



Autostrada Asti-Cuneo

TRONCO II A21 (ASTI EST) - A6 (MARENE) LOTTO 6 RODDI-DIGA ENEL

STRALCIO a TRA IL LOTTO II.7 E LA PK. 5+000

PROGETTO DEFINITIVO

OPERE GEOTECNICHE

RILEVATI

Relazione di calcolo degli interventi di stabilizzazione delle aree in frana

IMPRESA 	PROGETTISTA 	INTEGRATORE ATTIVITA' SPECIALISTICHE Dott. Ing. Salvatore Sguazzo Albo degli Ingegneri provincia di Salerno n. 5031 	COMMITTENTE Autostrada Asti-Cuneo S.p.A. Direzione e Coordinamento: S.A.L.T. p.A. (Gruppo ASTM) Via XX Settembre, 98/E 00187 Roma
--	--	--	---

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.	RIESAME	DATA	SCALA
A	05-2021	EMISSIONE	xxx	E.Lombardo	Ing. Sguazzo	Ing. Sguazzo	MAGGIO 2021	-
							N. Progr.	
							06.03.01	

CODIFICA	PROGETTO	LIV	DOCUMENTO	REV	WBS
	P017	D	OPG RC 001	A	A33126A000
					CUP
					G31B20001080005

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	VISTO DELLA COMMITTENTE

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO DELLE AREE POTENZIALMENTE INSTABILI	4
3. CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI	5
3.1. DRENAGGIO SUPERFICIALE	5
3.2. DRENAGGIO SEMI-PROFONDO	5
4. DIMENSIONAMENTO DEGLI INTERVENTI DI DRENAGGIO SEMI-PROFONDO	7
5. DESCRIZIONE DELLE SINGOLE AREE DI INTERVENTO	10
5.1. AREA DI INTERVENTO 01	10
5.2. AREA DI INTERVENTO 02	12
5.3. AREA DI INTERVENTO 03	14
5.4. AREA DI INTERVENTO 04	16
5.5. AREA DI INTERVENTO 05	18
5.6. AREA DI INTERVENTO 06	20
6. MONITORAGGIO	22
6.1. FINALITÀ DEL MONITORAGGIO	22
6.2. MISURA DEGLI SPOSTAMENTI DEL TERRENO	22
6.2.1. <i>Scopo</i>	22
6.2.2. <i>Descrizione della strumentazione e modalità di installazione</i>	22
6.2.3. <i>Frequenza dei rilevamenti</i>	22
6.2.4. <i>Modalità di misura</i>	23
6.2.5. <i>Restituzione dati</i>	23
6.3. MISURA DELLE VARIAZIONI DI LIVELLO DELLA FALDA	23
6.3.1. <i>Scopo</i>	23
6.3.2. <i>Descrizione della strumentazione e modalità di installazione</i>	24
6.3.3. <i>Frequenza dei rilevamenti</i>	24
6.3.4. <i>Modalità di misura</i>	24
6.3.5. <i>Restituzione dati</i>	24

1. INTRODUZIONE

La seguente relazione riguarda l'analisi e l'individuazione degli interventi di stabilizzazione previsti a presidio delle aree potenzialmente instabili che interferiscono con il tracciato del Collegamento autostradale Asti-Cuneo, Tronco II - Lotto 6 (Roddi-Diga ENEL), stralcio "a".

In particolare il presente documento riporta le descrizioni delle singole aree e le valutazioni che hanno portato alla definizione ed al dimensionamento degli interventi di stabilizzazione proposti.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO DELLE AREE POTENZIALMENTE INSTABILI

L'area di interesse, come anticipato nella relazione geologica, nel capitolo dedicato alla geomorfologia generale, e come meglio descritto nello Studio dedicato alle aree in frana, per la natura stessa delle rocce, marcatamente laminate o stratificate, meccanicamente fragili e facilmente alterabili dalla circolazione di acqua; per l'azione tettonica subita, che ha portato il reticolo fluviale anche effimero ad incidere con forza i versanti, spesso scalzandoli al piede; è soggetta ad una franosità endemica (Biancotti 1981). Principalmente questi fenomeni appartengono alle famiglie delle frane di scivolamento traslazionale dovute alla natura stratificata del substrato, o di colamento di suolo o detrito per via dell'acclività dei versanti e le concomitanti coltivazioni che creano forte ruscellamento delle acque superficiali e indeboliscono la struttura del suolo.

Tra le diverse aree potenzialmente instabili che sono state evidenziate in zona, sono state selezionate quelle che sono effettivamente interferenti o adiacenti con il tracciato autostradale.

Nei capitoli successivi vengono illustrate le diverse aree di intervento descrivendone le peculiarità. In particolare, facendo riferimento alla notazione indicata nello Studio dedicato alle aree in frana, saranno descritte le aree ivi individuate da 1 a 6 ed i relativi interventi di stabilizzazione.

3. CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI

Come meglio dettagliato in seguito, tutte le aree potenzialmente instabili (aree interessate da frane quiescenti) sono caratterizzate morfologicamente da pendenze relativamente dolci e da spessori abbastanza ridotti (al massimo qualche metro).

Trattandosi per la maggior parte di frane quiescenti, gli interventi proposti sono mirati non tanto ad una stabilizzazione vera e propria, ma al contenimento dei fenomeni che potrebbero innescare i meccanismi di instabilità. Tale contenimento si realizza fondamentalmente con una regimazione superficiale e semi-profonda delle acque.

3.1. DRENAGGIO SUPERFICIALE

Per quanto riguarda il drenaggio superficiale si prevede di realizzare un canale trapezoidale che corra lungo tutto il perimetro delle aree potenzialmente instabili raccogliendo l'acqua che ruscella superficialmente sia da monte che all'interno dell'area stessa.

Tale canale, una volta raccolte le acque superficiali le recapiterà, a gravità, nella linea di drenaggio generale delle acque superficiali già prevista in progetto.

Il canale ha forma trapezoidale con base minore pari a 0.7m e base maggiore pari a 1.5m. La profondità del canale è di 0.7m.

Nei punti di raccordo saranno posizionati dei pozzetti di dimensione interna 2.0x2.0.

3.2. DRENAGGIO SEMI-PROFONDO

Per quanto riguarda il drenaggio semi-profondo si prevede di realizzare una serie di trincee drenanti all'interno dell'area potenzialmente instabile, posizionate lungo le linee di massima pendenza.

Il sistema di trincee permette di controllare il livello di falda all'interno dell'area, impedendo alle acque di falda di saturare completamente il terreno sino a piano campagna, anche in corrispondenza degli eventi piovosi. Il drenaggio efficace dei primi 2m di terreno così realizzato, riduce drasticamente la possibilità di innesco di meccanismi franosi.

Le trincee drenanti hanno le seguenti caratteristiche:

- Profondità nella sezione corrente 2.5 m, forma trapezoidale con base minore 1.1 m e base maggiore 2.15 m;
- La profondità della canaletta diminuirà gradualmente spostandosi verso valle, in modo da permettere, una volta giunti in prossimità del recapito nel canale trapezoidale, l'attacco al pozzetto di collegamento, in corrispondenza del quale la trincea avrà profondità pari a 0.5m;
- Le trincee saranno rivestite con tessuto-non-tessuto di separazione, al cui interno sarà posizionato un tubo fessurato di diametro 250mm e riempimento in materiale granulare selezionato. La parte finale del riempimento, 1.0 m, sarà eseguita con terreno da coltivo, così da ripristinare in superficie le condizioni del terreno circostante;
- Le trincee saranno realizzate lungo le linee di massima pendenza ad un interasse di circa 20m l'una dall'altra.

Gli interventi di drenaggio sopra descritti dovranno essere corredati da un adeguato sistema di monitoraggio che comprende sia piezometri che inclinometri, da installarsi prima dell'inizio dei lavori in modo da permettere un controllo continuo e puntuale sia durante che dopo l'esecuzione dei drenaggi, dei livelli di falda e degli eventuali movimenti franosi che si dovessero instaurare.

Le modalità di esecuzione delle trincee dipendono dalla profondità e dalla situazione litologica e idrogeologica locale. Lo scavo deve essere eseguito per piccoli tratti da valle verso monte, in modo da esercitare una funzione drenante già in fase di costruzione. Lo scavo sarà eseguito con ragno o con escavatore cingolato.

4. DIMENSIONAMENTO DEGLI INTERVENTI DI DRENAGGIO SEMI-PROFONDO

Come anticipato il drenaggio semi-profondo sarà costituito da una serie di trincee drenanti all'interno dell'area potenzialmente instabile, posizionate lungo le linee di massima pendenza.

Il sistema di trincee permette di controllare il livello di falda all'interno dell'area, impedendo alle acque di falda di saturare completamente il terreno sino a piano campagna, anche in corrispondenza degli eventi piovosi. Il drenaggio così costituito, efficace dei primi 2m di terreno, riduce drasticamente la possibilità di innesco di meccanismi franosi.

Il dimensionamento dell'intervento, in termini di profondità è stato fatto per mezzo di considerazioni sullo spessore del materiale potenzialmente instabile, che dovrebbe essere limitato ai primi 1-2m.

Per quanto riguarda invece l'interasse tra le trincee, è stata fatta una verifica per mezzo di un'analisi effettuata con il codice SEEPW, che ha dato i seguenti risultati.

Ipotizzando, conservativamente, un livello di falda indisturbata posizionato a 0.5 m da piano campagna, si è visto l'effetto della presenza delle trincee drenanti, posizionate ad un interasse di 20 m una dall'altra, in due configurazioni:

- A regime in condizioni stazionarie
- In corrispondenza di un evento piovoso intenso (60 minuti di pioggia con un rate di 0.5mm/min e adottando un coefficiente di infiltrazione pari a 0.7)

I risultati ottenuti nelle due configurazioni sono rispettivamente mostrati nelle seguenti Fig. 2 e Fig. 3, mentre nella Fig. 1 è riportata la condizione iniziale ante-operam senza le trincee drenanti.

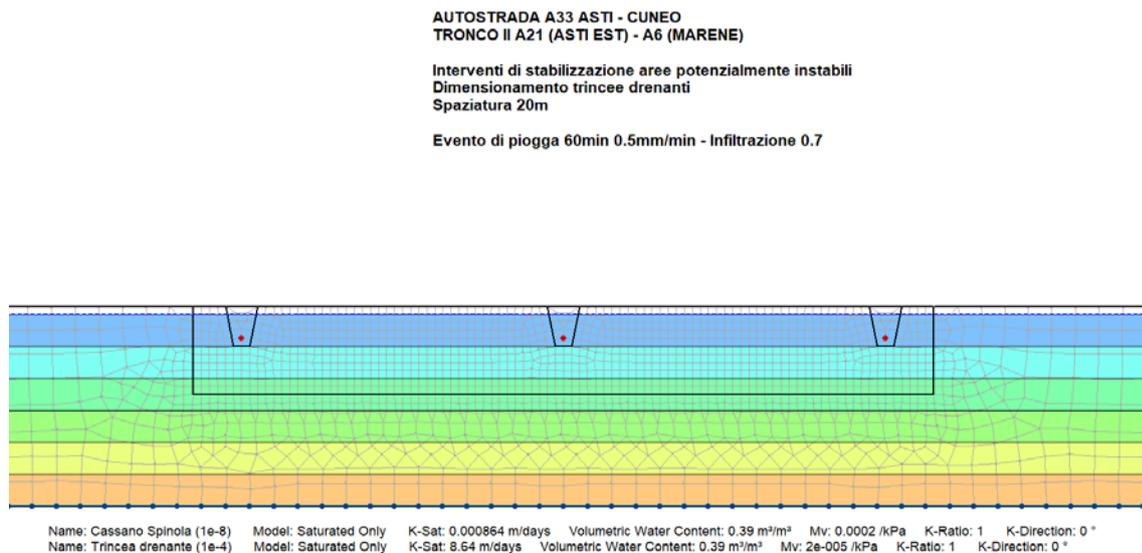


Fig. 1: Trincee drenanti – SEEPW condizioni Ante-operam

**AUTOSTRADA A33 ASTI - CUNEO
 TRONCO II A21 (ASTI EST) - A6 (MARENE)**

**Interventi di stabilizzazione aree potenzialmente instabili
 Dimensionamento trincee drenanti
 Spaziatura 20m**

Evento di pioggia 60min 0.5mm/min - Infiltrazione 0.7

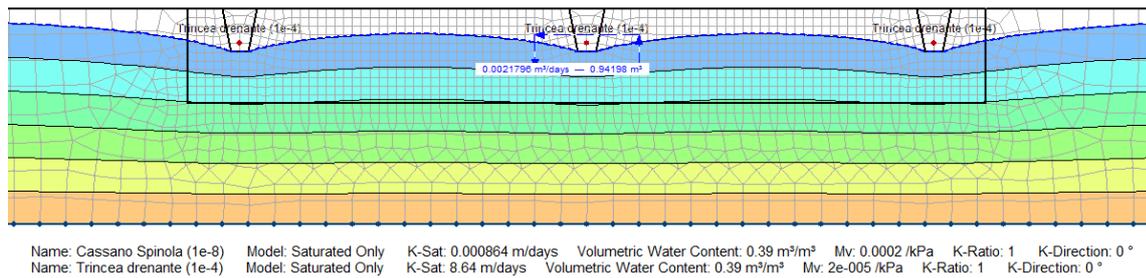


Fig. 2: Trincee drenanti – SEEPW stazionario

**AUTOSTRADA A33 ASTI - CUNEO
 TRONCO II A21 (ASTI EST) - A6 (MARENE)**

**Interventi di stabilizzazione aree potenzialmente instabili
 Dimensionamento trincee drenanti
 Spaziatura 20m**

Evento di pioggia 60min 0.5mm/min - Infiltrazione 0.7

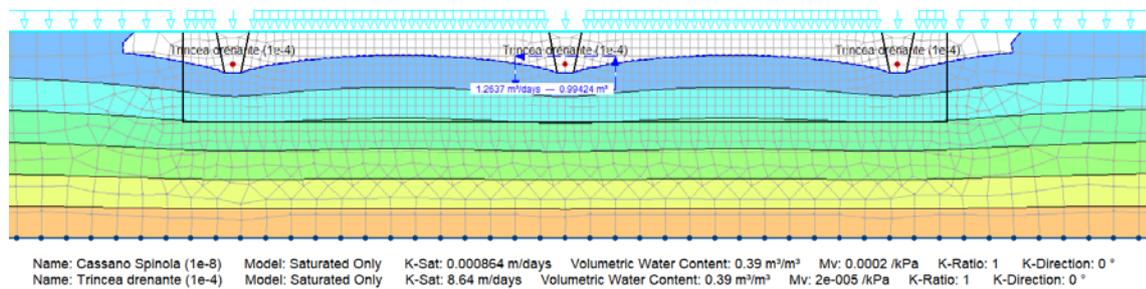


Fig. 3: Trincee drenanti – SEEPW evento piovoso intenso

Dall'analisi dei risultati si evince che la presenza delle trincee drenanti, nella configurazione di progetto per profondità e spaziatura, garantiscono un adeguato drenaggio alle aree potenzialmente instabili, abbassando costantemente la falda a circa 1.5m da p.c., e aumentandone quindi le condizioni di sicurezza nei confronti della stabilità. Si nota infatti come, nelle zone esterne all'area trattata dove non vi sono le trincee drenanti, il livello di falda durante l'evento piovoso intenso aumenti fino a saturare completamente il terreno.

I risultati delle verifiche sopra riportate confermano quanto riportato anche nell'elaborato Studio Idrogeologico (doc. 02.01.10_P017_D_GEO_SD_003_A) in base al quale:

- gli eventi sia ordinari che eccezionali generano degli innalzamenti localizzati che si generano in corrispondenza dell'evento e che si normalizzano nel giro di qualche giorno o al massimo qualche settimana anche nel caso dell'evento eccezionale;
- in corrispondenza degli eventi eccezionali, oltre agli innalzamenti localizzati della falda, si nota anche la formazione di falde sospese, con zone che si saturano sopra falda, in corrispondenza di terreni a permeabilità relativamente più basse. Tali situazioni si risolvono nel giro di pochi giorni. Questo tipo di fenomeno è ragionevolmente la causa di instabilizzazioni locali, laddove materiale con caratteristiche di resistenza già abbastanza basse si satura completamente generando meccanismi di rottura.

Gli interventi qui proposti hanno la funzione di evitare gli innalzamenti localizzati evidenziati dalle analisi con il modello numerico di flusso e riscontrabili anche in campo.

5. DESCRIZIONE DELLE SINGOLE AREE DI INTERVENTO

5.1. AREA DI INTERVENTO 01

L'area, occupata da coltivi erbacei a cereali e misti, si trova alla confluenza di alcuni impluvi, residui di antichi reticoli idrografici che attualmente possono ospitare reticoli effimeri che movimentano occasionalmente il suolo superficiale (soliflussi), laddove la pendenza del versante lo permette, in corrispondenza della porzione intermedia ed elevata del versante coperto da deposito eluvio-colluviale. Tali fenomeni si sviluppano coinvolgendo spessori modesti di suolo e con velocità ridotte, pertanto non si ritiene che il fenomeno possa avere interazioni con la strada di progetto, ubicata nella porzione pianeggiante dell'Area 01.

Tuttavia, essendo il suolo poco addensato con caratteristiche meccaniche di resistenza estremamente scadenti, costituisce di per sé una criticità di natura geotecnica.

Per affrontare tale criticità in questo tratto si prevede di realizzare un intervento di bonifica locale con sostituzione del suolo con finalità di miglioramento delle condizioni di sottofondo per garantire la stabilità del rilevato di progetto.

Il dettaglio di tali interventi è mostrato nell'elaborato 06.02.04_P017_D_OPG_PZ_003_A.

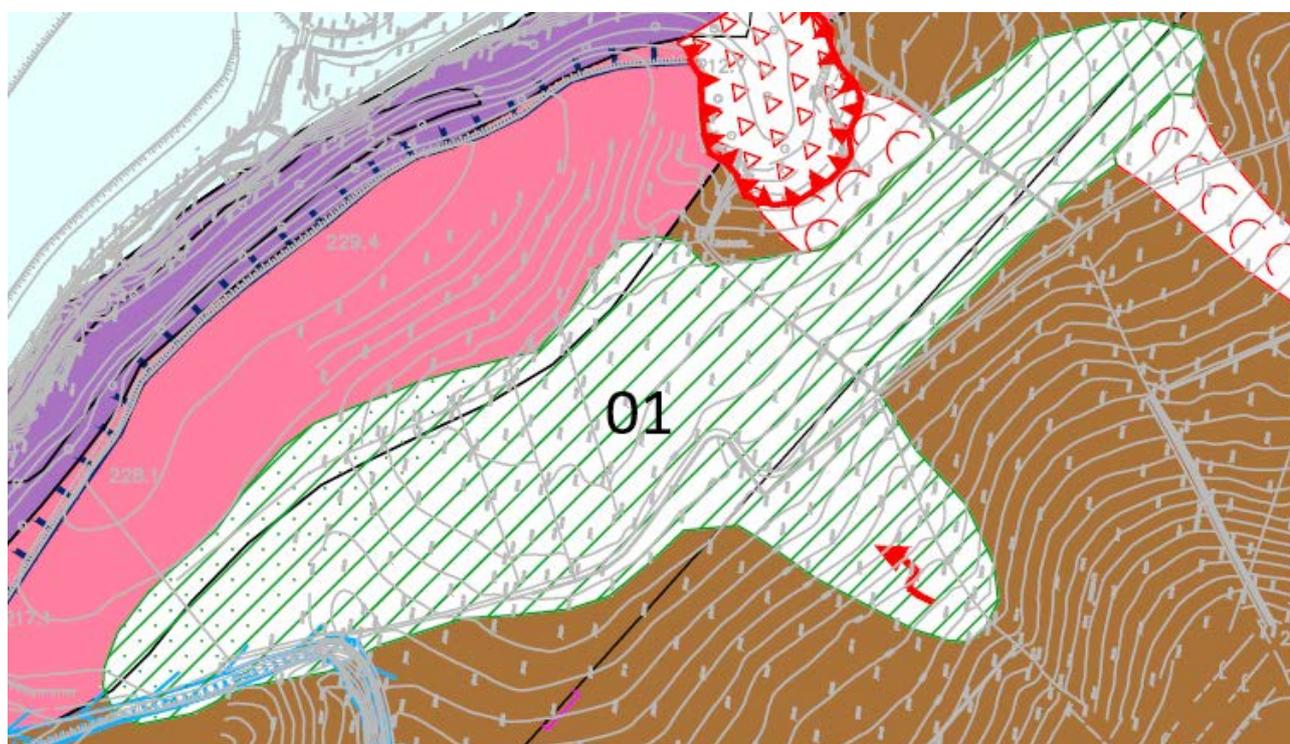


Fig. 4: Area potenzialmente instabile 01

Strettamente connessa con la stabilità della zona 01 è la rapida evoluzione e degradazione dell'Area 02; in particolare l'orlo della scarpata di degradazione, in rapido arretramento, rappresenta un fattore di attivazione del movimento di colamento che interessa i depositi eluvio-colluviali superficiali dell'Area 01. Si rimanda agli interventi descritti al punto seguente per la mitigazione di questo possibile effetto.

5.2. AREA DI INTERVENTO 02

L'area 2 è un'area dalla forma quadrangolare che si trova in un impluvio che collega la parte più elevata del territorio con la valle dove scorre attualmente il fiume Tanaro. L'area è caratterizzata da una forma geometrica riconducibile ad una fessurazione, di forma circolare, a monte dell'orlo della scarpata di degradazione. Il rilevamento ha permesso di confermare tale evidenza, rilevando un'accentuata depressione della porzione non coltivata e segnali di recente evoluzione.

Dall'analisi della morfologia del sito si è arrivati ad escludere la sola azione delle acque di ruscellamento superficiale come fattore di attivazione del processo di evoluzione del dissesto, vista la rapidità e dimensione dell'area soggetta a degradazione. Mentre si è associato tale processo di evoluzione dell'impluvio alla presenza di un orizzonte con presenza di acqua a 4,7 metri di profondità. Tale orizzonte potrebbe essere la principale causa dell'evoluzione della scarpata, oltre all'erosione per ruscellamento superficiale, con sprofondamento al piede della scarpata e rapido arretramento dell'orlo.

Si ritiene pertanto opportuno realizzare un intervento combinato, come mostrato nella successiva Fig. 5, che comprende le seguenti opere:

- Canale trapezoidale di bordo per una lunghezza complessiva di circa 360 m;
- N°4 trincee drenanti all'interno dell'area per una lunghezza complessiva di circa 450 m;
- N°4 pozzetti di raccordo tra le trincee drenanti ed il canale trapezoidale di bordo.
- N° 9 dreni sub-orizzontali di lunghezza pari a 20m posizionati in corrispondenza delle trincee drenanti per una lunghezza complessiva pari a 180 m..

Per i dettagli degli interventi si rimanda agli elaborati 06.03.02_P017_D_OPG_PZ_001_A e 06.03.02_P017_D_OPG_PZ_002_A.

Per quanto riguarda la strumentazione di monitoraggio prevista e riportata negli elaborati grafici ed in figura, si rimanda al capitolo 6 ad essa dedicato.

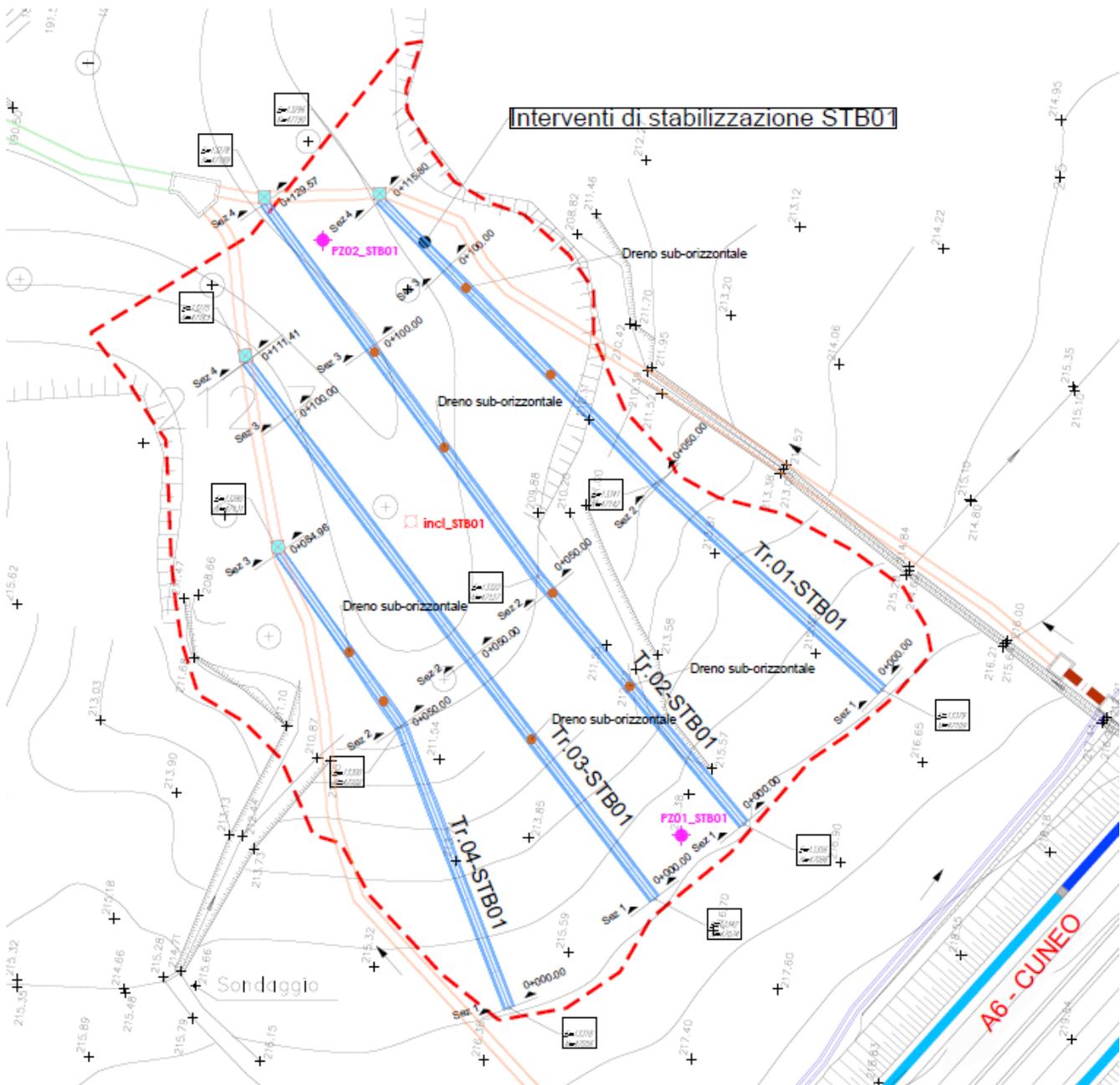


Fig. 5: Area potenzialmente instabile 02 – Interventi di stabilizzazione STB01

5.3. AREA DI INTERVENTO 03

L'area 3 è un'area caratterizzata dalla presenza di un colamento di terra attivo all'interno di un impluvio dal fondo arrotondato.

Il materiale che converge verso l'impluvio costituisce un terreno sciolto che sotto l'effetto della saturazione e della forza di gravità tende a fluire verso il basso sotto forma di un colamento lento di fango e sabbia (*mud flow*). Il fenomeno presenta evidenze di evoluzioni recenti per cui è classificabile come un colamento lento attivo di terra in condizioni umide o bagnate.

In quest'area, come mostrato nella successiva Fig. 6, si prevede di realizzare le seguenti opere:

- Canale trapezoidale di bordo per una lunghezza complessiva di circa 730 m;
- N°2 trincee drenanti all'interno dell'area per una lunghezza complessiva di circa 580 m;
- N°2 pozzetti di raccordo tra le trincee drenanti ed il canale trapezoidale di bordo.

Per i dettagli degli interventi si rimanda agli elaborati 06.03.02_P017_D_OPG_PZ_003_A e 06.03.02_P017_D_OPG_PZ_004_A.

Per quanto riguarda la strumentazione di monitoraggio prevista e riportata negli elaborati grafici ed in figura, si rimanda al capitolo 6 ad essa dedicato.

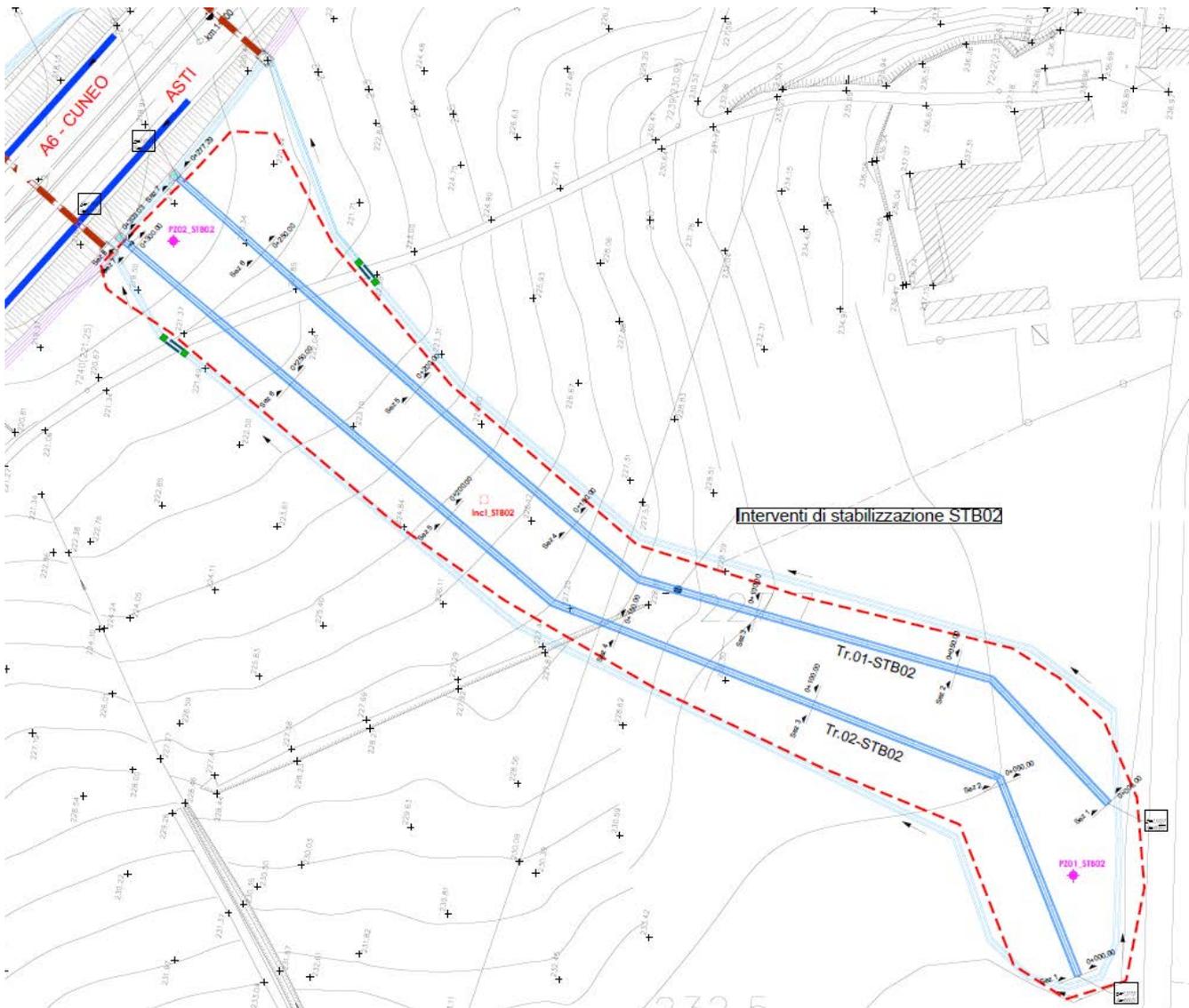


Fig. 6: Area potenzialmente instabile 03 – Interventi di stabilizzazione STB02

5.4. AREA DI INTERVENTO 04

L'area 4 è un'area caratterizzata dalla presenza di una frana di piccole dimensioni, ormai quiescente e coperta di vegetazione, che si è sviluppata in una piccola porzione di versante ad alta pendenza.

Si tratta di un fenomeno di scorrimento superficiale di materiale limoso argilloso che evolve in un colamento di terra e non vi sono evidenze di recenti evoluzioni.

In quest'area, come mostrato nella successiva Fig. 7, si prevede di realizzare le seguenti opere:

- Canale trapezoidale di bordo per una lunghezza complessiva di circa 300 m;
- N°4 trincee drenanti all'interno dell'area per una lunghezza complessiva di circa 180 m;
- N°4 pozzetti di raccordo tra le trincee drenanti ed il canale trapezoidale di bordo.

Per i dettagli degli interventi si rimanda agli elaborati 06.03.02_P017_D_OPG_PZ_005_A e 06.03.02_P017_D_OPG_PZ_006_A.

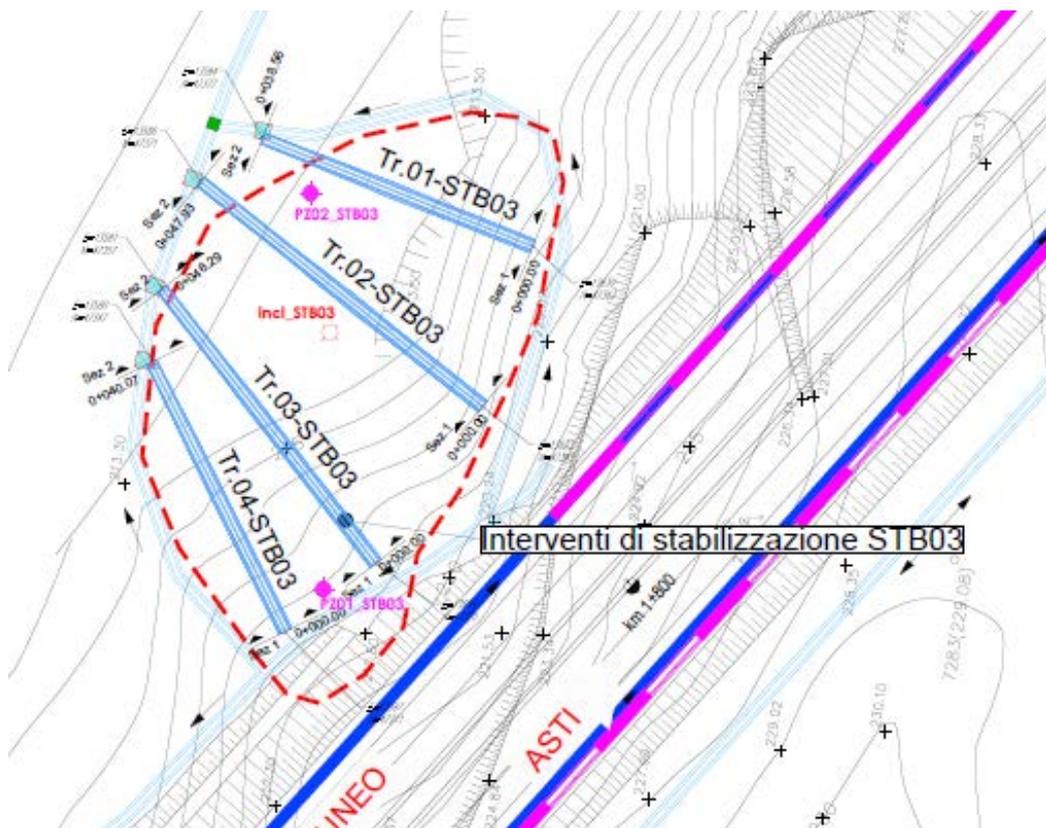


Fig. 7: Area potenzialmente instabile 04 – Interventi di stabilizzazione STB03

Per quanto riguarda la strumentazione di monitoraggio prevista e riportata negli elaborati grafici ed in figura, si rimanda al capitolo 6 ad essa dedicato.

5.5. AREA DI INTERVENTO 05

L'area 3 è un'area caratterizzata dalla presenza di una frana superficiale, quiescente, anch'essa vegetata, è ancora riconoscibile la scarpata che caratterizzava la nicchia di distacco.

L'area di instabilità 05 consiste in una frana di scorrimento priva di evidenze di recenti evoluzioni che si sviluppa con un fronte di circa 150 m e che interessa un versante aggettante sul canale di Verduno. È ben evidente la scarpata di distacco della frana, costituita da un'area acclive su terreno limoso argilloso e che si trova immediatamente a valle della struttura di progetto in corrispondenza di un tratto in trincea. La risagomatura del pendio per la realizzazione della trincea rappresenta di per sé una condizione di miglioramento della stabilità del pendio per il quale saranno da prevedere opere di drenaggio allo scopo di allontanare le acque di ruscellamento dalla zona di coronamento.

Si è inoltre notato un processo di rapida evoluzione nella zona di coronamento dove si è rilevata la presenza di un deposito recente di materiale di distacco dalla scarpata di frana. a presenza del detrito recente porta a considerare attivo il processo di arretramento della corona, in direzione dell'opera.

Per questo agli interventi di drenaggio semi-profondo si è deciso di associare un intervento di risagomatura della scarpata.

In quest'area, come mostrato nella successiva Fig. 8, si prevede di realizzare le seguenti opere:

- Canale trapezoidale di bordo per una lunghezza complessiva di circa 473 m;
- N°5 trincee drenanti all'interno dell'area per una lunghezza complessiva di circa 450 m;
- N°5 pozzetti di raccordo tra le trincee drenanti ed il canale trapezoidale di bordo;
- N°1 intervento di riprofilatura della scarpata in rapida degradazione immediatamente a monte dell'area da stabilizzare.

Per i dettagli degli interventi si rimanda agli elaborati 06.03.02_P017_D_OPG_PZ_007_A e 06.03.02_P017_D_OPG_PZ_008_A.

Per quanto riguarda la strumentazione di monitoraggio prevista e riportata negli elaborati grafici ed in figura, si rimanda al capitolo 6 ad essa dedicato.

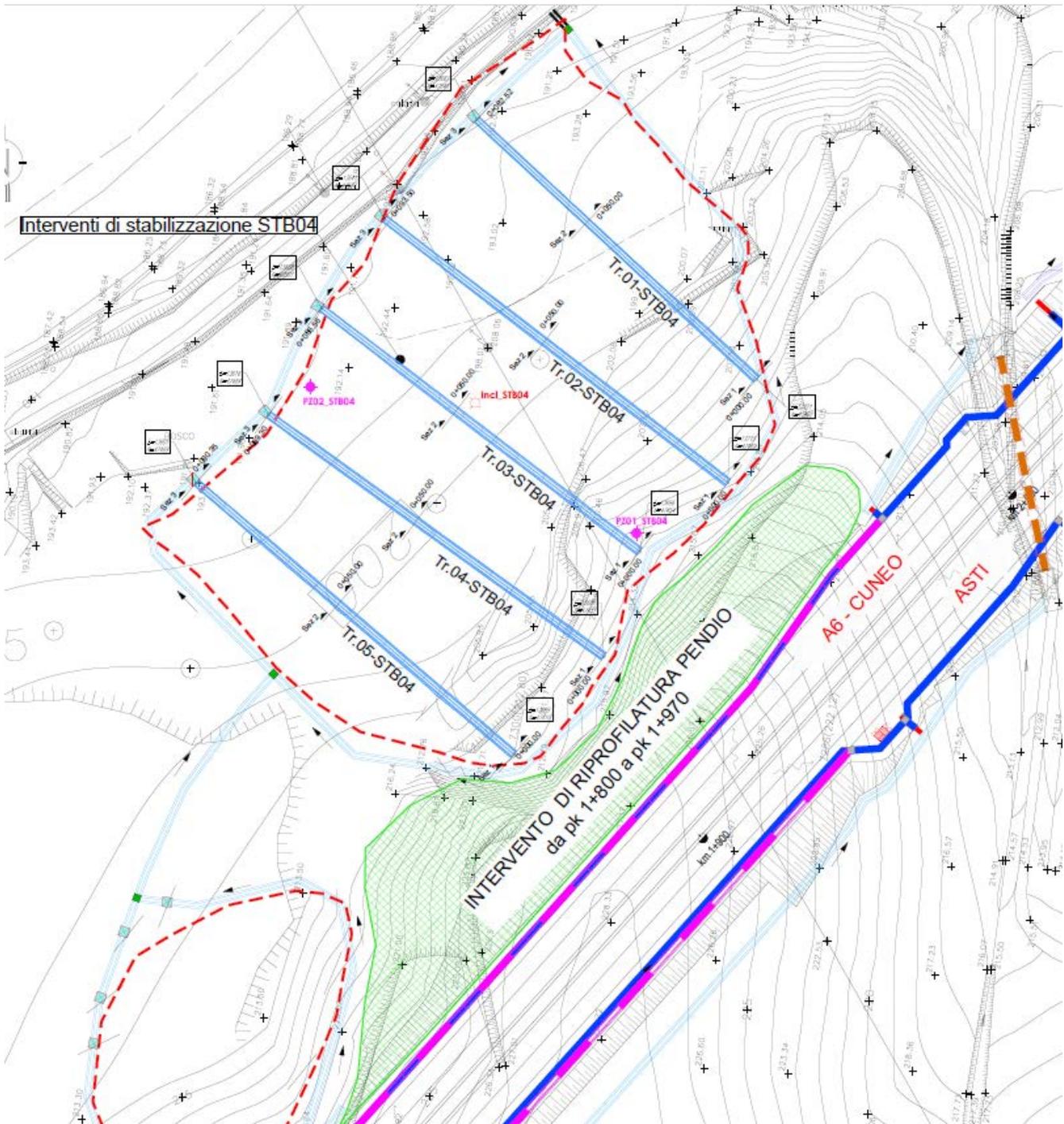


Fig. 8: Area potenzialmente instabile 05 – Interventi di stabilizzazione STB04

5.6. AREA DI INTERVENTO 06

L'area 3 è un'area caratterizzata dalla presenza di una frana superficiale, quiescente, per la quale è ben visibile la scarpata che caratterizzava la nicchia di distacco. La superficie è destinata ad uso agricolo, ciò ne ha alterato la morfologia e la rende parzialmente soggetta a fenomeni attivi di colamento.

In quest'area, come mostrato nella successiva Fig. 9, si prevede di realizzare le seguenti opere:

- Canale trapezoidale di bordo per una lunghezza complessiva di circa 750 m;
- N°8 trincee drenanti all'interno dell'area per una lunghezza complessiva di circa 1120 m;
- N°8 pozzetti di raccordo tra le trincee drenanti ed il canale trapezoidale di bordo.

Per i dettagli degli interventi si rimanda agli elaborati 06.03.02_P017_D_OPG_PZ_009_A, 06.03.02_P017_D_OPG_PZ_010_A e 06.03.02_P017_D_OPG_PZ_011_A.

Per quanto riguarda la strumentazione di monitoraggio prevista e riportata negli elaborati grafici ed in figura, si rimanda al capitolo 6 ad essa dedicato.

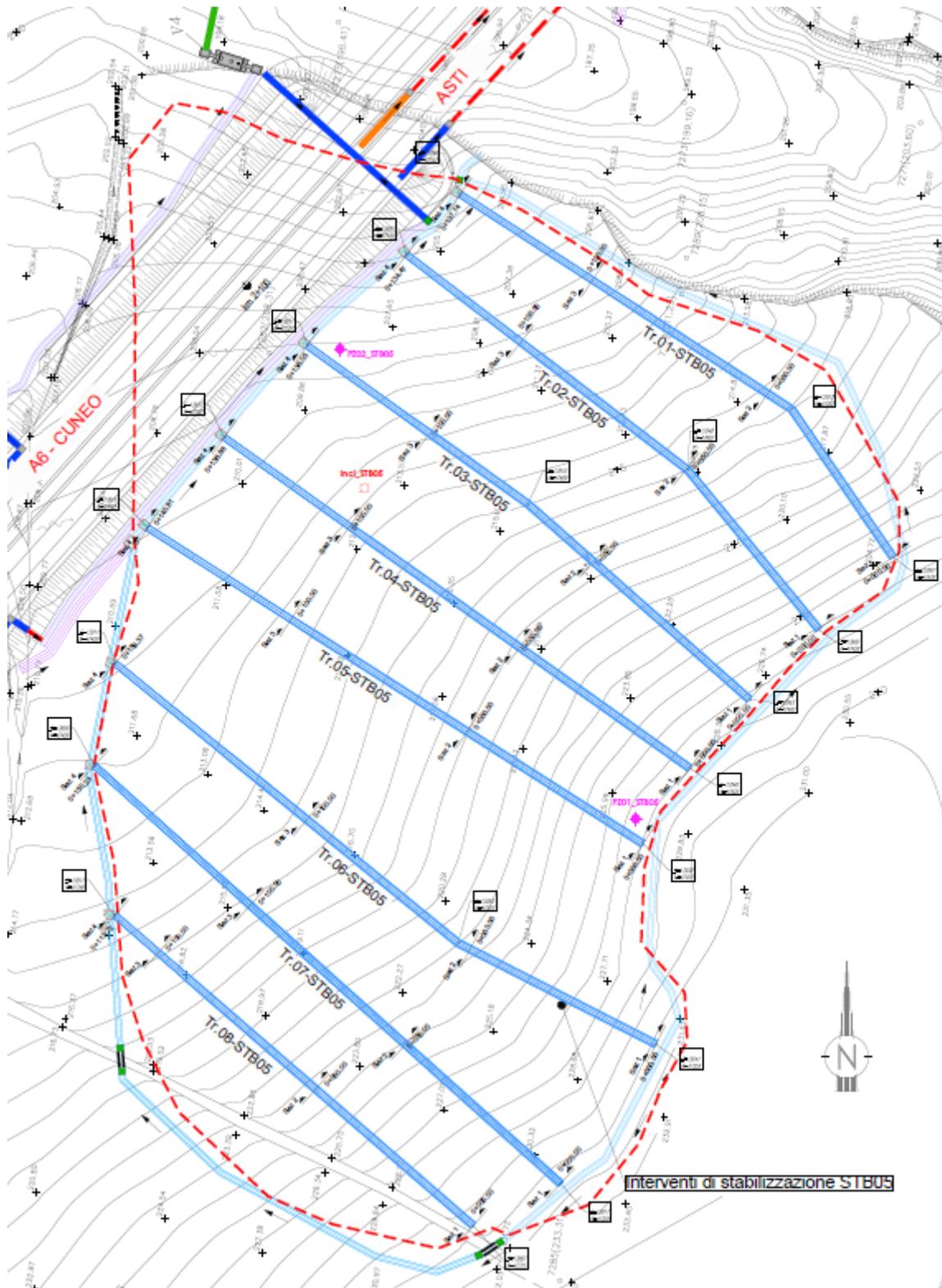


Fig. 9: Area potenzialmente instabile 06 – Interventi di stabilizzazione STB05

6. MONITORAGGIO

6.1. FINALITÀ DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio geotecnico delle aree in frana è finalizzato al controllo delle condizioni di sicurezza delle aree che sono state individuate come potenzialmente instabili.

Il monitoraggio viene eseguito in ciascuna delle aree individuate come più critiche ed in punti fisicamente accessibili.

La strumentazione di monitoraggio che verrà impiegata comprende:

- inclinometri
- piezometri di tipo Casagrande.

Tutti gli strumenti saranno installati e resi efficienti durante la fase di costruzione degli interventi di stabilizzazione e drenaggio delle suddette aree.

Le misure verranno conseguentemente impiegate dalla Direzione Lavori per le necessarie valutazioni.

6.2. MISURA DEGLI SPOSTAMENTI DEL TERRENO

6.2.1. Scopo

Il monitoraggio inclinometrico è la misurazione e lo studio degli spostamenti orizzontali a diverse profondità nel terreno. Questi spostamenti vengono rilevati da strumenti chiamati sonde inclinometriche (mono-biassiali) che rilevano un'inclinazione all'interno di tubazioni inseriti nei terreni (frane).

La misura degli spostamenti del terreno ha lo scopo di monitorare l'evoluzione, se presente, dei movimenti franosi e permettere di intervenire se necessario in modo preventivo.

6.2.2. Descrizione della strumentazione e modalità di installazione

La strumentazione da porre in opera per il monitoraggio inclinometrico del terreno sarà costituita da:

- Inclinometri inseriti all'interno di fori di sondaggio, disposti secondo la posizione planimetrica riportata negli elaborati di progetto per ciascuna area in frana.

Contestualmente all'installazione della strumentazione verranno eseguite le necessarie misurazioni inclinometriche iniziali di precisione.

6.2.3. Frequenza dei rilevamenti

Le letture sugli strumenti avranno inizio al completamento degli interventi di stabilizzazione nelle aree oggetto di monitoraggio.

La prima misura dovrà essere effettuata non prima di 10-14 giorni dopo il completamento di installazione del tubo inclinometrico nei fori di sondaggio, per garantire la sufficiente impostazione della malta. Dopo 1 settimana dalla prima, una seconda misura deve essere eseguita. Successivamente le misure andranno eseguite con cadenza mensile fino ai primi 12 mesi, inclusi, a partire dal completamento della costruzione dei rilevati a monte delle aree in frana oggetto di monitoraggio, e con cadenza trimestrale per i 2 anni successivi.

In seguito alla rilevazione di fenomeni anomali si aumenterà opportunamente la frequenza di lettura della strumentazione.

6.2.4. Modalità di misura

Le misure inclinometriche devono essere effettuate mediante la seguente strumentazione:

- una sonda inclinometrica biassiale, costituita da un corpo di acciaio inox munito di rotelle di guida con passo di 500 mm (intervallo di misura), dotata di appositi sensori servoaccelerometrici per la misura dell'inclinazione, con campo di misura di $\sim\pm 30^\circ$, sensibilità non inferiore a $1/20.000 \sin \alpha$ ($= 50 \mu\text{m/m}$) e assetto azimutale non superiore a 0.5° ; i servoaccelerometri sono disposti su due piani ortogonali tra loro, dei quali uno parallelo alle scanalature di guida e l'altro perpendicolare ad esse;
- centralina portatile digitale, con appositi display per la lettura dei dati, eventualmente dotata di sistema di acquisizione;
- cavo elettrico di collegamento tra la sonda inclinometrica e la centralina di misura, con tacche vulcanizzate ogni 0.5 m e lunghezza non inferiore a 50 m, con relativo rullo avvolgicavo; la distanza tra la prima tacca di riferimento del cavo e l'asse tra le rotelle superiori della sonda inclinometrica dovrà in ogni caso essere pari a 500 mm; l'errore della metratura del cavo dovrà essere inferiore a 5 cm ogni 100 m e l'allungamento con carico di 20 kg inferiore allo 0.05%; il cavo dovrà inoltre garantire nel tempo la costanza della distanza tra le tacche di misura, da verificare con bindella metrica indeformabile ad intervalli regolari, non superiori a 6 mesi;
- carrucola dotata di strozzacavo da installare temporaneamente sulla testa del tubo inclinometrico durante le letture;
- sonda testimone per il controllo dei tubi inclinometrici prima dell'inizio di una serie di misure, con relativo rullo avvolgicavo.

6.2.5. Restituzione dati

L'elaborazione delle misure deve fornire le seguenti informazioni (in termini sia di diagrammi che di tabulati numerici):

- posizione in quota della testa degli inclinometri;
- l'andamento degli spostamenti cumulativi lungo la verticale in modo da avere il movimento della tubazione a partire dalla prima misura.

6.3. MISURA DELLE VARIAZIONI DI LIVELLO DELLA FALDA

6.3.1. Scopo

La misura del livello di falda ha lo scopo di verificare l'andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza delle aree potenzialmente in frana e gli effetti generati dalla costruzione dei rilevati stradali in prossimità delle stesse.

La misura verrà effettuata tramite piezometri posizionati sia nelle porzioni di monte che di valle delle aree in frana, secondo la posizione planimetrica riportata negli elaborati di progetto di riferimento per ciascuna area.

6.3.2. Descrizione della strumentazione e modalità di installazione

La strumentazione da porre in opera per il monitoraggio del livello di falda sarà costituita da celle piezometriche di tipo Casagrande.

Contestualmente all'installazione della strumentazione verranno eseguite le necessarie livellazioni topografiche di precisione al fine di determinare la quota di testa dei piezometri cui riferire le misurazioni successive.

6.3.3. Frequenza dei rilevamenti

Le letture sugli strumenti avranno inizio al completamento della costruzione degli interventi di stabilizzazione nelle aree oggetto di monitoraggio.

Dopo 2 settimane dall'installazione dovrà essere effettuata una lettura di zero per ogni strumento, che fungerà da riscontro per le misure successive.

Le misure andranno eseguite con cadenza mensile fino ai primi 12 mesi, inclusi, a partire dal completamento della costruzione dei rilevati a monte delle aree in frana oggetto di monitoraggio, e con cadenza trimestrale per i 2 anni successivi.

In seguito alla rilevazione di fenomeni anomali si aumenterà opportunamente la frequenza di lettura della strumentazione.

Una volta all'anno dovrà essere eseguita anche una livellazione al fine di verificare la quota della testa dei piezometri.

6.3.4. Modalità di misura

La lettura dei piezometri avverrà mediante frenatmetro elettrico.

6.3.5. Restituzione dati

L'elaborazione delle misure deve fornire le seguenti informazioni (in termini sia di diagrammi che di tabulati numerici):

- livello piezometrico in tutti i punti di misura;
- variazione del livello piezometrico di tutti i punti di misura.