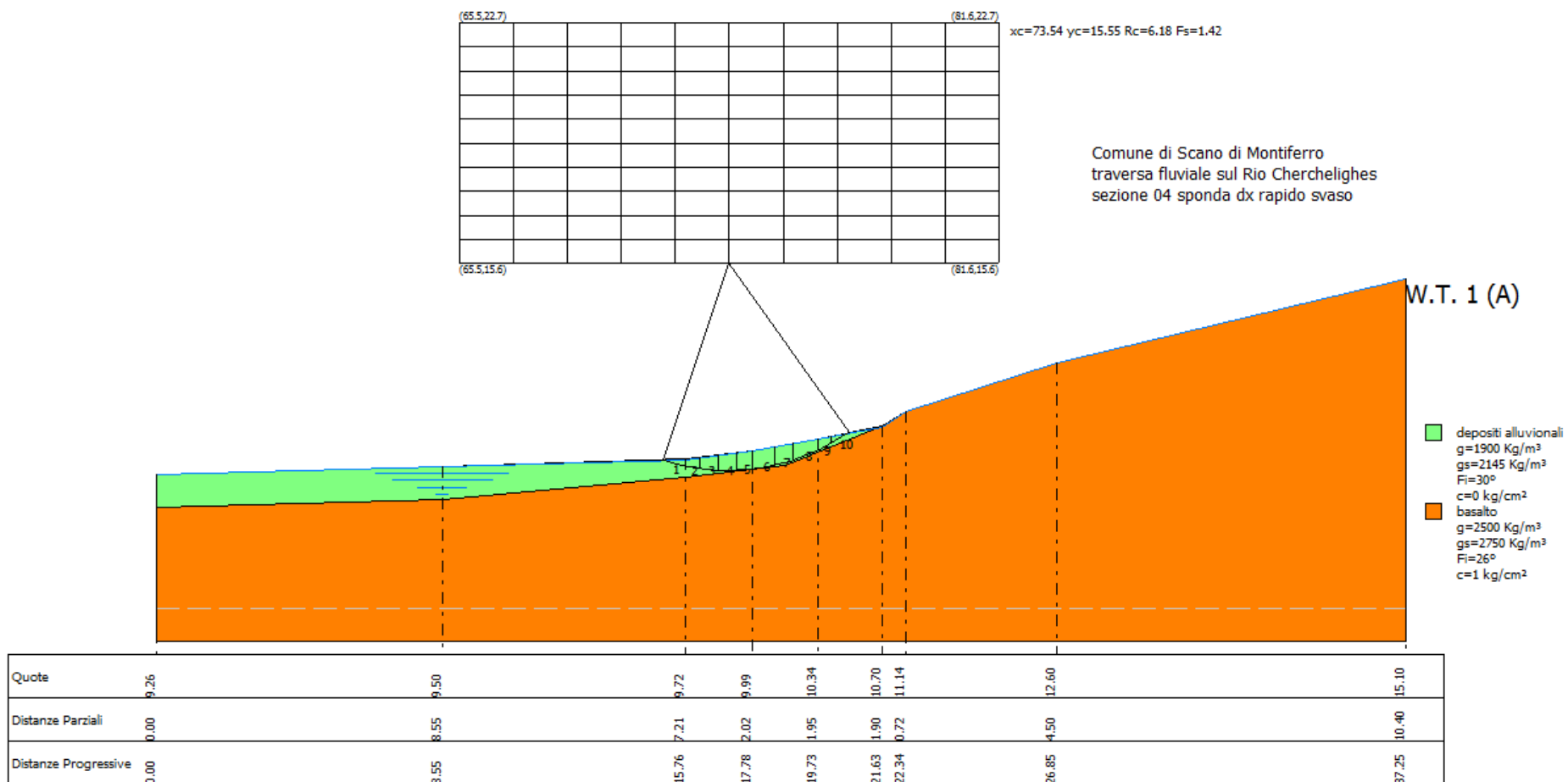
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.42
Ascissa centro superficie	73.54 m
Ordinata centro superficie	15.55 m
Raggio superficie	6.18 m

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

$$x_c = 73.544 \quad y_c = 15.551 \quad R_c = 6.178 \quad F_s = 1.421$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.67	-15.6	0.7	163.34	2.45	1.14	0.0	24.8	72.1	103.2	30.5
2	0.44	-10.3	0.45	264.58	3.97	1.85	0.0	24.8	121.0	154.1	45.5
3	0.56	-5.6	0.56	493.78	7.41	3.46	0.0	24.8	224.5	278.6	82.3
4	0.56	-0.4	0.56	615.14	9.23	4.31	0.0	24.8	280.4	335.4	99.1
5	0.47	4.3	0.47	566.21	8.49	3.96	0.0	24.8	260.5	299.8	88.6
6	0.65	9.6	0.65	811.29	12.17	5.68	0.0	24.8	372.6	423.8	125.2
7	0.56	15.3	0.58	669.45	10.04	4.69	0.0	24.8	307.2	347.5	102.7
8	0.75	21.7	0.8	737.11	11.06	5.16	0.0	24.8	338.8	383.6	113.3
9	0.37	27.3	0.41	242.84	3.64	1.7	0.0	24.8	110.8	129.0	38.1
10	0.56	32.3	0.66	157.52	2.36	1.1	0.0	24.8	67.7	89.6	26.5



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	65.52 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	15.55 m
Ascissa vertice destro superiore xs	81.57 m
Ordinata vertice destro superiore ys	22.72 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	56.47	9.26
2	65.01	9.5
3	72.23	9.72
4	74.25	9.99
5	76.19	10.34
6	78.09	10.7
7	78.81	11.14
8	83.32	12.6
9	93.72	15.1

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	56.47	9.25
2	65.01	9.49
3	72.23	9.71
4	74.25	9.98
5	76.19	10.33
6	78.09	10.69
7	78.81	11.13
8	83.32	12.59
9	93.72	15.09

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	56.47	8.3
2	65.01	8.54
3	65.01	8.54
4	72.23	9.17
5	75.22	9.53

6	78.09	10.7
7	78.09	10.7
8	78.09	10.7
9	78.09	10.7
10	78.09	10.7
11	78.09	10.7
12	78.09	10.7
13	78.09	10.7
14	78.81	11.14
15	83.32	12.6
16	83.32	12.6
17	83.32	12.6
18	93.72	15.1

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

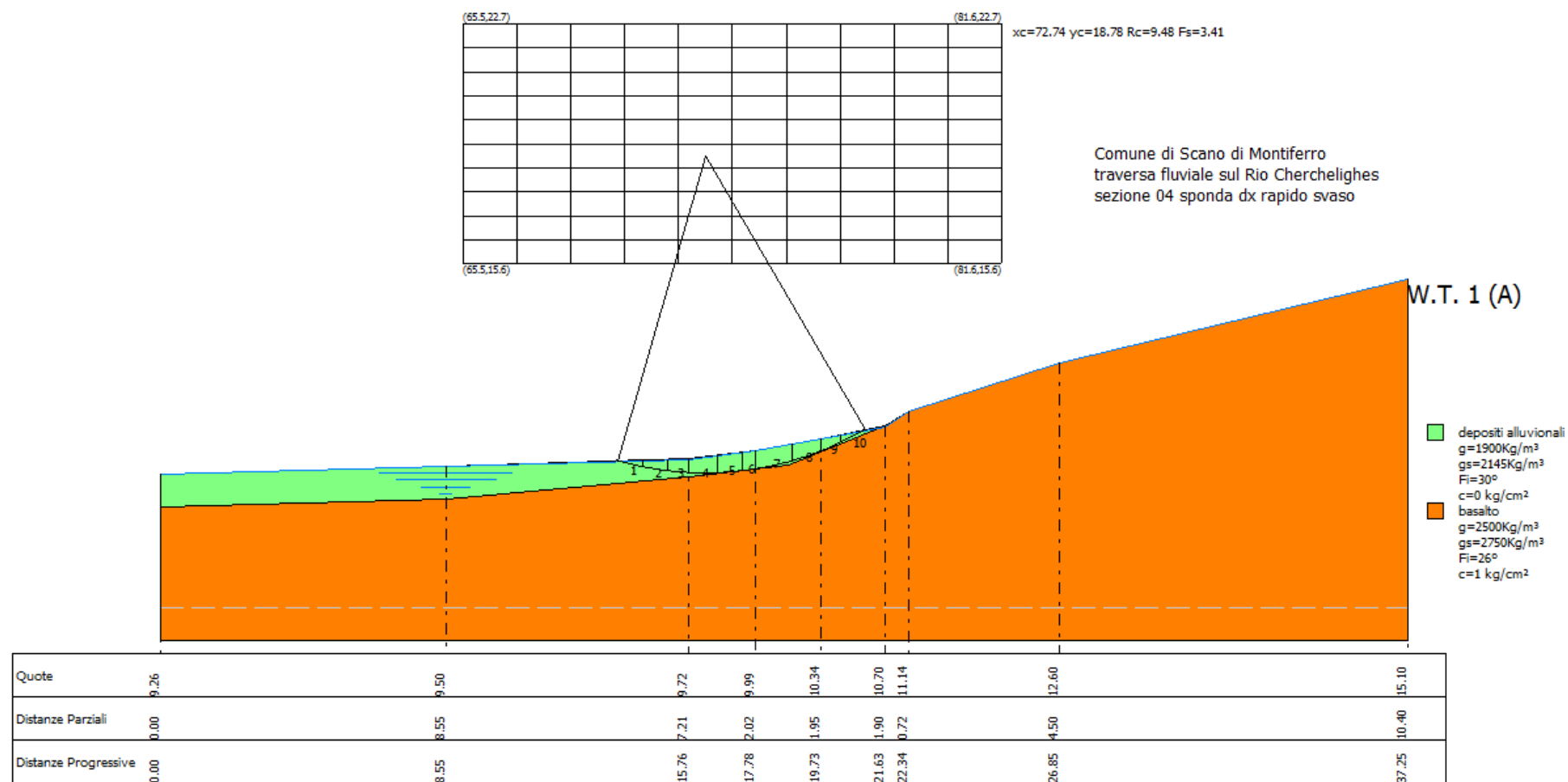
Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	3.41
Ascissa centro superficie	72.74 m
Ordinata centro superficie	18.78 m
Raggio superficie	9.48 m

$$x_c = 72.742 \quad y_c = 18.777 \quad R_c = 9.482 \quad F_s = 3.408$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.74	-13.7	0.76	172.45	2.59	1.21	0.0	0.0	71.3	177.5	0.0
2	0.74	-9.1	0.75	443.4	6.65	3.1	0.0	0.0	198.6	449.1	0.0
3	0.61	-5.0	0.61	504.05	7.56	3.53	0.0	0.0	230.3	506.0	0.0
4	0.87	-0.5	0.87	899.93	13.5	6.3	0.0	0.0	411.0	900.0	0.0
5	0.74	4.3	0.74	892.21	13.38	6.25	0.0	0.0	410.4	894.8	0.0
6	0.42	7.9	0.42	516.84	7.75	3.62	0.8	0.0	235.6	397.8	898.0
7	1.06	12.4	1.09	1290.24	19.35	9.03	0.0	0.0	589.7	1321.1	0.0
8	0.89	18.5	0.94	899.31	13.49	6.3	0.0	0.0	413.4	948.4	0.0
9	0.59	23.3	0.64	411.71	6.18	2.88	0.0	0.0	189.1	448.3	0.0
10	0.74	27.8	0.83	213.54	3.2	1.49	0.0	0.0	90.9	241.3	0.0



SEZIONE 04 sponda sinistra massimo invasivo
Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	72.76 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	15.76 m
Ascissa vertice destro superiore xs	83.12 m
Ordinata vertice destro superiore ys	22.52 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	62.82	9.5
2	69.73	9.98
3	70.96	10.11
4	73.07	10.15
5	75.06	10.28
6	77.02	10.43
7	77.9	11.14
8	81.12	12.6
9	87.72	16.24
10	92.0	17.6

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	62.82	11.13
2	69.73	11.13
3	70.96	11.13
4	73.07	11.13
5	75.06	11.13
6	77.02	11.13
7	77.9	11.13
8	81.12	12.59
9	87.72	16.23
10	92.0	17.59

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	62.82	8.64
2	64.45	8.78
3	67.23	9.08
4	69.82	9.34

5	71.05	9.34
6	73.24	9.53
7	77.02	10.43
8	77.02	10.43
9	77.02	10.43
10	77.02	10.43
11	77.02	10.43
12	77.02	10.43
13	77.02	10.43
14	77.02	10.43
15	77.02	10.43
16	77.9	11.14
17	81.12	12.6
18	87.72	16.24
19	92.0	17.6

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

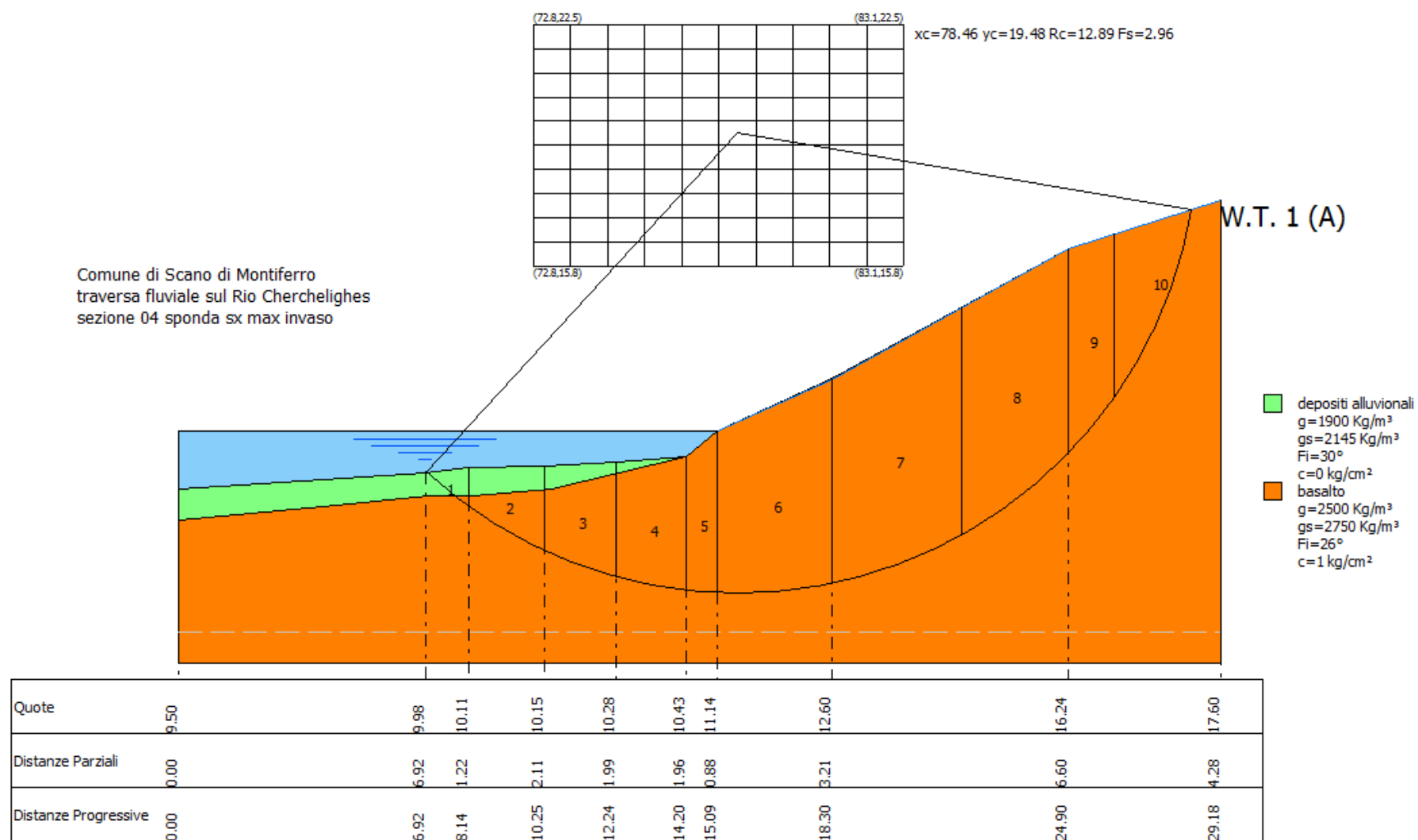
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	2.96
Ascissa centro superficie	78.46 m
Ordinata centro superficie	19.48 m
Raggio superficie	12.89 m

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

xc = 78.46 yc = 19.48 Rc = 12.891 Fs=2.96

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.21	-39.1	1.56	814.11	12.21	5.7	0.0	24.8	2025.9	1184.9	168.1
2	2.11	-30.2	2.44	5790.1	86.85	40.53	0.8	21.3	5939.4	10945.1	7309.2
3	1.99	-20.0	2.12	9350.97	140.26	65.46	0.8	21.3	7507.1	12390.6	6692.7
4	1.96	-10.9	2.01	1962.81	179.44	83.74	0.8	21.3	8472.2	13431.8	6523.4
5	0.88	-4.4	0.89	6424.17	96.36	44.97	0.8	21.3	3978.8	6674.7	2976.9
6	3.21	4.7	3.22	46262.85	693.94	323.84	0.8	21.3	16787.3	28640.3	11350.2
7	3.63	20.5	3.88	62023.75	930.36	434.17	0.8	21.3	22522.0	36955.9	13952.1
8	2.97	37.5	3.75	50903.59	763.55	356.33	0.8	21.3	18494.7	30946.1	12915.8
9	1.31	50.5	2.07	18837.51	282.56	131.86	0.8	21.3	6831.3	11102.2	6406.1
10	2.14	67.8	5.66	18013.49	270.2	126.09	0.8	21.3	6519.4	-2829.4	13574.4



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	72.76 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	15.76 m
Ascissa vertice destro superiore xs	83.12 m
Ordinata vertice destro superiore ys	22.52 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	62.82	9.5
2	69.73	9.98
3	70.96	10.11
4	73.07	10.15
5	75.06	10.28
6	77.02	10.43
7	77.9	11.14
8	81.12	12.6
9	87.72	16.24
10	92.0	17.6

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	62.82	11.13
2	69.73	11.13
3	70.96	11.13
4	73.07	11.13
5	75.06	11.13
6	77.02	11.13
7	77.9	11.13
8	81.12	12.59
9	87.72	16.23
10	92.0	17.59

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	62.82	8.64
2	64.45	8.78
3	67.23	9.08

4	69.82	9.34
5	71.05	9.34
6	73.24	9.53
7	77.02	10.43
8	77.02	10.43
9	77.02	10.43
10	77.02	10.43
11	77.02	10.43
12	77.02	10.43
13	77.02	10.43
14	77.02	10.43
15	77.02	10.43
16	77.9	11.14
17	81.12	12.6
18	87.72	16.24
19	92.0	17.6

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

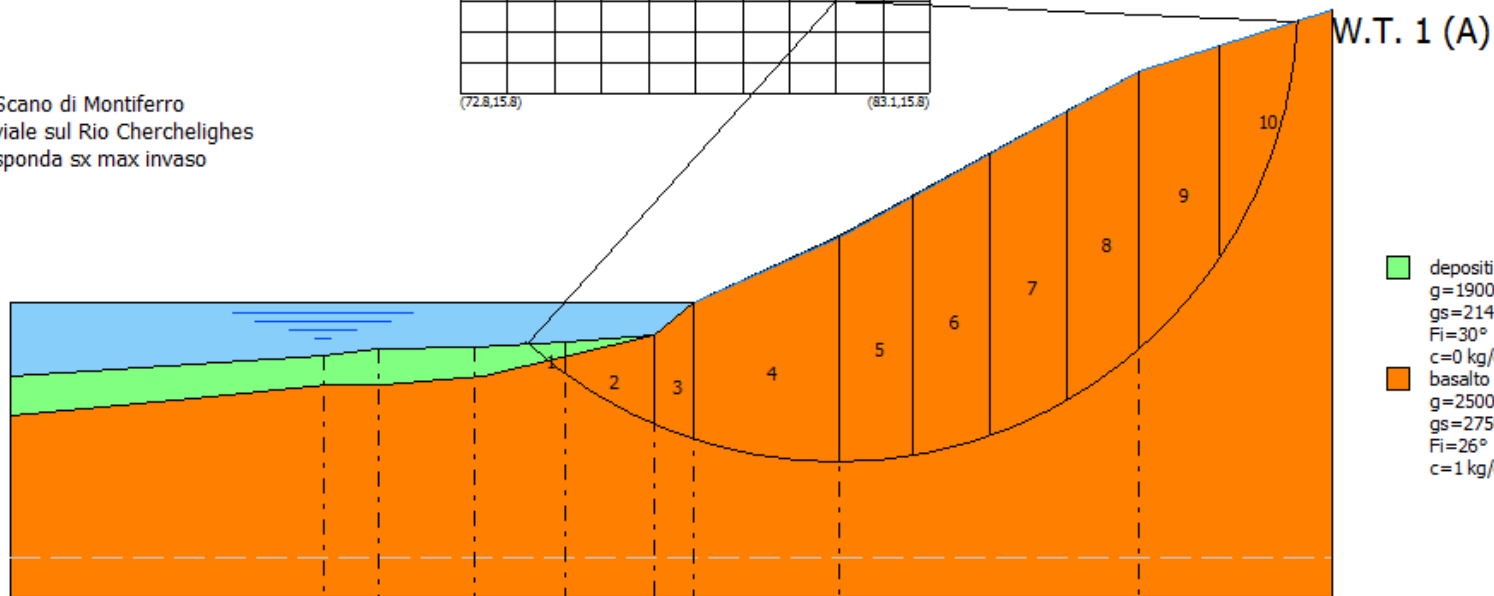
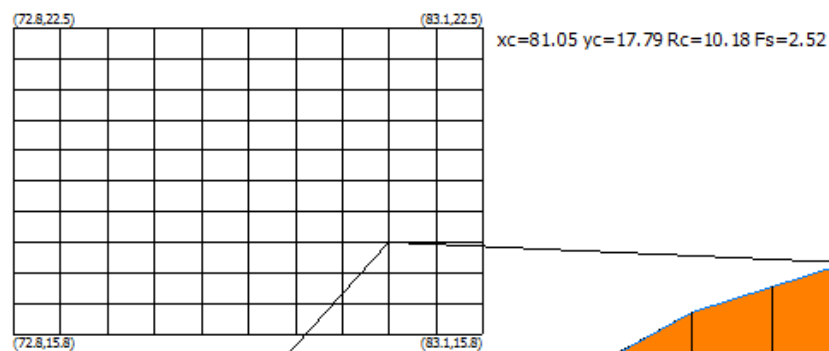
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	2.52
Ascissa centro superficie	81.05 m
Ordinata centro superficie	17.79 m
Raggio superficie	10.18 m

xc = 81.051 yc = 17.79 Rc = 10.176 Fs=2.522

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.81	-39.0	1.05	1371.24	20.57	9.6	0.0	0.0	1021.6	1765.5	0.0
2	1.96	-29.7	2.26	9012.75	135.19	63.09	0.8	0.0	4318.6	14097.0	6520.0
3	0.88	-20.7	0.94	6420.46	96.31	44.94	0.8	0.0	2530.6	7889.2	2722.2
4	3.21	-8.8	3.25	36565.94	548.49	255.96	0.8	0.0	13257.6	38459.0	9370.9
5	1.61	4.9	1.62	23969.29	359.54	167.79	0.8	0.0	8692.6	23655.2	4673.6
6	1.7	14.4	1.75	28148.61	422.23	197.04	0.8	0.0	10218.9	27765.2	5054.9
7	1.7	24.6	1.87	29719.22	445.79	208.03	0.8	0.0	10799.5	30226.6	5385.8
8	1.59	35.4	1.95	27677.99	415.17	193.75	0.8	0.0	10056.6	29959.3	5627.3
9	1.8	48.6	2.73	27517.15	412.76	192.62	0.8	0.0	9988.1	32691.9	7873.4
10	1.7	71.9	5.48	15808.25	237.12	110.66	0.8	0.0	5739.0	2554.0	15794.4

Comune di Scano di Montiferro
traversa fluviale sul Rio Cherchelighes
sezione 04 sponda sx max invaso



- depositi alluvionali
 $g=1900\text{Kg/m}^3$
 $gs=2145\text{Kg/m}^3$
 $Fi=30^\circ$
 $c=0\text{ kg/cm}^2$
- basalto
 $g=2500\text{Kg/m}^3$
 $gs=2750\text{Kg/m}^3$
 $Fi=26^\circ$
 $c=1\text{ kg/cm}^2$

Quote	9.50	9.98	10.11	10.15	10.28	10.43	11.14	12.60	16.24	17.60
Distanze Parziali	0.00	6.92	1.22	2.11	1.99	1.96	0.88	3.21	6.60	4.28
Distanze Progressive	0.00	6.92	8.14	10.25	12.24	14.20	15.09	18.30	24.90	29.18

SEZIONE 04 sponda sinistra rapido svaso
Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	71.9 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	15.05 m
Ascissa vertice destro superiore xs	82.26 m
Ordinata vertice destro superiore ys	21.81 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	62.82	9.5
2	69.73	9.98
3	70.96	10.11
4	73.07	10.15
5	75.06	10.28
6	77.02	10.43
7	77.9	11.14
8	81.12	12.6
9	87.72	16.24
10	92.0	17.6

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	62.82	9.49
2	69.73	9.97
3	70.96	10.1
4	73.07	10.14
5	75.06	10.27
6	77.02	10.42
7	77.9	11.13
8	81.12	12.59
9	87.72	16.23
10	92.0	17.59

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	62.82	8.64
2	64.45	8.78
3	67.23	9.08
4	69.82	9.34

5	71.05	9.34
6	73.24	9.53
7	77.02	10.43
8	77.02	10.43
9	77.02	10.43
10	77.02	10.43
11	77.02	10.43
12	77.02	10.43
13	77.02	10.43
14	77.02	10.43
15	77.02	10.43
16	77.9	11.14
17	81.12	12.6
18	87.72	16.24
19	92.0	17.6

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

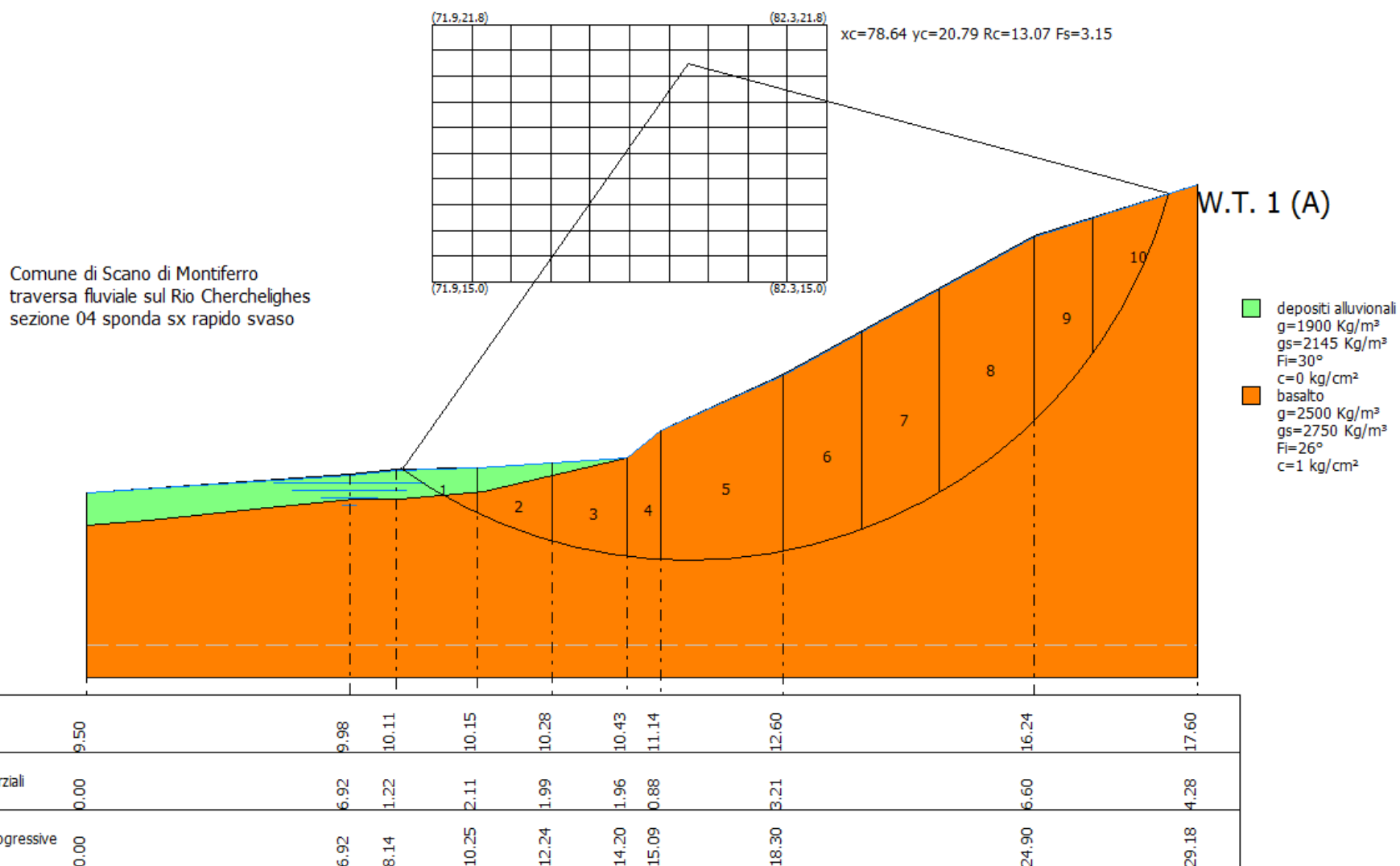
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	3.15
Ascissa centro superficie	78.64 m
Ordinata centro superficie	20.79 m
Raggio superficie	13.07 m

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

$$x_c = 78.635 \quad y_c = 20.793 \quad R_c = 13.072 \quad F_s = 3.155$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.97	-30.2	2.28	2737.38	41.06	19.16	0.0	24.8	1264.3	1848.0	246.0
2	1.99	-20.6	2.13	8532.63	127.99	59.73	0.8	21.3	3289.8	7764.4	5775.4
3	1.96	-11.5	2.01	2617.59	189.26	88.32	0.8	21.3	4639.8	9292.4	5664.6
4	0.88	-5.1	0.89	7308.89	109.63	51.16	0.8	21.3	2654.0	4907.8	2596.2
5	3.21	3.9	3.22	36380.38	545.71	254.66	0.8	21.3	13193.722	566.8	9957.1
6	2.07	15.7	2.15	28339.46	425.09	198.38	0.8	21.3	10286.816	826.8	6855.4
7	2.02	25.3	2.23	29590.03	443.85	207.13	0.8	21.3	10751.417	7479.1	7103.3
8	2.51	37.1	3.15	36112.26	541.68	252.79	0.8	21.3	13101.421	528.4	9678.9
9	1.52	49.1	2.32	17944.07	269.16	125.61	0.8	21.3	6508.0	9995.4	6470.8
10	2.02	64.5	4.68	12549.35	188.24	87.85	0.8	21.3	4539.6	-3243.0	10422.8



Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	71.9 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	15.05 m
Ascissa vertice destro superiore xs	82.26 m
Ordinata vertice destro superiore ys	21.81 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.015
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	62.82	9.5
2	69.73	9.98
3	70.96	10.11
4	73.07	10.15
5	75.06	10.28
6	77.02	10.43
7	77.9	11.14
8	81.12	12.6
9	87.72	16.24
10	92.0	17.6

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	62.82	9.49
2	69.73	9.97
3	70.96	10.1
4	73.07	10.14
5	75.06	10.27
6	77.02	10.42
7	77.9	11.13
8	81.12	12.59
9	87.72	16.23
10	92.0	17.59

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	62.82	8.64
2	64.45	8.78

3	67.23	9.08
4	69.82	9.34
5	71.05	9.34
6	73.24	9.53
7	77.02	10.43
8	77.02	10.43
9	77.02	10.43
10	77.02	10.43
11	77.02	10.43
12	77.02	10.43
13	77.02	10.43
14	77.02	10.43
15	77.02	10.43
16	77.9	11.14
17	81.12	12.6
18	87.72	16.24
19	92.0	17.6

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2145	depositi alluvionali	
2	1		26	2500	2750	basalto	

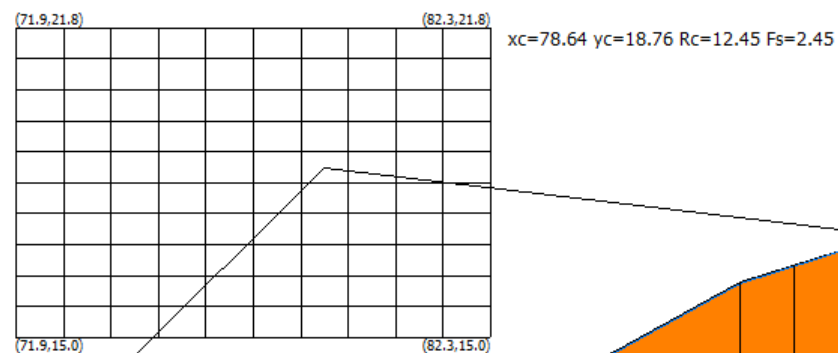
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2.45
Ascissa centro superficie	78.64 m
Ordinata centro superficie	18.76 m
Raggio superficie	12.45 m

$$xc = 78.635 \quad yc = 18.765 \quad Rc = 12.449 \quad Fs=2.454$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.15	-41.6	1.54	1491.69	22.38	10.44	0.0	0.0	684.7	1995.5	0.0
2	2.11	-32.3	2.51	10162.31	152.43	71.14	0.8	0.0	4012.5	16709.1	7399.3
3	1.99	-21.6	2.14	15999.51	239.99	112.0	0.8	0.0	6002.4	19730.3	6347.3
4	1.96	-12.1	2.01	20146.47	302.2	141.03	0.8	0.0	7375.9	21875.6	5950.5
5	0.88	-5.4	0.89	10719.88	160.8	75.04	0.8	0.0	3893.9	11016.7	2628.7
6	3.21	4.1	3.22	48798.16	731.97	341.59	0.8	0.01	7705.7	48243.6	9538.8
7	3.52	20.2	3.75	63150.33	947.25	442.05	0.8	0.02	2947.1	63188.2	11125.1
8	3.08	37.8	3.89	55281.89	829.23	386.97	0.8	0.02	0063.3	61033.6	11539.2
9	1.16	51.1	1.85	17629.92	264.45	123.41	0.8	0.0	6393.0	21276.8	5484.0
10	2.12	69.3	5.99	19844.74	297.67	138.91	0.8	0.0	7191.6	9200.8	17736.1

Comune di Scano di Montiferro
traversa fluviale sul Rio Cherchelighes
sezione 04 sponda sx rapido svaso



W.T. 1 (A)

- depositi alluvionali
g=1900Kg/m³
gs=2145Kg/m³
Fi=30°
c=0 kg/cm²
- basalto
g=2500Kg/m³
gs=2750Kg/m³
Fi=26°
c=1 kg/cm²

Quote	9.50	9.98	10.11	10.15	10.28	10.43	11.14	12.60	16.24	17.60
Distanze Parziali	0.00	6.92	1.22	2.11	1.99	1.96	0.88	3.21	6.60	4.28
Distanze Progressive	0.00	6.92	8.14	10.25	12.24	14.20	15.09	18.30	24.90	29.18