



*Presidenza  
del Consiglio dei Ministri*

IL CAPO DEL DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE  
COMMISSARIO STRAORDINARIO PER L'AREA DI NISCEMI  
(ex art. 15 D.L. 25/2026)



*Programma per interventi di prevenzione strutturale e per la riduzione del  
rischio idraulico e idrogeologico nel territorio del Comune di Niscemi*

*[art. 15, comma 2, lettera a), numero 2, del decreto legge 27 febbraio 2026, n. 25]*

## Sommario

1. PREMESSA.....	4
2. LA GOVERNANCE E IL MODELLO DI INTERVENTO.....	7
3. GLI AMBITI DI INTERVENTO DEL PROGRAMMA .....	10
3.1 Interventi di prevenzione strutturale e di riduzione del rischio idraulico e idrogeologico .....	10
3.2 Il programma di indagini geognostiche, geotecniche e di monitoraggio strumentale della Protezione Civile Regionale.....	11
3.3 Completamento ed adeguamento del sistema fognario depurativo e realizzazione del nuovo impianto di depurazione .....	13
3.4 Interventi di adeguamento della rete acquedottistica.....	15
4. SCENARI DI RISCHIO E STRATEGIE DI RIDUZIONE DEL RISCHIO.....	16
4.1 La valutazione del rischio residuo nel centro abitato .....	16
4.2 Scenari di rischio e strategie per la riduzione del rischio .....	18
4.3 Strategie di prevenzione strutturale per la riduzione del rischio .....	20
Fase iniziale .....	20
Fase di completamento .....	20
5. PROGRAMMA DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI .....	22
5.1 Quadro generale.....	22
5.2 Interventi sulla Frana Nord (FN) .....	29
Intervento FN.1 - Galleria drenante, L $\approx$ 1500 m.....	29
Intervento FN.2 - Riprofilatura pendii.....	34
Intervento FN.3 - Interventi diffusi per la sutura delle lesioni e il ripristino del reticolo idraulico .....	38
Intervento FN.4 - Regimazione acque superficiali con canali di gronda .....	42
5.3 Interventi sulla Frana Centrale (FC) .....	45
Intervento FC.1 - Galleria drenante, L $\approx$ 700 m.....	45
Intervento FC.2 - Galleria drenante, L $\approx$ 900 m.....	49
Intervento FC.3 - Realizzazione pozzi per il monitoraggio della piezometrica .....	53
Intervento FC.4 - Riqualificazione recapiti di valle .....	56
Intervento FC.5 - Riprofilatura pendii.....	60

Intervento FC.6 - Interventi diffusi per la sutura delle lesioni ed il ripristino del reticolo idraulico .....	63
5.4 Interventi sulla Frana Sud (FS) .....	66
Intervento FS.1 - Ripristino Strada Provinciale SP10 .....	66
Intervento FS.2 - Ripristino reticolo idrografico e realizzazione drenaggi profondi .....	70
Intervento FS.3 - Riprofilatura pendii .....	74
Intervento FS.4 - Interventi diffusi per la sutura delle lesioni .....	78
5.5 Interventi sul Torrente Benefizio .....	82
Intervento BE.1 - Ripristino della quota di fondo, sistemazione spondale e del tratto di monte.....	82
Intervento BE.2 - Ripristino delle zone limitrofe in destra idraulica al torrente Benefizio	90
Intervento BE.3 - Ripristino delle zone limitrofe in sinistra idraulica al torrente Benefizio	93
5.6 Interventi nel Centro Abitato (AB) .....	97
Intervento AB.1 - Adeguamento del sistema fognario .....	97
Intervento AB.2 - Adeguamento rete acquedottistica.....	99
5.7 Sistema di monitoraggio finalizzato agli interventi .....	99
5.8 Quadro economico complessivo degli interventi.....	103
5.9 Scala di priorità .....	104

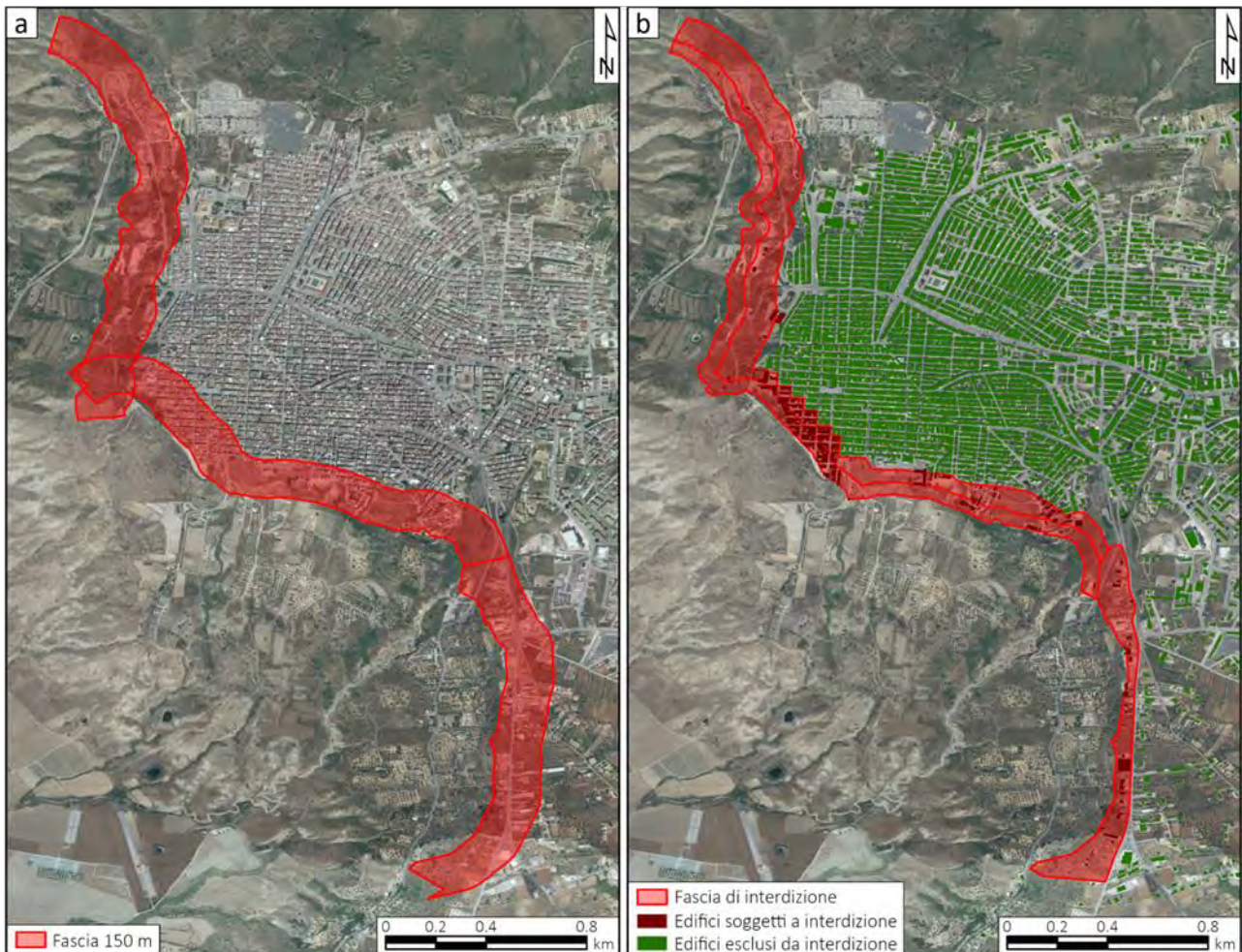
# 1. PREMESSA

Nel mese di gennaio 2026 il territorio comunale di Niscemi, in provincia di Caltanissetta, è stato interessato da un fenomeno franoso complesso in rapida evoluzione.

Una prima fase significativa è stata registrata tra il 15 e il 16 gennaio 2026 e una successiva riattivazione tra il 25 e il 26 gennaio 2026. Durante la prima attivazione si è assistito al cedimento della Strada Provinciale SP12, mentre il secondo evento ha coinvolto il settore urbano del quartiere Sante Croci - Belvedere, l'area del torrente Benefizio e la Strada Provinciale SP10, portando all'evacuazione precauzionale di circa 500 persone.

Successivamente, a seguito di sopralluoghi mirati alla definizione più precisa dello scenario di evento, è stata adottata una ordinanza comunale che ha comportato l'evacuazione di una porzione più ampia di territorio che ha coinvolto circa 1500 abitanti, che hanno dovuto abbandonare l'area interessata che precauzionalmente ha riguardato, nel centro abitato, gli immobili ricadenti in una fascia di circa 150 mt dal ciglio della scarpata di frana.

A seguito di un ulteriore approfondimento tecnico-scientifico da parte dei Centri di competenza del Dipartimento della Protezione Civile, tale fascia di sicurezza è stata ridotta a circa 100 mt dal ciglio della scarpata di frana, con il rientro di una parte di popolazione nei propri edifici. Pertanto, al momento della stesura del presente documento i cittadini evacuati sono circa 500. (vedi Fig. 1)



**Figura 1 - Evoluzione delle misure di salvaguardia nel centro abitato di Niscemi: (a) fascia di interdizione di 150 m stabilita all'indomani dell'evento franoso con Ordinanza sindacale n.12 del 28/01/2026; (b) rimodulazione del perimetro a seguito dell'Ordinanza sindacale n. 19 del 28/02/2026. Sono evidenziati in rosso gli edifici soggetti a interdizione e in verde quelli esclusi dal provvedimento.**

Per quanto riguarda gli edifici pubblici al momento sono state evacuate n. 3 scuole per un totale di oltre 30 classi (circa 500 alunni), l'Ufficio tecnico comunale (Ripartizione lavori pubblici), un edificio comunale nei pressi del Belvedere e la sede della Misericordia Frates. Per quanto riguarda i beni di interesse culturale nell'attuale zona rossa sono stati individuati al momento due immobili fra cui vi è la sede della biblioteca storica "Angelo Marsiano" (edificio sul ciglio di frana parzialmente crollato).

Per quanto concerne la gestione emergenziale, sin dalle ore immediatamente successive agli eventi, il sistema di protezione civile si è attivato per fornire assistenza agli evacuati e per avviare tutte le necessarie attività di indagine per definire compiutamente lo scenario dell'evento franoso, mobilitando le risorse del Servizio nazionale di protezione civile.

Il Consiglio dei ministri, in data 26 gennaio 2026, ha deliberato lo stato di emergenza in conseguenza degli eccezionali eventi meteorologici che, a partire dal giorno 18 gennaio 2026, hanno colpito il territorio della Regione Calabria, della Regione autonoma Sardegna e della Regione Siciliana.

Il Capo del Dipartimento della protezione civile, con l'ordinanza n. 1180 del 30 gennaio 2026, ha, tra l'altro, individuato i presidenti delle Regioni Calabria, Sardegna e Sicilia quali Commissari delegati per l'emergenza.

Infine, il Consiglio dei ministri ha adottato, in data 27 febbraio 2026, il decreto legge n.25 – convertito con modificazioni dalla legge 27 aprile 2026, n. 59 – recante “*Interventi urgenti per fronteggiare l'emergenza provocata dagli eccezionali eventi meteorologici che, a partire dal giorno 18 gennaio 2026, hanno colpito il territorio della regione Calabria, della regione autonoma della Sardegna e della Regione siciliana, nonché 'ulteriori misure urgenti per fronteggiare la frana di Niscemi e di protezione civile*”. L'articolo 15 del citato decreto legge individua il Capo del Dipartimento della protezione civile quale Commissario straordinario per l'area di Niscemi; lo stesso articolo 15 e l'articolo 16 disciplinano compiti e responsabilità del Commissario, individuando le risorse finanziarie e strumentali a disposizione del Commissario stesso per lo svolgimento dei compiti assegnati. Al fine di assicurare la gestione unitaria degli interventi volti al superamento del contesto emergenziale, nella legge di conversione è stato anche disposto – con l'introduzione del comma 3-bis all'art. 15 – il subentro dello scrivente Commissario straordinario, limitatamente al territorio di Niscemi, alla gestione delle attività previste in conseguenza di quanto disposto dall'ordinanza del Capo del Dipartimento della protezione civile n. 1180 del 2026, a valere sulle risorse stanziata a legislazione vigente per il medesimo contesto emergenziale.

## 2. LA GOVERNANCE E IL MODELLO DI INTERVENTO

L'art. 15 comma 2 del decreto legge n. 25/2026 stabilisce, fra l'altro, che il Commissario straordinario *“provvede, in particolare, nel limite di spesa complessivo di 150 milioni di euro per l'anno 2026, a:*

*a) predisporre, d'intesa con il Presidente della Regione Siciliana e sentito il sindaco del comune di Niscemi, entro sessanta giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto:*

*1) uno o più programmi per interventi di demolizione degli edifici, pubblici e privati, rientranti nell'area di frana e nella fascia di rispetto perimetrata sulla base delle analisi e delle indagini geologiche, geotecniche e di monitoraggio strumentale, nonché per la concessione di un contributo a favore dei proprietari degli immobili demoliti, ai sensi di quanto previsto dall'articolo 16, nel limite di spesa di 75 milioni di euro;*

*2) uno o più programmi per interventi di prevenzione strutturale e per la riduzione del rischio idraulico e idrogeologico nel territorio del Comune di Niscemi, tenuto conto di una valutazione di priorità e dell'evoluzione e dell'aggiornamento della pianificazione di bacino di cui agli articoli 65 e 67 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, nel limite di spesa di 75 milioni di euro;*

*b) attuare gli interventi inseriti nei programmi di cui alla lettera a), numeri 1) e 2), del presente comma e approvati ai sensi del comma 3, anche per il tramite di soggetti attuatori dallo stesso individuati a titolo gratuito mediante proprio provvedimento e senza nuovi o maggiori oneri per la finanza pubblica.”*

Il successivo comma 3, così come modificato in sede di legge di conversione prevede che: *“I programmi predisposti dal Commissario straordinario ai sensi del comma 2, lettera a), numeri 1) e 2), sono approvati con decreto del Ministro per la protezione civile e le politiche del mare, previa deliberazione del Consiglio dei ministri, e sono realizzati attraverso provvedimenti attuativi del Commissario straordinario che contengono, per ciascun intervento, l'indicazione del codice unico di progetto (CUP) e un dettagliato cronoprogramma procedurale e finanziario recante l'indicazione degli obiettivi iniziali, intermedi e finali, da comunicare alla Presidenza del Consiglio dei ministri – Dipartimento della protezione civile e al Ministero dell'economia e delle finanze - Dipartimento della Ragioneria generale dello Stato. Nelle more dell'approvazione dei programmi di cui al primo periodo, il Commissario straordinario è autorizzato a dare avvio all'attuazione degli interventi previsti dai predetti programmi e dichiarati, con decreto del Ministro per la protezione civile e le politiche del mare, su proposta del medesimo Commissario, come interventi indifferibili. Gli interventi dichiarati indifferibili ai sensi del secondo periodo sono avviati sulla base degli elementi disponibili e sono dotati di CUP e di un dettagliato cronoprogramma procedurale e finanziario recante l'indicazione degli obiettivi iniziali, intermedi e finali, da comunicare al Ministero dell'economia e delle finanze - Dipartimento della Ragioneria generale dello Stato. Gli interventi inseriti nei programmi di cui al presente comma sono dichiarati urgenti, indifferibili e di pubblica utilità e, ove occorra,*

costituiscono variante agli strumenti urbanistici vigenti ai sensi di quanto previsto dal presente articolo”.

Sempre in sede di conversione, all'articolo 15, dopo il comma 3, è stato aggiunto il seguente:

*“3-bis. Al fine di assicurare la gestione unitaria degli interventi volti al superamento del contesto emergenziale determinatosi nel territorio del Comune di Niscemi in conseguenza degli eventi di cui alla delibera del Consiglio dei ministri del 26 gennaio 2026, il Commissario straordinario di cui al comma 1 subentra, limitatamente al sopracitato territorio, alla gestione delle attività previste in conseguenza di quanto disposto dall'ordinanza del Capo del Dipartimento della protezione civile n. 1180 del 2026 a valere sulle risorse stanziata a legislazione vigente per il citato contesto emergenziale. Le modalità del subentro di cui al presente comma sono disciplinate con ordinanze del Capo del Dipartimento della protezione civile di cui all'articolo 25 del decreto legislativo 2 gennaio 2018, n. 1. Con le medesime ordinanze si provvede, altresì, all'individuazione della quota delle risorse stanziata per l'emergenza a seguito della deliberazione del Consiglio dei ministri del 26 gennaio 2026 da destinare alle misure per il territorio del Comune di Niscemi e che confluiscono nella contabilità speciale di cui al comma 5”.*

Inoltre il comma 4, anch'esso modificato in sede di legge di conversione, prevede che: *“Il Commissario straordinario di cui al comma 1 resta in carica sino al 31 dicembre 2027. Per l'esercizio dei compiti assegnati, il Commissario straordinario si avvale a titolo gratuito del Dipartimento della protezione civile della Presidenza del Consiglio dei ministri e può avvalersi, mediante apposite convenzioni a titolo gratuito e senza nuovi o maggiori oneri a carico della finanza pubblica, delle strutture, anche periferiche, delle amministrazioni centrali dello Stato, dell'Agenzia del demanio, della Regione Siciliana e del comune di Niscemi. Per le medesime finalità, il Commissario straordinario può stipulare apposite convenzioni anche per avvalersi del supporto tecnico dell'Agenzia nazionale per l'attrazione degli investimenti e lo sviluppo d'impresa S.p.a. – INVITALIA S.p.A., che svolge altresì le funzioni di centrale di committenza ai sensi dell'articolo 63 del codice dei contratti pubblici, di cui al decreto legislativo 31 marzo 2023, n. 36, o di altre società in house dello Stato, della Regione siciliana o del comune di Niscemi ovvero di società a controllo pubblico, anche indiretto, o di società da queste ultime interamente controllate, i cui oneri sono posti a carico delle risorse per l'attuazione degli interventi di cui al comma 2, lettera a), nel limite massimo del 2 per cento del quadro economico o, in assenza, del valore degli interventi privi di quadro economico.*

In sintesi, quindi, la governance delineata dal quadro normativo e i risultati degli studi, indagini e approfondimenti tecnico-scientifici al momento disponibili, determinano un modello di intervento che prevede, come primo passo la predisposizione del presente programma per interventi di prevenzione strutturale e per la riduzione del rischio idraulico e idrogeologico; successivamente, dopo l'approvazione del programma decretata dal Ministro per la protezione civile e le politiche del mare, previa deliberazione del Consiglio dei ministri, l'avvio dei relativi interventi secondo le valutazioni di priorità richiamate dalla norma e dettagliate nel capitolo 5 sulla base delle valutazioni tecnico-scientifiche di cui si esporrà nel seguito.

Come previsto dalla legge di conversione del decreto legge n. 25/2026 gli interventi saranno realizzati attraverso provvedimenti attuativi dello scrivente Commissario straordinario contenenti, per ciascun intervento, l'indicazione del codice unico di progetto (CUP) e un dettagliato cronoprogramma procedurale e finanziario recante l'indicazione degli obiettivi iniziali, intermedi e finali, nonché l'indicazione del soggetto attuatore scelto fra quelli previsti dal comma 2 lett. b) e comma 4 dell'art.15 del decreto legge n, 25/2026. Qualora sia certificata l'esigenza di avviare un intervento ritenuto di particolare urgenza, si procederà nell'attuazione dello stesso nelle more dell'approvazione del suddetto programma così come previsto dal comma 3 dell'art. 15 del citato decreto legge.

## 3. GLI AMBITI DI INTERVENTO DEL PROGRAMMA

### 3.1 Interventi di prevenzione strutturale e di riduzione del rischio idraulico e idrogeologico

Le attività dei due programmi di intervento di cui al citato art. 15 del decreto legge n. 25/2026 sono articolate secondo le principali linee di intervento:

- concessione di contributi ai proprietari per l'acquisto di abitazione equivalente e la delocalizzazione degli edifici ricadenti in area a rischio franoso permanente e demolizione degli edifici ricadenti nelle aree dichiarate definitivamente inagibili;
- realizzazione di interventi di prevenzione strutturale e di riduzione del rischio idraulico e idrogeologico nell'area interessata dal fenomeno franoso

Il presente programma riguarda la seconda linea di intervento e discende dai criteri e dalle proposte di intervento contenute nel Rapporto n. 3 *“Le frane di Niscemi del gennaio 2026”* consegnato in data 20 aprile 2026 dai Centri di competenza dipartimentali (nel seguito sintetizzato come “Rapporto n. 3”):

- Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze (CPC-UNIFI)
- Fondazione CIMA (Centro Internazionale in Monitoraggio Ambientale)
- CNR Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA)

per la cui lettura integrale si rimanda al seguente link →

<https://emergenze.protezionecivile.it/static/a10901d17a46a5e5f0862d19088c2261/20260420-rapporto-frana-niscemi.pdf>

Il predetto rapporto tecnico-scientifico ha analizzato in modo multidisciplinare i complessi fenomeni di instabilità gravitativa che hanno interessato il territorio di Niscemi nel mese di gennaio 2026. L'indagine, condotta attraverso il coordinamento di diverse metodologie d'analisi - dalla geomorfologia classica al telerilevamento avanzato, fino alla modellazione geomeccanica e idrologica - ha permesso di delineare un quadro conoscitivo coerente e dettagliato dei processi in atto.

Partendo dall'inquadramento geologico e geomorfologico, si sono analizzate le frane e le deformazioni gravitative precedenti (in particolare gli eventi del 1790 e del 1997), cosicché dall'analisi dei dati topografici aggiornati è stato possibile individuare tre corpi di frana distinti e cinematicamente indipendenti, seppur coalescenti nel loro sviluppo complessivo: Frana Nord, Centrale e Sud. Le ipotesi sulle cause predisponenti e sui fattori di innesco, il monitoraggio satellitare dei movimenti, le indagini geofisiche e la caratterizzazione e modellazione geotecnica, nonché la caratterizzazione e modellazione idrologico-idraulica, hanno consentito di definire un modello di arretramento della scarpata principale per valutare il rischio residuo nel settore abitato prospiciente la frana.

Pertanto, pur nella considerazione che i risultati ottenuti rappresentano un quadro conoscitivo tecnicamente coerente, ma da considerarsi preliminare, in quanto basato sulle conoscenze disponibili fino alla data del presente documento, è stato comunque possibile delineare scenari di rischio ed ipotizzare strategie per la riduzione e gestione del rischio, come meglio si spiegherà nei paragrafi successivi. Tenendo conto delle attività e degli interventi già in corso (in particolare le indagini ed i monitoraggi in capo alla Protezione Civile Regionale e le opere di completamento del sistema fognario e di depurazione in capo al Commissario straordinario unico per la depurazione), in conclusione viene proposto, come richiesto dal decreto legge n. 25/2026, un primo programma commissariale di interventi strutturali di riduzione del rischio articolato per ambiti territoriali e coerente con un'impostazione strategica di tipo adattivo e progressivo, contenuto nei limiti economici previsti (75 milioni di euro).

### **3.2 Il programma di indagini geognostiche, geotecniche e di monitoraggio strumentale della Protezione Civile Regionale**

Con Disposizione n. 2 del 10 febbraio 2026, il Commissario delegato – Presidente della Regione Siciliana ai sensi dell'articolo 1 dell'Ordinanza del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 1180 del 2026 – ha nominato Soggetto Attuatore, per le attività di cui all'articolo 17 della stessa OCDPC n. 1180/2026, il Dipartimento Regionale della Protezione Civile.

In sintesi il suddetto art. 17 prevede i seguenti principali compiti del Soggetto Attuatore:

- A. Realizzazione di un'analisi del rischio idrogeologico nel territorio di Niscemi interessato dai dissesti;
- B. Realizzazione, d'intesa con il DPC, di un programma di indagini geognostiche, geotecniche e di monitoraggio strumentale finalizzato ad accertare le cause del dissesto idrogeologico;
- C. Predisposizione, d'intesa con il DPC, di un sistema di sorveglianza secondo quanto previsto dalla Direttiva del Presidente del Consiglio dei ministri del 27 febbraio 2004.

Ai fini dell'acquisizione dell'intesa prevista dal predetto art. 17, la Regione in data 19/03/2026 ha trasmesso al Dipartimento Nazionale della Protezione Civile (prot. DPC/13890 del 20/03/2026) il programma delle attività di indagine e monitoraggio.

In tale proposta, per l'avvio più rapido possibile delle attività, la Regione si è avvalsa dell'Accordo interistituzionale Regione Siciliana – Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) - PNRR M2C4 – Investimento 1.1 “Realizzazione di un sistema avanzato e integrato di monitoraggio e previsione” Progetto SIM - Rete Monitoraggio Frane – Sicilia – Sono stati pertanto avviati numerose interlocuzioni con il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica al fine di coordinare e accelerare le attività previste nell'ambito del programma frane del SIM Sistema Integrato di Monitoraggio e Previsione finanziato con fondi PNRR. A tal fine, d'accordo con il MASE, le attività originariamente previste su cinque frane della Sicilia sono

state concentrate sull'area di Niscemi. Il MASE ha già fornito le prime strumentazioni e messo a disposizione una piattaforma informatica per la concentrazione ed elaborazione dei dati che è in corso di popolamento e test di funzionamento.

Per quanto riguarda il fabbisogno economico e le fonti di finanziamento, l'importo complessivo presentato dalla Regione Sicilia è pari a 16.013.631,00 €, di cui 8.383.000,00 € a carico dei fondi MASE e 7.530.631,00 € a carico dei fondi emergenziali OCDPC n. 1180/2026. In aggiunta, sui fondi emergenziali sono stati previsti 400.000,00 € per interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria della sensoristica, delle reti e dei sistemi e 1.500.000,00 € per il sistema di video-sorveglianza.

In riscontro alla richiesta della Regione il DPC ha risposto con nota prot. 16642-03/04/2026-NISC 26, nella quale, pur rilevando che il programma ad oggi presentato appare molto articolato e propone l'effettuazione di svariate tipologie di indagini, sia di tipo diretto (es.: perforazioni, monitoraggi geotecnici e strutturali, ecc.), che indiretto (es.: profili sismici, tomografie elettriche, interferometrie da terra, ecc.), ha rappresentato l'opportunità di provvedere ad una razionalizzazione dell'impianto complessivo del programma, individuando, prioritariamente, le misure e gli interventi che risultino indifferibili ed urgenti ai fini di protezione civile, attese le specifiche previsioni dell'art. 17 dell'OCDPC n. 1180/2026, anche adottando a tale fine opportuni criteri di priorità (urgenti – di medio termine -di lungo termine). Ciò anche alla luce delle risultanze evidenziate nel documento *“Le frane di Niscemi del gennaio 2026”* (Rapporto n. 2, del 9 marzo 2026), redatto dai Centri di Competenza del Dipartimento della protezione civile (ad oggi aggiornato dal già citato Rapporto n. 3). Nella predetta nota del 03/04/2026 è stata comunque rappresentata la necessità di garantire un'adeguata priorità alle indagini geotecniche e geognostiche, atteso che la loro rilevanza si rivela strategica ai fini della definitiva definizione del modello geologico-tecnico del fenomeno franoso verificatosi nell'area di Niscemi, elemento imprescindibile per l'esecuzione dei piani di intervento di messa in sicurezza dell'area.

In ultimo, attesa, la già citata previsione di concentrare su Niscemi le attività originariamente previste su cinque frane della Sicilia, è stata rappresentata alla Regione l'assoluta necessità che, comunque, non risultino diminuite le capacità di monitoraggio per gli altri siti i quali, presumibilmente, per la loro rilevanza continuano a manifestare la necessità di essere sottoposti a monitoraggio strumentale.

In ogni caso nelle stime sintetiche dei costi dei singoli interventi del presente programma - che vengono riportate più avanti - è stata prevista una specifica voce per indagini geognostiche, individuata sulla base della tipologia di opera prevista. Al momento della fase progettuale dell'intervento sarà cura del soggetto attuatore dell'intervento interagire con lo scrivente Commissario Straordinario e con la Regione Sicilia, al fine di verificare l'esistenza di indagini già realizzate nel programma regionale e valutare in che modo integrarle con gli appositi fondi accantonati nel quadro economico dell'intervento da progettare.

Allo stesso modo fra le voci di spesa previste nel presente programma commissariale è stato inserito un “Sistema di monitoraggio finalizzato agli interventi” - costo stimato € 1.550.000,00 – che contiene le principali tipologie di monitoraggio che si ritengono indispensabili per supportare le fasi di progettazione e di verifica dell’efficacia delle opere strutturali di mitigazione del rischio.

Al fine di evitare duplicazioni o elementi di contraddizione fra le attività di indagini e monitoraggi regionali con quelle previste a supporto degli interventi del presente programma, pur considerando il livello pianificatorio di quest’ultimo, per ogni intervento è anche stata già ipotizzata e cartografata una campagna di indagini, cosicché i soggetti attuatori delle indagini e dei monitoraggi regionali possano fin d’ora valutare e tener opportunamente conto delle esigenze prospettate per la progettazione degli interventi strutturali di riduzione del rischio.

### **3.3 Completamento ed adeguamento del sistema fognario depurativo e realizzazione del nuovo impianto di depurazione**

Al momento della riattivazione del fenomeno franoso del mese di gennaio 2026, erano in corso i lavori di “*Completamento ed adeguamento del sistema fognario depurativo e realizzazione del nuovo impianto di depurazione di Fontana del Conte nel Comune di Niscemi - CUP J96H19000040006*” appaltati dal Soggetto Attuatore - Commissario Straordinario Unico per la realizzazione degli interventi di collettamento, fognatura e depurazione delle acque reflue urbane (Sentenze di condanna della Corte di Giustizia dell'Unione Europea C-565/10, C-251/17 e C-85/13) e procedure di infrazione 2014/2059 e 2017/2181) - D.P.C.M. 11 Maggio 2020.

Ovviamente, in via del tutto precauzionale, immediatamente dopo gli eventi franosi, i lavori sono stati sospesi dal Soggetto Attuatore e sono state avviate tutte le procedure tecniche e amministrative necessarie alla prosecuzione dell’intervento di competenza, per tener conto della nuova e particolare situazione venutasi a determinare a causa dell’emergenza, con la precisazione che al predetto Commissario Straordinario Unico non è attribuita alcuna competenza sulla gestione delle acque bianche e né, tantomeno, allo stesso compete l’esecuzione di eventuali interventi in emergenza e/o d’urgenza di qualsivoglia natura sul sistema fognario esistente dell’agglomerato urbano di Niscemi, la cui gestione è affidata alla Società “Caltaqua - Acque di Caltanissetta S.p.A.” quale Gestore del Servizio Idrico Integrato.

A tal fine, in data 10/03/2026 è stata effettuata una riunione presso la sede del Comune di Niscemi, finalizzata al coordinamento degli interventi in atto nell’abitato di Niscemi, alla presenza dello scrivente Commissario Straordinario per gli interventi di Niscemi e Capo Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, del dirigente della Protezione Civile della Regione Siciliana, del Commissario Straordinario Unico alla Depurazione e del Sub-Commissario per la Sicilia Occidentale, del Sindaco di Niscemi, nonché del RUP, del progettista e direttore lavori dell’intervento in argomento.

Facendo seguito al predetto incontro, con nota prot. 3157 del 24/03/2026, lo scrivente ha condiviso con il Commissario Straordinario Unico alla Depurazione il parere del Centro di Competenza Dipartimentale UNIFI, contenente le valutazioni tecniche necessarie per consentire la predisposizione di un'apposita variante progettuale, con l'individuazione di una fascia di sicurezza in cui poter riposizionare le stazioni di sollevamento originariamente previste in prossimità delle aree in frana, e comunque all'interno della fascia interdotta.

Il RUP, pertanto, preso atto della suddetta comunicazione del 24/03/2026, ha immediatamente disposto al Direttore dei Lavori dell'intervento de quo, con nota prot. 0003179\_2026 del 24/03/2026 di procedere alla redazione dell'aggiornamento progettuale tenendo conto delle valutazioni tecniche ricevute.

Acquisite le ipotesi progettuali da inserire nella redigenda variante, in data 8 aprile 2026 si è svolto un ulteriore incontro nella sede commissariale di Niscemi, al quale hanno partecipato, oltre allo scrivente, il Commissario Straordinario Unico per la realizzazione degli interventi di collettamento, fognatura e depurazione delle acque reflue urbane, il Sindaco del Comune di Niscemi e i soggetti interessati dalla realizzazione dei lavori in oggetto.

Durante il corso della riunione, finalizzata all'accelerazione dell'attuazione dell'intervento di cui trattasi, è emersa la necessità di acquisire le autorizzazioni necessarie allo scarico delle acque reflue raccolte con le nuove opere di collettamento in corso di realizzazione, opportunamente trattate, prima della effettiva messa in funzione dell'impianto di depurazione. L'intervento, seppur realizzato con fondi diversi da quelli a valere sulla dotazione finanziaria del decreto legge 27 febbraio 2026, n. 25 e a titolarità di una diversa struttura commissariale, è strettamente correlato agli interventi di prevenzione strutturale e per la riduzione del rischio idraulico e idrogeologico di cui all'art. 15 comma 2 lettera a) punto 2 del suddetto decreto legge. Per i motivi di cui sopra, la struttura commissariale per la depurazione è stata invitata ad acquisire le necessarie autorizzazioni in deroga per la più veloce messa in funzione del sistema di raccolta, trattamento e scarico delle acque reflue urbane, comunicando l'eventuale esigenza di ulteriori poteri derogatori, rispetto ai quali si potrà valutare l'esercizio dei poteri di ordinanza di cui all'art. 15 comma 1 del citato decreto legge n. 25/2026.

Tutto ciò premesso, attesa la già evidenziata correlazione fra gli interventi di prevenzione strutturale e di riduzione del rischio e l'intervento di adeguamento e riorganizzazione del sistema fognario urbano, finalizzato alla corretta raccolta e all'allontanamento delle acque reflue e meteoriche che attualmente contribuiscono, attraverso dispersioni e perdite nella rete, all'alimentazione delle circolazioni idriche sotterranee nei corpi di frana, fra gli interventi inseriti nel presente programma e dettagliati in un dedicato paragrafo del Rapporto n. 3 dei Centri di Competenza dipartimentali, è stato inserito anche l'intervento "AB.1 - Adeguamento del sistema fognario", senza una specifica previsione di spesa a carico dei fondi del decreto legge n. 25/2026, essendo dette opere realizzate con fondi di una diversa struttura commissariale.

### **3.4 Interventi di adeguamento della rete acquedottistica**

Al momento della riattivazione del fenomeno franoso del mese di gennaio 2026, nel comune di Niscemi erano in fase di ultimazione i lavori di “*Sostituzione della rete idrica vetusta e/o in cattivo stato e miglioramento dell’efficienza delle reti idriche per il contenimento delle perdite e la continuità del servizio (fase 1 – rete con altissimo indice di decadimento strutturale) - CUP: j94H10000040006*”, realizzati dal già citato Gestore del Servizio Idrico Integrato (Società Caltaqua S.p.A. – Acque di Caltanissetta). Secondo quanto rappresentato dal suddetto Gestore (rif. nota 001-0004406-CAL/2026 del 19/03/2026) attraverso il report del Direttore dei lavori (rif. nota DL prot. 136/2026 del 18/03/2026), allo stato attuale la nuova rete idrica è stata completata e sono in corso di attivazione gli switch residui in ambito dei sub distretti in corso collaudo. Per il completamento dell’intervento, che esula dalla completezza della topologia della rete idrica, rimangono da eseguire lungo il contorno del distretto identificato dalla nuova rete, i tagli della vecchia rete al fine di annullare le alimentazioni idriche della stessa, operazione che sarà possibile eseguire solo al completamento degli “switch” degli allacci alle utenze.

Inoltre, sempre secondo quanto riferito dal Direttore dei Lavori, per l’esecuzione delle attività di messa in esercizio, si rende necessario il successivo lavaggio delle condotte sottoposte a prova. In tale fase, l’acqua utilizzata deve essere scaricata dalle condotte. Tuttavia, visto che le reti drenanti di acque bianche recapitano naturalmente al versante oggetto di dissesto, la Direzione dei Lavori, seppur trattasi di volumi idrici insignificanti, ritiene di non smaltire questa acqua nella rete fognaria. Tale vincolo determina una criticità rilevante, in quanto rende difficoltosa la conclusione del processo di lavaggio e, di conseguenza, ostacola la consegna dell’infrastruttura idraulica collaudata al soggetto gestore incaricato.

Per tale situazione, quindi, il DL insieme agli soggetti istituzionali, coinvolti sta cercando di individuare soluzioni condivise per potere procedere risolvere la questione e poter procedere senza impedimenti alla presa in consegna dell’intera rete idrica al soggetto gestore del servizio.

In ultimo il DL ha evidenziato che, una volta ultimato il passaggio delle utenze dalla vecchia alla nuova rete, sarà necessario eseguire piccole trincee di scavo per eseguire i tagli della vecchia rete al fine di annullare l’alimentazione idrica della stessa ed ottimizzare il rendimento dell’investimento.

Tutto ciò premesso, in analogia agli interventi sul sistema fognario e di depurazione, attesa la evidente correlazione con le opere di prevenzione strutturale e di mitigazione del rischio, fra gli interventi inseriti nel presente programma e dettagliati in un dedicato paragrafo del Rapporto n. 3 dei Centri di Competenza dipartimentali, è stato inserito anche l’intervento “AB.2 - Adeguamento rete acquedottistica”, senza una specifica previsione di spesa a carico dei fondi di cui al decreto legge n. 25/2026, essendo dette opere a titolarità di una diversa fonte finanziaria.

## 4. SCENARI DI RISCHIO E STRATEGIE DI RIDUZIONE DEL RISCHIO

### 4.1 La valutazione del rischio residuo nel centro abitato

Sulla base della modellazione numerica, delle analisi geotecniche e dei dati geognostici e di monitoraggio (topografico e satellitare), nel Rapporto tecnico-scientifico n. 3 dei Centri di competenza dipartimentali, è stato definito un modello di arretramento della scarpata principale per valutare il rischio residuo nel settore abitato prospiciente la frana.

Il modello adotta un approccio cautelativo, utilizzando parametri geotecnici minimi per le sabbie ( $\Phi'=30^\circ$  e  $c'=0$ ) e un fattore di sicurezza  $F_s=1,5$ . Tale valore è significativamente più cautelativo rispetto al minimo di  $F_s=1,25$  richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018) per le verifiche agli stati limite ultimi in condizioni statiche.

Le simulazioni indicano un arretramento teorico della scarpata generalmente compreso tra 50 e 70 m, con un valore massimo di circa 83 m (vedi Fig. 2)

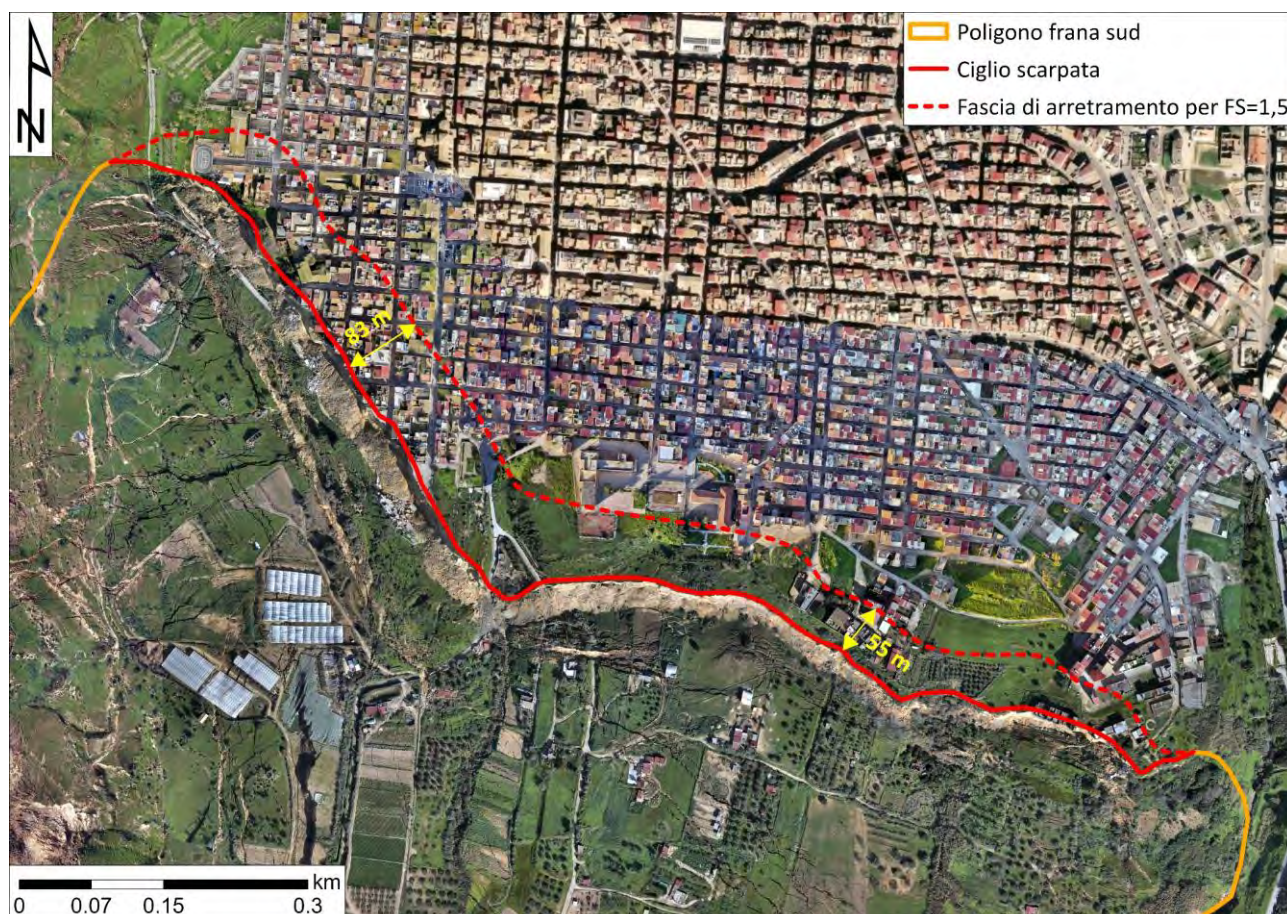


Figura 2 - Distanza di arretramento della scarpata della frana centrale considerando un Fattore di Sicurezza  $F_s=1.5$ .

Tali risultati hanno indicato che la fascia di interdizione di 150 m stabilita nell'immediatezza della frana, risultava significativamente più ampia rispetto alle esigenze tecnicamente giustificabili sulla base del modello adottato che è stato realizzato attraverso un profilo topografico utilizzando come base il rilievo aerofotogrammetrico del 31 gennaio e passante per la zona del quartiere Sante Croci, in un punto dove la parete non è ancora interessata da evidenti fenomeni di erosione e accumulo e dove risulta ancora evidente il contatto fra le sabbie e le argille sottostanti (Fig. 3a-b-c).

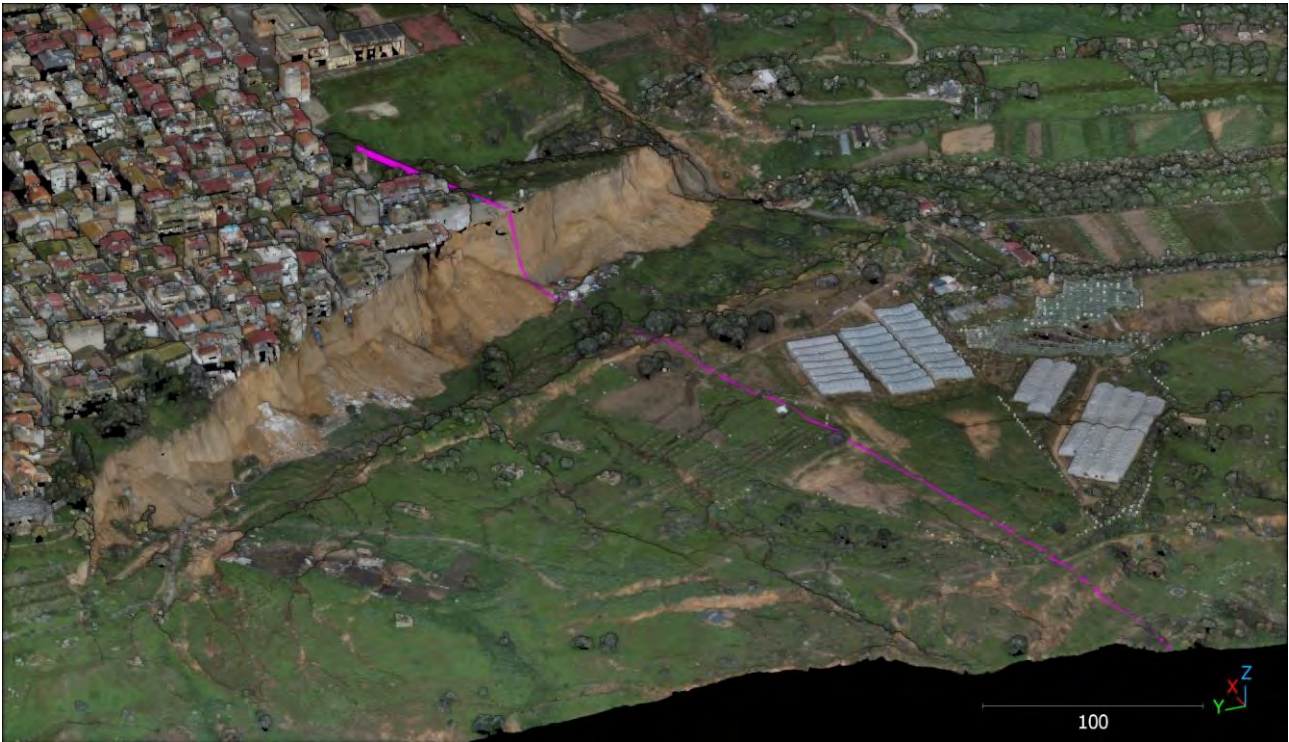


Figura 3a - Traccia della sezione (linea fucsia) utilizzata per la valutazione dell'arretramento della parete.

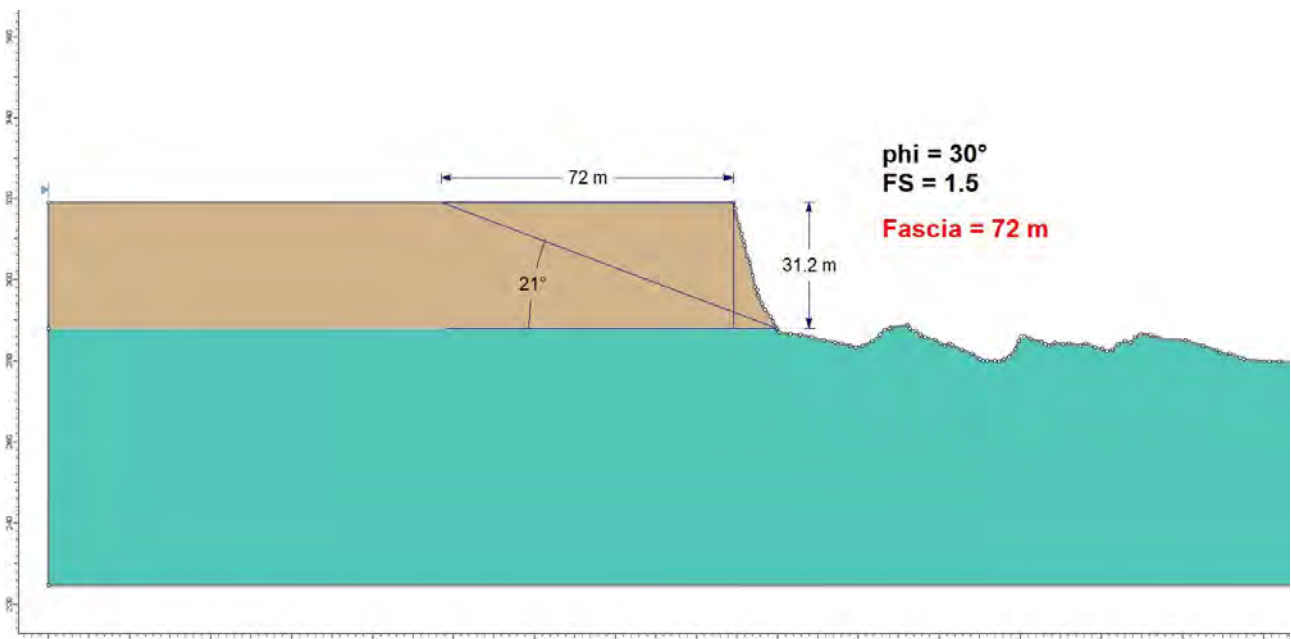
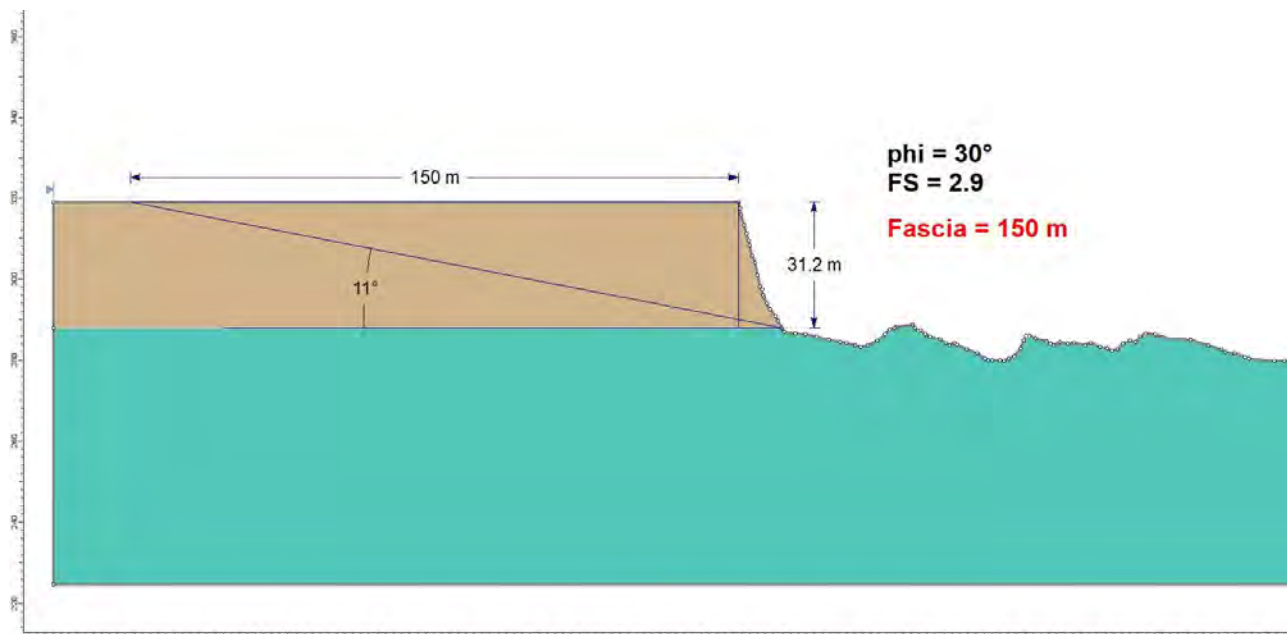


Figura 3b - Stima dell'arretramento della parete principale in corrispondenza del profilo analizzato considerando un Fattore di Sicurezza  $F_s=1.5$ , da cui risulta una fascia di rispetto di 72 m.



**Figura 3c - Stima dell'arretramento della parete principale in corrispondenza del profilo analizzato considerando un Fattore di Sicurezza  $F_s=2.9$ , da cui risulta una fascia di rispetto di 150 m.**

L'analisi interferometrica post-evento di tutte le immagini satellitari acquisite (Capella Space, Sentinel-1, COSMO-SkyMed, PlanetScope) non ha mostrato movimenti apprezzabili nella fascia di interdizione, così come confermato anche dai primi dati della rete di monitoraggio installata in situ dall'INGV, che non mostrano spostamenti significativi con direzione coerente, se non nell'immediatezza del ciglio della scarpata.

Alla luce di queste risultanze, il Sindaco con propria ordinanza n. 19 del 28/02/2026, ha disposto la conseguente riduzione della fascia di interdizione a circa 100 m (in dipendenza della conformazione territoriale) dal ciglio della scarpata nel centro abitato in corrispondenza della frana centrale. Questa ampiezza garantisce un margine di sicurezza superiore agli scenari di arretramento stimati, assorbendo anche l'evoluzione morfologica recente del versante.

Pur in un quadro generale di stabilità del centro abitato, la presenza di segnali deformativi localizzati e coerenti tra diverse tecniche di monitoraggio (es. nell'area del plesso scolastico "San Giuseppe") evidenzia una dinamica ancora attiva, che impone un approccio prudentiale basato su verifiche in situ e sul mantenimento dell'assoluta interdizione all'accesso nella fascia rossa, a tutela della sicurezza.

## **4.2 Scenari di rischio e strategie per la riduzione del rischio**

Rimandando ad una lettura più approfondita del citato rapporto tecnico-scientifico n. 3 per gli elementi di dettaglio sulla tematica in argomento, sinteticamente si può affermare che, nonostante la ridefinizione della zona di rispetto nel centro abitato, il quadro complessivo del sistema franoso permane in uno stato di instabilità evolutiva, con un rischio residuo elevato per l'intero corpo di frana. Occorre, pertanto, adottare un approccio integrato per la gestione

del rischio residuo che combini misure di Protezione Civile, monitoraggio strumentale continuo, delocalizzazioni e interventi di mitigazione strutturale, al fine di ridurre progressivamente l'esposizione al rischio del centro abitato e delle infrastrutture.

Allo stato attuale, i risultati ottenuti rappresentano un quadro conoscitivo tecnicamente coerente, ma da considerarsi preliminare, in quanto basato sulle conoscenze disponibili fino alla data del presente documento.

La complessità del fenomeno e la sua evoluzione nel breve termine rendono necessario proseguire con ulteriori indagini e monitoraggi, al fine di ricostruire in dettaglio i meccanismi di movimento delle frane, di controllare la loro evoluzione spazio-temporale, ricostruire le cause predisponenti e innescanti degli eventi e aggiornare progressivamente il modello interpretativo del dissesto.

Le analisi condotte confermano che, a causa delle dimensioni del sistema franoso, della profondità delle superfici di scivolamento e delle caratteristiche geologiche dei terreni coinvolti, non è tecnicamente possibile conseguire una stabilizzazione definitiva dell'intero versante mediante interventi strutturali estensivi. La gestione del dissesto deve pertanto fondarsi su strategie di mitigazione del rischio e su un approccio adattivo, basato sul monitoraggio continuo e sul controllo dei principali fattori di instabilità, attraverso una combinazione equilibrata e progressiva di interventi strutturali e misure non strutturali di riduzione del rischio.

Uno dei processi attualmente in atto è l'arretramento della scarpata formatasi durante la fase parossistica del movimento. Tale fenomeno rappresenta in parte un'evoluzione naturale del versante verso un nuovo assetto di equilibrio. Gli interventi non devono quindi mirare alla ricostruzione della morfologia originaria, ma piuttosto accompagnare l'evoluzione del pendio attraverso opere di riprofilatura, regimazione delle acque superficiali e protezione dall'erosione.

Parallelamente rimane possibile la riattivazione del movimento profondo lungo superfici di scivolamento già impostate. La risposta relativamente rapida del sistema agli eventi pluviometrici suggerisce la presenza di percorsi preferenziali di infiltrazione legati a fratture e discontinuità strutturali. Le strategie di mitigazione devono quindi concentrarsi principalmente sul controllo delle acque.

Nel medio periodo gli interventi proposti sono orientati alla riduzione delle infiltrazioni, alla captazione delle emergenze idriche, alla regimazione delle acque meteoriche e alla protezione dall'erosione del piede dei versanti. Nel lungo periodo, solo una caratterizzazione geologica e geotecnica più approfondita potrà consentire la progettazione di eventuali opere strutturali mirate, che tuttavia potranno agire solo localmente e non garantire una stabilizzazione globale del sistema.

Un ruolo centrale è attribuito alle misure di prevenzione non strutturale, tra cui la gestione adattiva del rischio, l'aggiornamento continuo della zonazione di pericolosità e il controllo

dell'uso del suolo. In questo contesto può risultare necessario limitare nuove edificazioni nelle aree più instabili e prevedere la progressiva delocalizzazione delle infrastrutture maggiormente esposte.

### **4.3 Strategie di prevenzione strutturale per la riduzione del rischio**

Gli interventi di prevenzione strutturale per la riduzione del rischio idrogeologico e idraulico dovranno essere basati su una strategia di intervento basata sul controllo delle acque, sul miglioramento delle condizioni idrogeologiche e della stabilità dei versanti e sulla gestione del reticolo idrografico.

Come ben evidenziato nella sezione del Rapporto tecnico-scientifico n. 3 relativa alle cause degli eventi franosi, il contesto geologico è caratterizzato da sabbie arenacee permeabili sovrapposte ad argille impermeabili, una configurazione che favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche e l'accumulo di pressioni interstiziali lungo le superfici di contatto, condizioni che possono innescare movimenti franosi sia superficiali sia profondi.

A questo si aggiunge il ruolo dell'erosione torrentizia, in particolare lungo il torrente Benefizio, che provoca lo scalzamento del piede dei versanti e contribuisce alla riattivazione dei fenomeni di instabilità.

La strategia operativa di intervento può essere articolata in due fasi esecutive principali:

#### **Fase iniziale**

Questa fase ha lo scopo di stabilizzare il sistema franoso e ridurre rapidamente i fattori di instabilità. Le attività da mantenere includono il monitoraggio continuo dei movimenti e delle condizioni idrogeologiche, il mantenimento delle ordinanze di sgombero nelle aree a rischio e il completamento delle indagini geologiche e geotecniche.

Gli interventi preliminari prevedono la riorganizzazione della rete acquedottistica e di quella fognaria con separazione tra acque bianche e nere, la realizzazione di sistemi di drenaggio mediante pozzi di emungimento e gallerie drenanti per il controllo della falda, la sistemazione idraulica dei principali recettori e interventi temporanei sulla viabilità.

Sono inoltre previste demolizioni e delocalizzazioni degli edifici non recuperabili e la riprofilatura della scarpata. L'obiettivo principale è contenere l'arretramento delle scarpate e verificare l'efficacia delle opere preliminari.

Gli interventi relativi alla fase iniziale sono descritti nel successivo capitolo 5.

#### **Fase di completamento**

Una volta stabilizzato il quadro evolutivo e acquisite conoscenze più approfondite sui meccanismi di instabilità, si potrà procedere alla progettazione di interventi mirati di consolidamento e alla riorganizzazione dell'assetto territoriale.

Come si è più volte osservato, tali interventi non potranno tuttavia perseguire una stabilizzazione definitiva dell'intero sistema di versante, che, alla luce delle sue dimensioni, della complessità morfologica e della natura geologica del complesso franoso, deve essere gestito nel tempo attraverso un approccio integrato di mitigazione e controllo del rischio.

Questa fase prevede il completamento delle demolizioni e delle delocalizzazioni, la riprofilatura morfologica completa della scarpata e la stabilizzazione definitiva dei versanti.

Sono inoltre previsti interventi di sistemazione idraulica e forestale delle aree interessate dalla frana, il completamento delle opere di regimazione idraulica e il ripristino delle principali infrastrutture viarie di accesso al paese.

L'obiettivo finale è il miglioramento della stabilità dei versanti, il ripristino e la corretta funzionalità del reticolo idraulico e la salvaguardia, ove possibile, delle infrastrutture territoriali, nell'ambito di una strategia complessiva di mitigazione e gestione del rischio nel tempo.

L'approccio complessivo integra quindi monitoraggio, drenaggio profondo, gestione delle acque superficiali e interventi morfologici sul versante, con una realizzazione progressiva che consente di adattare le opere ai risultati del monitoraggio e all'evoluzione del fenomeno franoso.

# 5. PROGRAMMA DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI

## 5.1 Quadro generale

In questo capitolo conclusivo si illustra il programma di interventi strutturali da attuare per la fase iniziale di riduzione del rischio idrogeologico e idraulico nell'area interessata dalle frane di Niscemi, che, come già detto, recepisce integralmente quello proposto dai Centri di Competenza nel Rapporto tecnico-scientifico n. 3.

Come si rileva dal suddetto documento l'abitato di Niscemi è stato più volte interessato da eventi franosi e risulta storicamente esposto a dissesti idrogeologici; tra i principali episodi documentati dalle cronache si segnalano due eventi di maggiore rilievo, verificatisi nel 1790 e nel 1997, precedenti a quello avvenuto nel gennaio 2026. Il Sistema Informativo sulle Catastrofi Geologiche (SICI) del GNDCl riporta inoltre ulteriori fenomeni, di minore entità, registrati nel centro abitato nel 1992, 1993, 1997 e 1998, che hanno causato danni limitati alle infrastrutture e alle abitazioni presenti.

Gli eventi franosi del gennaio 2026 rappresentano quindi la riattivazione e l'ampliamento di un sistema franoso profondo noto e storicamente documentato, che interessa i margini del terrazzo su cui sorge l'abitato. Un primo evento si è verificato tra il 15 e 16 gennaio 2026 nel versante nord-occidentale. Ad esso è seguito l'episodio principale fra il 25 e il 26 gennaio nella parte centro-meridionale del versante che poi si è propagato rapidamente verso sud.

Tale successione di eventi si inserisce in un quadro di instabilità di lungo periodo, controllato dalla stratigrafia, dall'assetto idrogeologico e dai processi di erosione legati alle acque incanalate, configurando un sistema franoso articolato in più settori cinematicamente distinti che, nel loro insieme, costituiscono la riattivazione di movimenti pregressi.

Il fronte instabile attuale si sviluppa complessivamente per circa 4,7 km lungo il margine dell'abitato, coinvolgendo il settore Sante Croci - Belvedere, l'area del torrente Benefizio e i versanti compresi tra la SP10 e la SP12. Le scarpate di distacco presentano altezze mediamente comprese tra 25-30 m, con valori massimi superiori a 40 m.

L'acquisizione di rilievi topografici da drone ad alta risoluzione da parte del Comune di Niscemi e della Regione Siciliana ha consentito, mediante confronto con dati ortofotografici e topografici pregressi, l'accurata caratterizzazione dei movimenti superficiali in termini di entità e direzione. Ciò ha altresì reso possibile la distinzione dell'area di frana in tre settori principali (vedi Fig. 4), coalescenti nel loro sviluppo complessivo, con una possibile propaggine di ulteriore espansione della frana sud (poligono tratteggiato).

- **Frana Nord:** interessata dalla prima fase parossistica del 15-16 gennaio, caratterizzata da spostamenti di oltre 12 m diretti prevalentemente verso ovest, guidata dall'erosione del reticolo idrografico minore; ha determinato il collasso della SP12;
- **Frana Centrale:** rappresenta il corpo di frana principale coinvolto nell'evento del 25-26 gennaio, caratterizzata da spostamenti di circa 50 m diretti prevalentemente verso sud-

ovest, bordata a sud-est dal T. Benefizio in forte incisione; ha generato la grande scarpata che lambisce il margine urbano;

- **Frana Sud:** formatasi in rapida successione dopo la frana centrale nell'evento del 25-26 gennaio, separata dalla frana dal T. Benefizio, ha manifestato spostamenti medi di circa 7 m in direzione ovest-sud-ovest, ha causato la parziale distruzione della SP10.



• **Figura 4 - Suddivisione dell'area di frana in settori cinematicamente distinti.**

Tenuto conto delle limitazioni finanziarie imposte dalla norma di riferimento (€ 75.00.000,00) il programma è articolato secondo priorità operative ed è finalizzato alla messa in sicurezza delle

aree più critiche e alla riduzione immediata delle condizioni di pericolosità nei settori a maggiore instabilità. Esso costituisce il primo livello attuativo della strategia complessiva di gestione del dissesto, in attesa della definizione progettuale e della realizzazione degli interventi strutturali di più ampia scala che richiederanno tempi più lunghi di pianificazione e approvazione.

Nella programmazione degli interventi si è tenuto conto delle informazioni derivanti dalla cartografia ufficiale al momento disponibile, in particolare dal PAI della Regione Siciliana e dall'Inventario IFFI di ISPRA, che confermano la diffusione di corpi di frana attivi e quiescenti lungo i margini occidentali e meridionali del pianoro di Niscemi, delineando un quadro di instabilità diffusa coerente con le caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche dell'area (Fig. 5 e 6).

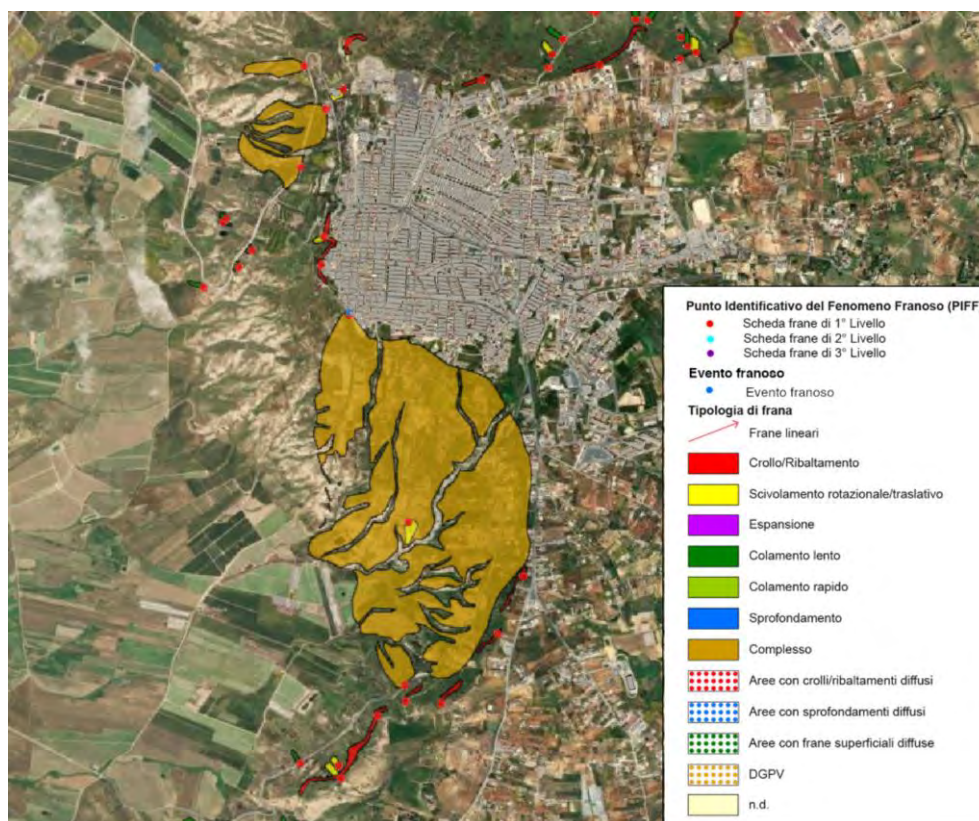


Figura 5 - Inventario dei fenomeni franosi IFFI (Fonte: ISPRA).

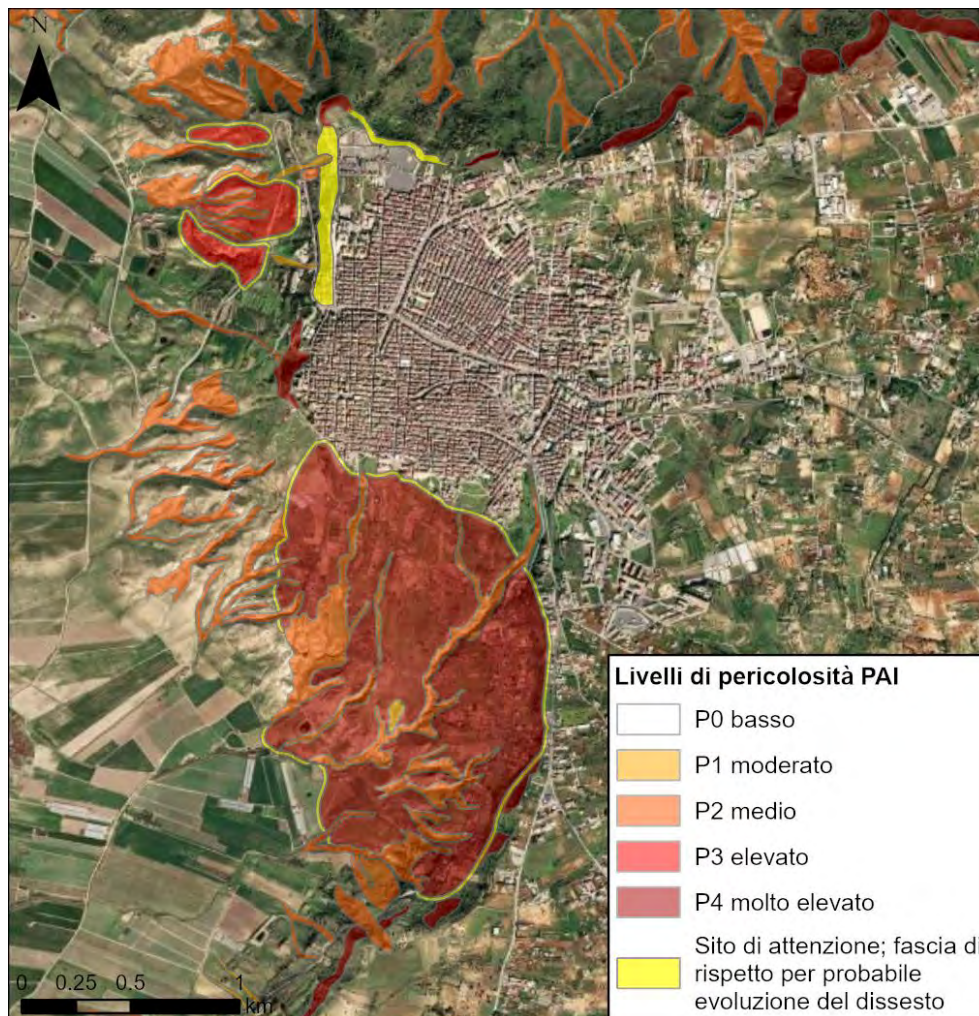
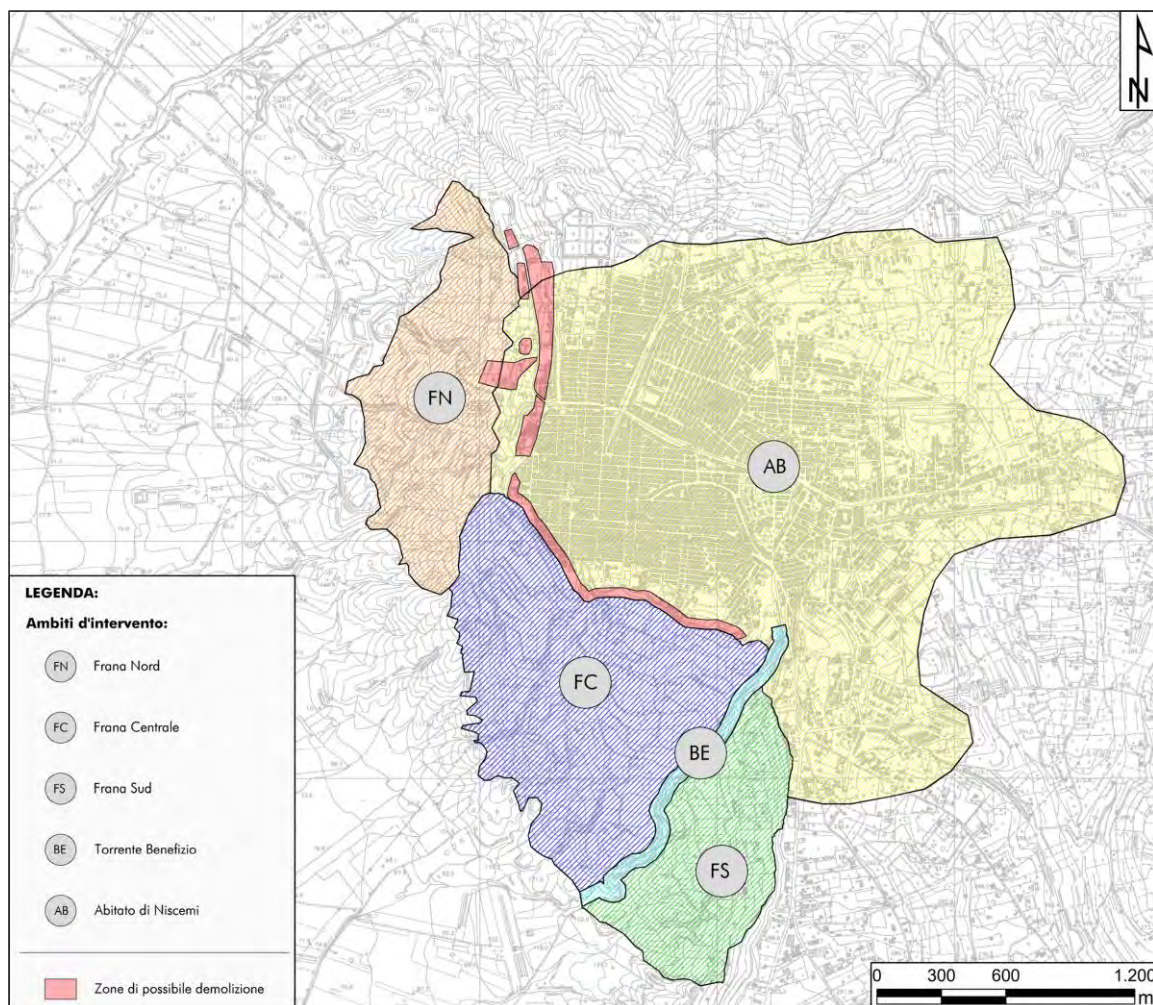


Figura 6 - Pericolosità da frana PAI (Fonte: Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia).

Il quadro concettuale che governa l'impostazione del programma muove dal riconoscimento che la stabilizzazione definitiva dell'intero sistema franoso - per le sue dimensioni, la profondità delle superfici di scivolamento e la complessità geologica dei terreni coinvolti - non è tecnicamente conseguibile attraverso interventi puntuali o localizzati. La strategia adottata si fonda pertanto su un approccio adattivo e progressivo, orientato al controllo dei principali fattori di instabilità: le circolazioni idriche all'interno dei corpi di frana, responsabili dell'incremento delle pressioni interstiziali, e i processi erosivi lungo il reticolo idrografico, in particolare il torrente Benefizio, che costituisce il fianco e il piede delle Frane Centrale e Sud.

Gli interventi proposti sono organizzati in cinque settori di intervento (Fig. 7): i tre corpi di frana individuati - Frana Nord (FN), Frana Centrale (FC) e Frana Sud (FS) - cui si aggiunge un quarto ambito dedicato alla sistemazione idraulica del torrente Benefizio (BE) e un quinto relativo agli interventi nel centro abitato di Niscemi (AB).



**Figura 7 - Settori di intervento.**

Per ciascun intervento il documento fornisce la descrizione sommaria delle opere, il piano di indagine geognostico propedeutico alla progettazione esecutiva, i riferimenti tipologici e fotografici alle zone di attuazione, e un'ipotesi di quadro economico di massima, con la precisazione che le valutazioni di costo potranno essere aggiornate sostanzialmente sulla base dei dati che saranno acquisiti nelle successive fasi progettuali.

Il programma complessivo degli interventi, illustrato nella Fig. 8 e nella tavola allegata, prevede azioni integrate di regimazione delle acque superficiali e profonde e di controllo dei deflussi lungo i principali impluvi, mediante opere di drenaggio e interventi puntuali di stabilizzazione nei settori più instabili.

L'elemento centrale della strategia è la realizzazione di gallerie drenanti profonde - tre interventi complessivi nelle Frane Nord e Centro (FN.1, FC.1, FC.2), con sviluppi rispettivamente di circa 1500 m, 700 m e 900 m - quale principale strumento strutturale di riduzione del rischio. Queste opere sono finalizzate al drenaggio profondo del versante e alla diminuzione delle pressioni interstiziali nei livelli argillosi, con effetti diretti sulla stabilità complessiva e sui meccanismi di riattivazione dei movimenti franosi, attraverso un sistema di dreni a raggiera in grado di intercettare le circolazioni idriche sia sopra che al di sotto della quota d'imposta della galleria, incluse le falde presenti negli strati più profondi.

A completamento del sistema di drenaggio tramite gallerie drenanti, nella Frana Centrale è prevista la realizzazione di un campo pozzi di emungimento (FC.3), con funzione di regolazione del livello piezometrico nei livelli sabbiosi e di monitoraggio continuo dell'efficacia delle opere principali.

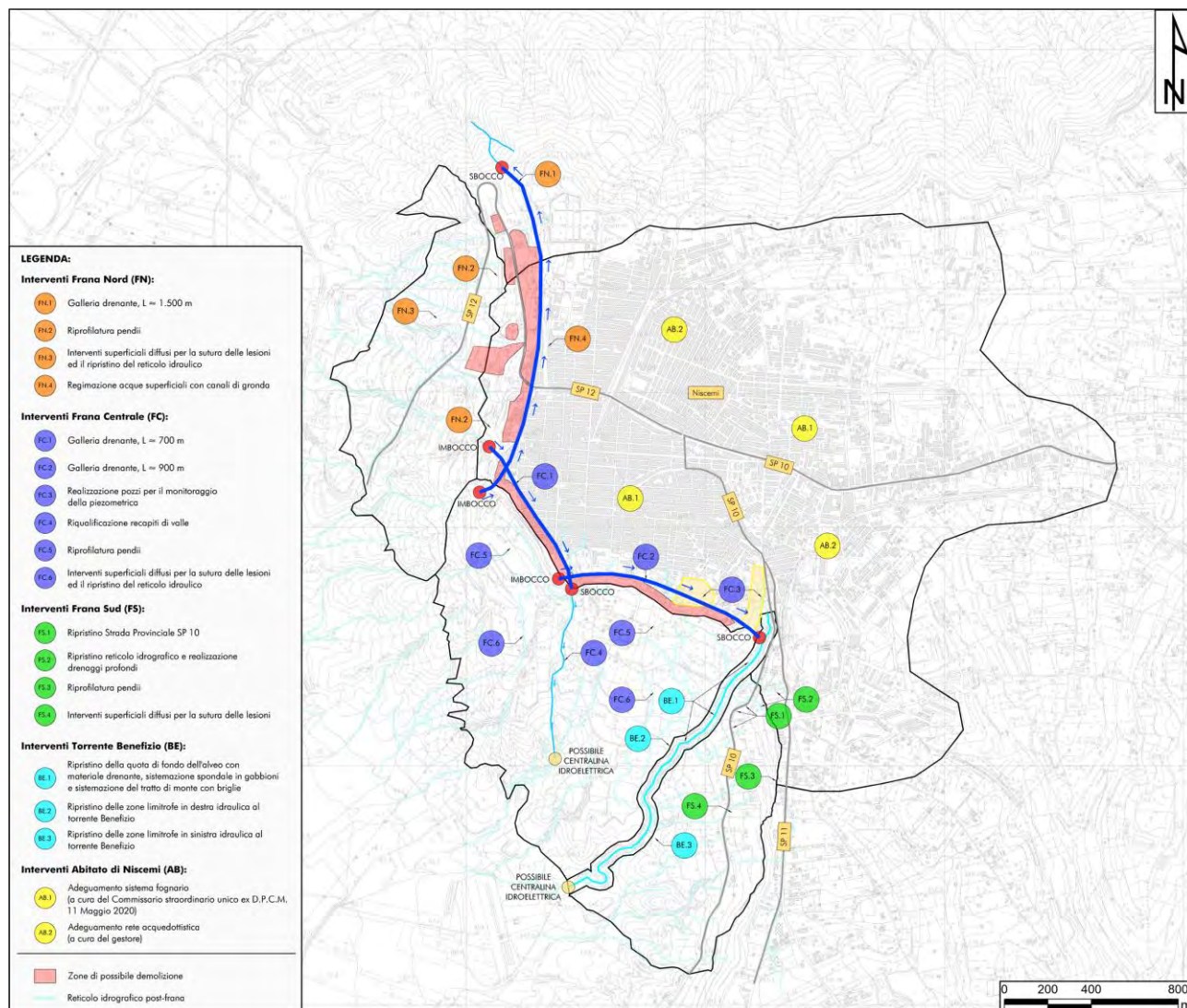


Figura 8 - Planimetria con ubicazione degli interventi previsti dal programma.

Le opere di drenaggio sono integrate da interventi di riprofilatura dei pendii nelle tre aree di frana (FN.2, FC.5, FS.3), realizzati mediante strutture in terra armata con livelli drenanti interni, finalizzati a ridurre le irregolarità morfologiche che favoriscono l'infiltrazione rapida e il ruscellamento concentrato, e a ristabilire geometrie di versante più compatibili con le condizioni geotecniche locali.

Completano il quadro del drenaggio superficiale i sistemi di canali di gronda per le aree urbane non ancora servite dalla rete esistente (FN.4) e gli interventi diffusi di sutura delle lesioni e ripristino del reticolo idraulico minore nei terreni a valle (FN.3, FC.6, FS.4), realizzati anche con tecniche di ingegneria naturalistica, briglie dissipative e rivestimenti in biorete, con funzione di riduzione dell'erosione superficiale e ripristino della continuità morfologica.

La riqualificazione dei recapiti di valle nel settore centrale (FC.4) completa il sistema di drenaggio superficiale, garantendo la compatibilità idraulica tra le portate drenate dalle gallerie e le condizioni geomorfologiche dei versanti riceventi.

Particolare rilievo assume la sistemazione idraulica del torrente Benefizio, affrontata attraverso tre tipologie di intervento coordinate (BE.1, BE.2, BE.3): la realizzazione di briglie in calcestruzzo armato su fondazioni profonde e il ripristino del fondo alveo con materiale drenante nel tratto montano, la protezione spondale in gabbioni in destra e sinistra idraulica, e la posa di una tubazione di grande diametro per il convogliamento controllato delle portate urbane verso valle. Questi interventi sono finalizzati alla riduzione dell'erosione al piede dei versanti argillosi, che costituisce uno dei principali fattori di innesco e riattivazione dei fenomeni franosi.

Il ripristino funzionale della Strada Provinciale SP10 (FS.1) e la sistemazione del reticolo superficiale e dei drenaggi profondi nel settore meridionale (FS.2) completano il programma con interventi infrastrutturali subordinati al progressivo consolidamento delle condizioni di stabilità del versante.

Nel settore del centro abitato (AB), il programma prevede due interventi di primaria importanza per la riduzione dei contributi idrici verso i versanti in frana. Sebbene questi interventi ricadano al di fuori della diretta competenza programmatica dello scrivente Commissario straordinario, come già detto essi sono considerati parte integrante della strategia complessiva di riduzione del rischio e dovranno essere coordinati con le opere strutturali previste negli altri settori, in ragione del loro impatto diretto sulle condizioni idrogeologiche del versante.

L'intervento AB.1 riguarda l'adeguamento e la riorganizzazione del sistema fognario urbano, finalizzato alla corretta raccolta e all'allontanamento delle acque reflue e meteoriche che attualmente contribuiscono, attraverso dispersioni e perdite nella rete, all'alimentazione delle circolazioni idriche sotterranee nei corpi di frana; tale intervento sarà realizzato dal Commissario Straordinario Unico per la depurazione.

L'intervento AB.2 riguarda invece l'adeguamento della rete acquedottistica, con l'obiettivo di ridurre le perdite idriche nella distribuzione, anch'esse identificate come fattore contributivo all'incremento delle pressioni interstiziali nel sottosuolo del versante; la sua realizzazione è di competenza del gestore della rete idrica.

Il programma è corredato da una scala di priorità che individua come interventi di prima urgenza le gallerie drenanti, il campo pozzi, le opere di sistemazione del torrente Benefizio e gli adeguamenti delle reti fognaria e acquedottistica nel centro abitato - in quanto direttamente rivolti al controllo delle cause di innesco - cui seguono, in ordine di priorità decrescente, gli interventi di regimazione superficiale e di riprofilatura dei pendii, e infine le sistemazioni diffuse dei versanti e il ripristino delle infrastrutture viarie.

Il programma è accompagnato da un sistema di monitoraggio strumentale dedicato agli interventi, articolato su piezometri a corda vibrante, colonne multiparametriche, idrometri,

flussimetri e interferometria radar satellitare, con funzione sia di supporto alla progettazione sia di verifica dell'efficacia delle opere realizzate nel tempo. Per tale programma è previsto il coordinamento con le analoghe attività in capo alla Regione Sicilia ai sensi dell'art. 17 dell'OCDPC n. 1180 del 29/01/2026.

Ogni campagna d'indagine geognostica è stata tarata sull'importanza delle opere ipotizzate, precisando comunque che alla ricostruzione dell'andamento stratigrafico, geotecnico, idrogeologico e sismico del sottosuolo per ogni area d'intervento, concorrono tutti i dati conoscitivi acquisiti globalmente. Per questo motivo per alcuni interventi (FN4, BE2 e BE3), non sono state previste specifiche indagini conoscitive in quanto possono essere utilizzati i dati acquisiti con quelle realizzate a supporto degli interventi arealmente limitrofi. Le indagini sono state ubicate sulla base dell'attuale conoscenza dei luoghi; tuttavia, è importante precisare che queste potranno subire un riposizionamento in virtù della reale accessibilità dei luoghi al momento della loro esecuzione. Inoltre, si precisa che tutti i piani di indagine potranno essere modificati adattandoli a eventuali future esigenze e/o modifiche progettuali.

Nei riferimenti fotografici e nei dettagli tipologici vengono individuate le zone principali di intervento in modo da contestualizzare le proposte formulate.

Nei quadri economici di massima viene riportato un sintetico quadro di spesa tenendo conto sia degli importi per i lavori, generalmente calcolati con riferimenti parametrici, sia delle prevedibili somme a disposizione, che prevedono anche una quota di imprevisti (mediamente del 5% sull'importo dei lavori). Si sottolinea che le valutazioni economiche potranno essere modificate, anche sostanzialmente, sulla base dei dati che saranno acquisiti nelle successive fasi di progettazione.

## **5.2 Interventi sulla Frana Nord (FN)**

### **Intervento FN.1 - Galleria drenante, L $\approx$ 1500 m**

**Ubicazione:** Frana Nord

L'intervento denominato FN.1 prevede la realizzazione di una galleria drenante profonda ubicata a ovest dell'abitato, con sviluppo complessivo pari a circa 1500 m. La galleria è impostata con quota di imbocco pari a circa 292 m s.l.m. e quota di sbocco pari a circa 265 m s.l.m., con direzione di deflusso delle acque da sud verso nord. Il profilo longitudinale è caratterizzato da due differenti tratti: un primo tratto, di lunghezza pari a circa 600 m, con pendenza dell'ordine del 2,5%, e un secondo tratto finale, di circa 900 m, con pendenza pari a circa il 1,3%.

L'opera è finalizzata all'intercettazione delle acque circolanti negli strati permeabili mediante la realizzazione di dreni sub-verticali e sub-orizzontali, con successivo convogliamento delle portate captate all'interno della galleria e recapito finale in un'area di valle posta a nord dell'abitato. I dreni sub-verticali saranno inoltre sviluppati anche inferiormente rispetto alla quota della galleria, al fine di consentire la captazione di eventuali circolazioni idriche presenti

anche negli strati più profondi, inclusi quelli argillosi, in presenza di falde o livelli saturi al di sotto dell'asse della galleria. Tale configurazione consente di ridurre le pressioni interstiziali all'interno del corpo di frana, migliorando le condizioni di stabilità del versante.

Il tracciato plano-altimetrico è stato definito sulla base dei rilievi aerofotogrammetrici disponibili, con l'obiettivo di massimizzare l'efficacia del drenaggio nella porzione di monte del fenomeno franoso e, al contempo, ridurre la fascia di interferenza con l'abitato. Le acque drenate saranno convogliate verso l'esterno mediante idonei sistemi di canalizzazione, eventualmente integrati con sistemi di regolazione automatica delle portate o con opere di accumulo e laminazione.

Per il presente intervento sono state inoltre valutate, in via preliminare, le possibili interferenze con le opere già realizzate nell'ambito del progetto denominato "*Stabilizzazione del versante ovest della città di Niscemi - zona del Belvedere*" (febbraio 2010), che prevedeva la riprofilatura del versante mediante un sistema di terre armate, pali di grosso diametro e micropali. Dalle prime analisi condotte, il posizionamento della galleria drenante non sembrerebbe interferire con tali opere; tuttavia, in sede di progettazione di maggiore dettaglio, tali aspetti dovranno essere oggetto di specifiche verifiche e approfondimenti.

Per ricostruire le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni attraversati dalla galleria, e su cui la stessa si imposterà, è stata prevista la seguente campagna di indagini:

- n.10 sondaggi a carotaggio continuo a 60 m (al di sotto della quota di imposta della galleria, con prelievo di campioni di terreno per analisi geotecniche di laboratorio, prove SPT - *Standard Penetration Test* a fondo foro, prove di permeabilità tipo Lefranc e posizionamento piezometri di Casagrande per la misura della pressione neutra dell'acqua in particolari intervalli di profondità);
- n.5 sondaggi a distruzione a 60 m (per il posizionamento di ulteriori piezometri di Casagrande);
- n.3 indagini sismiche in foro Down-Hole;
- n.7 tomografie sismiche a rifrazione in onde P e SH.

L'ubicazione presunta delle indagini è illustrata in Fig. 9.



Figura 9 - Ubicazione indagini geognostiche a supporto dell'intervento FN.1.

Al fine di fornire un inquadramento spaziale e costruttivo dell'opera, nelle figure che seguono vengono riportati i riferimenti fotografici relativi alle aree di imbocco (Fig. Figura 10) e di sbocco

(Fig. 11) della galleria drenante. La documentazione è integrata dalla sezione tipologica del versante (Fig. 12) e dai relativi profili altimetrici d'asse (Fig. 13 e Fig. 14).



**Figura 10 - Zona di imbocco della galleria drenante.**



**Figura 11 - Zona di sbocco della galleria drenante**

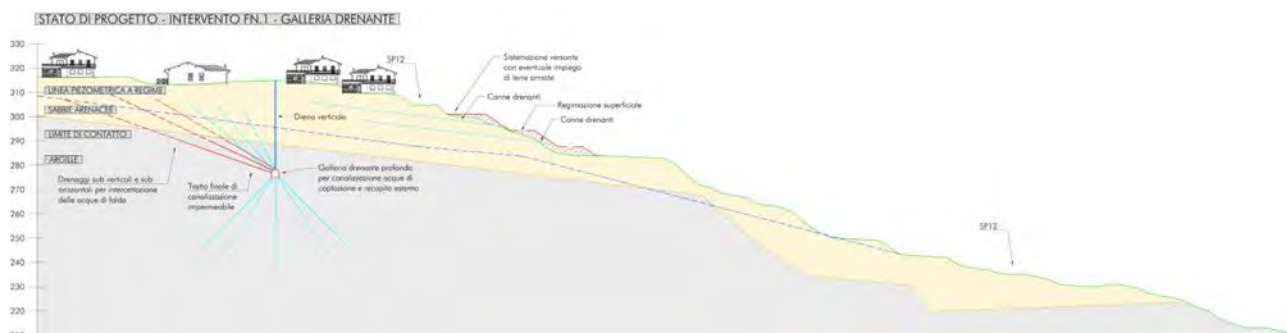


Figura 12 - Sezione tipologica del versante in frana con galleria drenante profonda nelle argille.

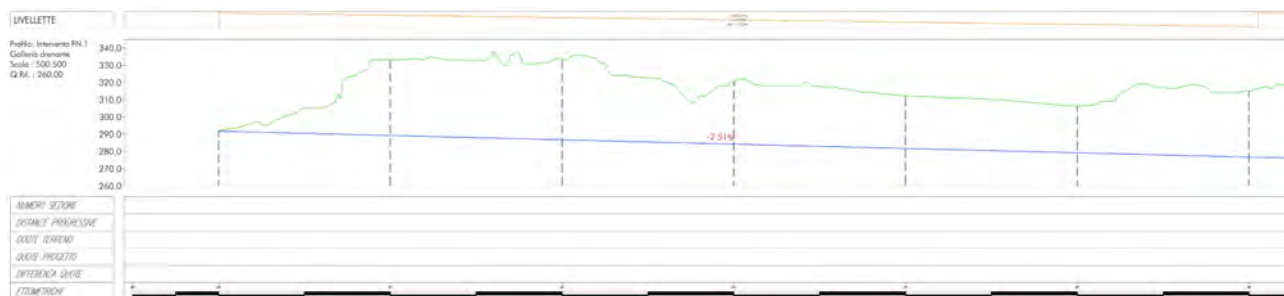


Figura 13 - Parte 1 del profilo altimetrico d'asse dell'orizzontamento inferiore della galleria drenante.

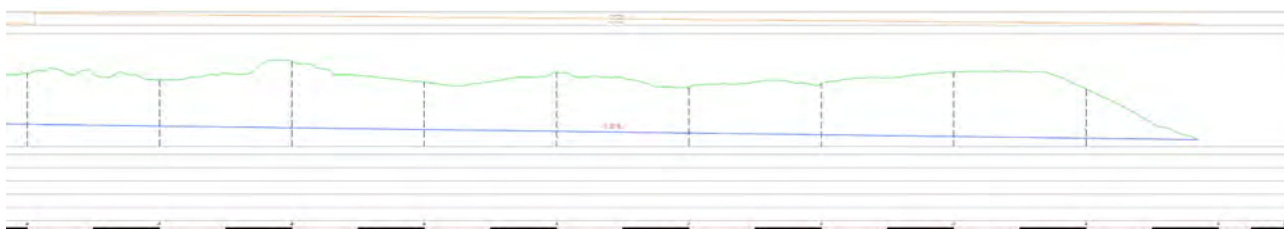


Figura 14 - Parte 2 del profilo altimetrico d'asse dell'orizzontamento inferiore della galleria drenante.

In Tabella 1 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

<b>A) Lavori</b>		
A.1	Importo delle opere	€ 9.900.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 200.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 10.100.000,00</b>
<b>B) Somme a disposizione dell'Amministrazione</b>		
B.1	IVA sui Lavori	€ 2.222.000,00
B.2	Imprevisti e arrotondamenti	€ 517.500,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	€ 335.500,00
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 925.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 4.000.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 14.100.000,00</b>

Tabella 1 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento FN.1.

## **Intervento FN.2 - Riprofilatura pendii**

**Ubicazione:** Frana Nord

La riprofilatura del versante nel settore settentrionale si rende necessaria al fine di mitigare le condizioni di instabilità determinate dalla rapida infiltrazione delle acque meteoriche nei terreni superficiali e nei livelli più permeabili in profondità. L'attuale configurazione morfologica, caratterizzata da irregolarità, scarpate acclivi e superfici disomogenee, favorisce infatti il ruscellamento concentrato e l'assorbimento localizzato delle acque, con conseguente incremento delle pressioni interstiziali e riduzione della resistenza al taglio dei terreni.

In tale ambito la frana è caratterizzata dalla presenza di un'evidente fessurazione nel settore settentrionale, che ha determinato significative discontinuità morfologiche e ha interdetto la SP12, evidenziando condizioni di instabilità particolarmente marcate.

L'intervento FN.2 prevede la regolarizzazione del pendio mediante operazioni di riprofilatura su un'estensione stimata di circa 1 km, con altezze massime dell'ordine di 35 m. La rimodellazione del versante sarà finalizzata alla definizione di geometrie più compatibili con le condizioni geotecniche locali, attraverso la riduzione delle pendenze e la continuità delle superfici. Tenendo conto di lavori già eseguiti e zone che sono al momento attuale relativamente integre, si stima che l'intervento possa interessare almeno il 50% dello sviluppo della scarpata principale di frana.

Le opere potranno prevedere l'impiego di soluzioni strutturali flessibili, quali soprattutto terre armate, in grado di garantire la stabilità dei nuovi profili e al contempo adattarsi a eventuali assestamenti differenziali, già in passato realizzate su queste scarpate dando buoni risultati in termini di stabilità. All'interno delle strutture in terra armata, o comunque nelle operazioni di riprofilatura, sarà prevista l'installazione di opportuni livelli drenanti, costituiti da canne drenanti/trincee drenanti, finalizzati all'intercettazione e allo smaltimento delle acque infiltrate, con conseguente riduzione delle pressioni interstiziali nei terreni.

In corrispondenza della sommità di ciascun terrazzamento sarà inoltre prevista la realizzazione di canalette per la regimazione delle acque superficiali, al fine di intercettare e convogliare i deflussi meteorici in modo controllato, evitando fenomeni di ruscellamento concentrato ed infiltrazione localizzata.

La riprofilatura, integrata con questi sistemi di drenaggio profondo e superficiale e soprattutto con la realizzazione della galleria drenante sopra descritta, consentirà di limitare l'infiltrazione profonda, favorire uno smaltimento più graduale delle acque meteoriche e ristabilire una configurazione morfologica complessivamente più stabile, contribuendo al miglioramento delle condizioni di equilibrio del versante nel medio e lungo periodo.

Per ricostruire le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni interessati dall'intervento, è stata prevista la seguente campagna di indagini:

- n.5 sondaggi a carotaggio continuo a 40 m (con prelievo di campioni di terreno per analisi geotecniche di laboratorio e prove SPT a fondo foro);
- n.3 piezometri a tubo aperto in PVC (per rilevare l'oscillazione della piezometrica nel tempo);
- n.2 inclinometri (per rilevare spostamenti laterali e deformazioni del terreno nel tempo);
- n.2 tomografie sismiche a rifrazione in onde P e SH.

Considerando che l'intervento prevede la movimentazione ed il riutilizzo di terreno, sono stati previsti anche il campionamento e l'analisi chimica ai sensi del DPR 120/2017 e s.s.i.i..

L'ubicazione presunta delle indagini è rappresentata in Fig. 15.

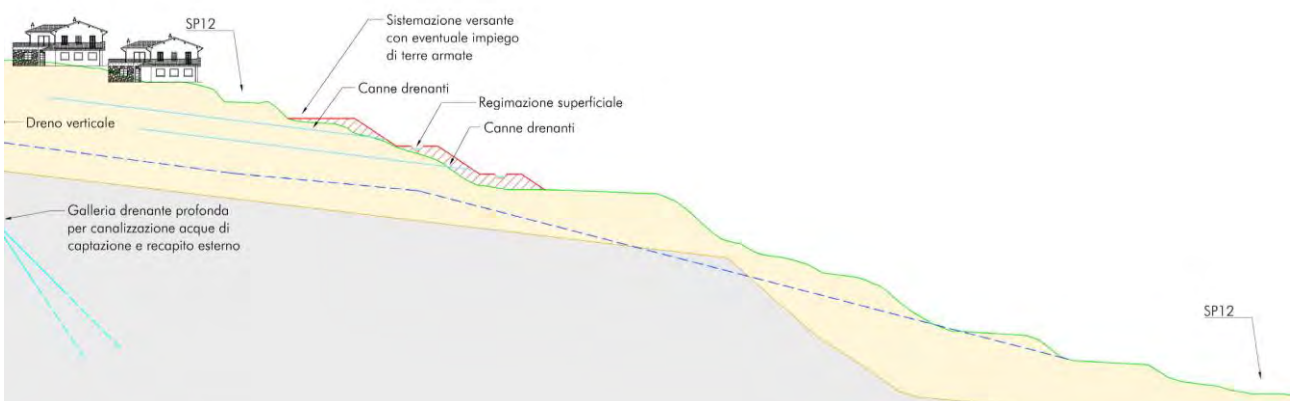


Figura 15 - Ubicazione indagini geognostiche a supporto dell'intervento FN.2.

Al fine di contestualizzare la morfologia del versante e le soluzioni progettuali ipotizzate, nelle figure che seguono vengono riportati i riferimenti fotografici dei pendii in frana oggetto di riprofilatura (Fig. 16) e lo schema tipologico dell'intervento mediante la realizzazione di terre armate (Fig. 17).



**Figura 16 - Riprofilatura dei pendii nella zona compresa tra il tratto di monte e quello di valle della SP12.**



**Figura 17 - Riprofilatura versante di valle con terre armate.**

In Tabella 2 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

<b>A) Lavori</b>		<b>GLOBALE</b>
A.1	Importo delle opere	€ 2.800.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 60.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 2.860.000,00</b>
<b>B) Somme a disposizione dell'Amministrazione</b>		
B.1	IVA sui Lavori	€ 629.200,00
B.2	Imprevisti	€ 142.100,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	€ 103.700,00
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 265.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 1.140.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 4.000.000,00</b>

Tabella 2 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento FN.2.

## **Intervento FN.3 - Interventi diffusi per la sutura delle lesioni e il ripristino del reticolo idraulico**

**Ubicazione:** Frana Nord

I versanti immediatamente a valle dell'abitato, nel settore settentrionale, risultano interessati da fenomeni di erosione accelerata lungo gli impluvi principali, con progressivo approfondimento dei solchi e arretramento delle scarpate. Tali processi determinano l'indebolimento del piede del versante e contribuiscono all'evoluzione dei movimenti franosi, attraverso l'azione erosiva concentrata che altera l'equilibrio morfologico dei pendii.

In tale contesto, l'intervento FN.3 è finalizzato alla riduzione dei processi erosivi e al ripristino della funzionalità del reticolo idraulico minore mediante opere diffuse di sistemazione idraulica, in coerenza con le tecniche di ingegneria naturalistica previste per il controllo delle acque superficiali.

L'area è caratterizzata dalla presenza di ampie fratture del terreno, sia a monte che a valle della SP12, con sviluppo prevalente nord-sud, che determinano significative discontinuità morfologiche e differenze di quota. Tali fratture hanno inoltre contribuito all'interruzione della SP12, con cedimenti localizzati dell'asse stradale in corrispondenza del settore sud-occidentale.

L'intervento prevede la realizzazione di un insieme coordinato di opere diffuse, tra cui:

- la riprofilatura degli impluvi principali, finalizzata alla regolarizzazione delle pendenze longitudinali e al miglioramento della capacità di deflusso delle acque;
- la stabilizzazione del fondo e delle sponde delle incisioni anche mediante tecniche di ingegneria naturalistica, quali rivestimenti in bioreti e interventi di rinverdimento controllato;

- la realizzazione di briglie dissipative nei tratti caratterizzati da maggiore energia del flusso, con funzione di riduzione della velocità delle acque e contenimento dei fenomeni erosivi;
- il ripristino e la risagomatura dei fossi di scolo secondari, al fine di garantire una corretta regimazione delle acque meteoriche e limitare i fenomeni di ruscellamento diffuso;
- la sutura delle lesioni superficiali presenti nel terreno, mediante riempimento e costipamento con materiali idonei e successiva regolarizzazione del piano campagna, con funzione di riduzione delle infiltrazioni e ripristino della continuità morfologica;
- interventi locali di sistemazione delle aree maggiormente dissestate in prossimità della SP12, in coordinamento con le scelte infrastrutturali relative alla viabilità alternativa.

In fase preliminare era stata valutata la realizzazione di un attraversamento della SP12 mediante ponte su pozzi drenanti profondi; tuttavia, l'attuale incertezza del quadro evolutivo del dissesto non consente la definizione di soluzioni puntuali affidabili, rendendo necessario l'individuazione di un tracciato alternativo di collegamento.

Per ricostruire le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni interessati dall'intervento, è stata prevista la seguente campagna di indagini:

- n.3 sondaggi a carotaggio continuo a 40 m (con prelievo di campioni di terreno per analisi geotecniche di laboratorio e prove SPT a fondo foro);
- n.3 piezometri a tubo aperto in PVC (per rilevare l'oscillazione della piezometrica nel tempo);
- n.10 prove penetrometriche statico-dinamico a 15m (o fino a rifiuto strumentale);
- n.3 tomografie sismiche a rifrazione in onde P e SH.

Considerando che l'intervento prevede la movimentazione ed il possibile riutilizzo di un notevole volume di terreno, sono stati previsti anche il campionamento e l'analisi chimica ai sensi del DPR 120/2017 e s.s.i.i..

L'ubicazione presunta delle indagini è illustrata in Fig. 18.



Figura 18 - Ubicazione indagini geognostiche a supporto dell'intervento FN.3.

Nelle figure che seguono sono riportati i riferimenti fotografici delle aree critiche da ripristinare (Fig. 19) e gli schemi tipologici degli interventi diffusi, quali le briglie dissipative in gabbioni (Fig. 20), i rivestimenti superficiali in biorete o materassi drenanti (Fig. 21) e le tecniche di rinverdimento per il consolidamento delle piane di versante (Fig. 22).



Figura 19 - Recapiti di valle da riqualificare ed evidenza sulle lesioni da ripristinare.

### Briglia in gabbioni Vista frontale

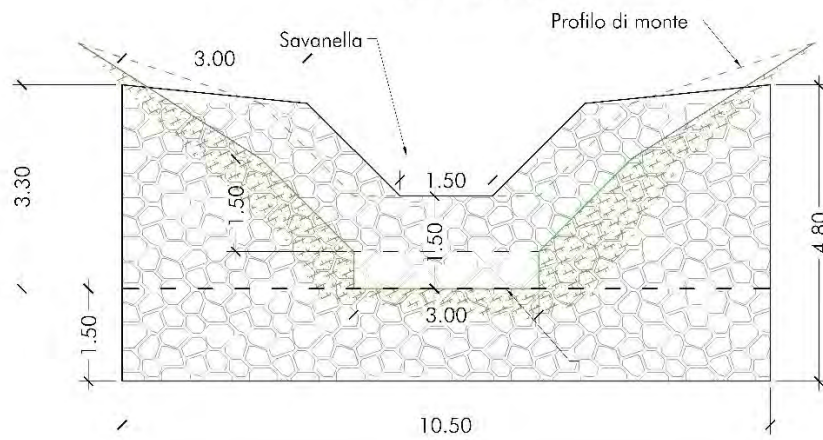


Figura 20 - Sezione tipologica della briglia in gabbioni.

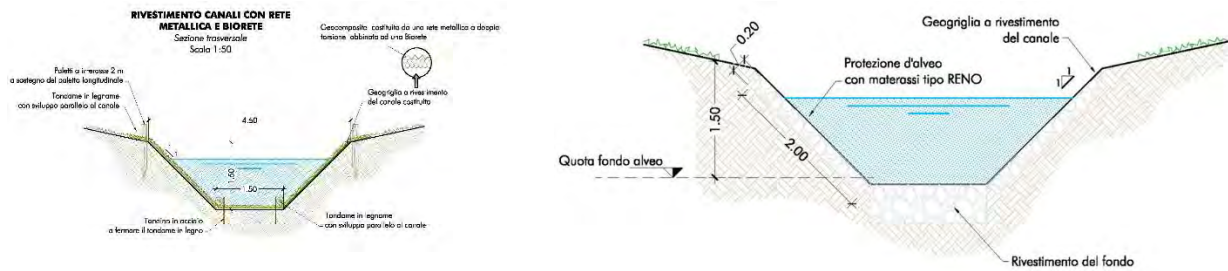


Figura 21 - Sezione tipologica di rivestimento in biorete a sinistra e con materassi drenanti a destra.

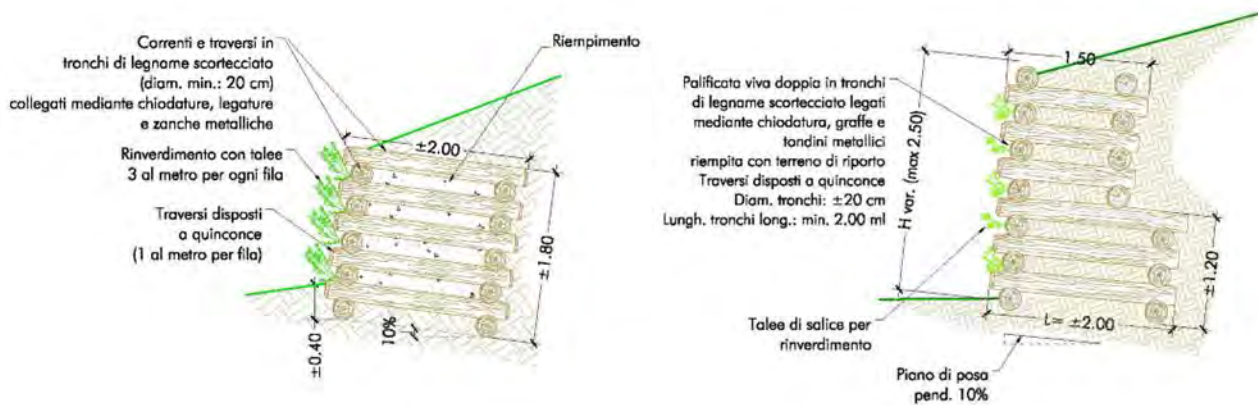


Figura 22 - Opere di ingegneria naturalistica per ripristino delle piane di un versante.

In Tabella 3 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

A) Lavori		GLOBALE
A.1	Importo delle opere	€ 2.500.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 50.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 2.550.000,00</b>
B) Somme a disposizione dell'Amministrazione		
B.1	IVA sui Lavori	€ 561.000,00
B.2	Imprevisti	€ 130.800,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	€ 73.200,00
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 235.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 1.000.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 3.550.000,00</b>

Tabella 3 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento FN.3.

## Intervento FN.4 - Regimazione acque superficiali con canali di gronda

**Ubicazione:** Frana Nord

Nel settore settentrionale, una porzione significativa dell'abitato risulta priva di un adeguato sistema di regimazione delle acque superficiali, con conseguente dispersione incontrollata dei deflussi sul versante.

In tali condizioni, le acque bianche non correttamente canalizzate tendono a infiltrarsi nei terreni superficiali o a concentrarsi lungo percorsi preferenziali, contribuendo all'aumento delle pressioni interstiziali e alla riduzione della stabilità dei terreni, in particolare nelle aree già interessate da fenomeni franosi.

L'intervento FN.4 è pertanto finalizzato alla regimazione delle acque superficiali nelle aree attualmente non servite dalla rete esistente, attraverso la realizzazione di canali di gronda in grado di intercettare e convogliare i deflussi in modo controllato.

In particolare, si prevede la realizzazione di un sistema di raccolta superficiale, costituito da canali di gronda e piccoli bacini di intercettazione in ambito urbano, sviluppato lungo il tracciato della galleria drenante prevista nell'intervento FN.1, ma posto a quota superficiale. Tale sistema consentirà di raccogliere le acque meteoriche e convogliarle con direzione prevalente da sud verso nord.

Il deflusso sarà quindi indirizzato verso il canale realizzato in gabbioni nell'ambito dell'intervento denominato "*Stabilizzazione del versante ovest della città di Niscemi - zona Belvedere*" (febbraio 2010), garantendo così un recapito finale già strutturato e idraulicamente compatibile.

L'intervento consente di:

- intercettare le acque meteoriche nelle aree attualmente non servite;
- ridurre i fenomeni di infiltrazione incontrollata nei terreni;
- limitare la formazione di ruscellamenti concentrati lungo il versante;
- migliorare il collegamento tra il sistema di drenaggio superficiale e le opere esistenti.

La realizzazione dei canali di gronda rappresenta quindi un elemento fondamentale di integrazione tra il sistema di drenaggio profondo (intervento FN.1) e il reticolo idraulico superficiale, contribuendo alla riduzione delle condizioni di instabilità e al miglioramento della sicurezza idrogeologica del versante.

Per il presente intervento non sono state previste specifiche indagini in quanto il modello stratigrafico, geotecnico, idrogeologico e sismico del terreno, potrà essere ricostruito utilizzando i dati geognostici acquisiti con le campagne realizzate per gli interventi limitrofi.

Al fine di definire il posizionamento e le caratteristiche tecniche del sistema di regimazione, nelle figure che seguono vengono riportati il riferimento fotografico del versante interessato (Fig. 23) e le diverse soluzioni costruttive previste, quali le sezioni tipologiche di sistemazione dei canali di gronda (Fig. 24 e Fig. 25).



Figura 23 - Vista completa del versante della Frana Nord con evidenza del posizionamento sommitale del canale di gronda per il recapito delle acque di scolo superficiale nei recettori posti a nord.

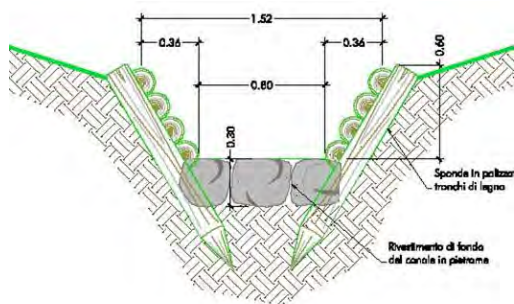


Figura 24 - Sezione tipologica di sistemazione di un canale di gronda superficiale con opere di ingegneria naturalistica (a sinistra) e con reti metalliche e biorete (a destra).

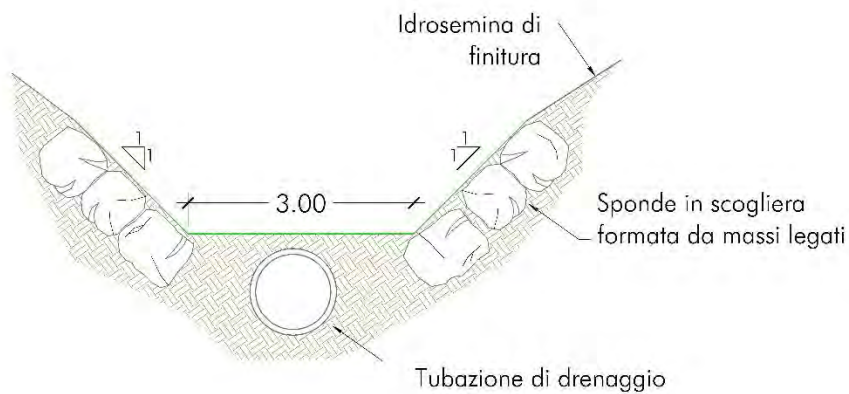


Figura 25 - Sezione tipologica di sistemazione di un canale con scogliera e tubazione di drenaggio.

In Tabella 4 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

<b>A) Lavori</b>		<b>GLOBALE</b>
A.1	Importo delle opere	€ 450.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 10.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 460.000,00</b>
<b>B) Somme a disposizione dell'Amministrazione</b>		
B.1	IVA sui Lavori	€ 101.200,00
B.2	Imprevisti	€ 43.800,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	-
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 45.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 190.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 650.000,00</b>

Tabella 4 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento FN.4.

## 5.3 Interventi sulla Frana Centrale (FC)

### Intervento FC.1 - Galleria drenante, L ≈ 700 m

**Ubicazione:** Frana Centrale

L'intervento FC.1 consiste nella realizzazione di una galleria drenante profonda localizzata a sud-ovest dell'abitato, con lunghezza complessiva pari a circa 700 m. La galleria presenta una quota di imbocco di circa 282 m s.l.m. e una quota di sbocco di circa 275 m s.l.m., con pendenza longitudinale media pari a circa l'1% e direzione di deflusso delle acque da nord verso sud.

L'intervento è finalizzato alla captazione delle acque presenti nei livelli più permeabili del sottosuolo, mediante un sistema di drenaggio costituito da elementi sub-verticali e sub-orizzontali collegati alla galleria principale. Le acque intercettate saranno convogliate all'interno della galleria e successivamente smaltite verso un recapito di valle situato a sud dell'abitato. Anche in questo caso, i dreni sub-verticali saranno sviluppati sia al di sopra sia al di sotto della galleria, al fine di intercettare eventuali circolazioni idriche presenti anche negli strati più profondi, inclusi quelli argillosi, in presenza di falde o livelli saturi al di sotto dell'asse della galleria. Ciò consente di incrementare l'efficacia complessiva del sistema drenante e contribuire alla riduzione delle pressioni interstiziali.

La definizione del tracciato è stata effettuata tenendo conto delle caratteristiche morfologiche e geologiche del sito, nonché della necessità di limitare le interferenze con le aree urbanizzate. Il sistema potrà essere dotato di dispositivi per la regolazione automatica delle portate e potrà essere integrato, in fase esecutiva, con ulteriori opere di drenaggio o sistemi di gestione delle acque.

Analogamente a quanto descritto per l'intervento FN.1, sono state valutate in via preliminare le possibili interferenze con il progetto già realizzato "*Stabilizzazione del versante ovest della città di Niscemi - zona del Belvedere*" (febbraio 2010), che prevedeva interventi di riprofilatura del versante mediante terre armate, pali di grosso diametro e micropali. Le prime valutazioni indicano che il tracciato della galleria non risulterebbe interferente con tali opere; resta comunque necessario prevedere, nelle successive fasi progettuali, specifiche verifiche di dettaglio al fine di confermare tale compatibilità.

Per ricostruire le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni attraversati dalla galleria, e su cui la stessa si imposterà, è stata prevista la seguente campagna di indagini:

- n.6 sondaggi a carotaggio continuo a 60 m (al di sotto della quota di imposta della galleria, con prelievo di campioni di terreno per analisi geotecniche di laboratorio, prove SPT a fondo foro, prove di permeabilità tipo Lefranc e posizionamento piezometri di Casagrande per la misura della pressione neutra dell'acqua in particolari intervalli di profondità);
- n.3 sondaggi a distruzione a 60 m (per il posizionamento di ulteriori piezometri di Casagrande);
- n.2 Indagini sismiche in foro Down-Hole;
- n.5 Tomografie sismiche a rifrazione in onde P e SH.

L'ubicazione presunta delle indagini è rappresentata in Fig. 26.



**Figura 26 - Ubicazione indagini geognostiche a supporto dell'intervento FC.1.**

Al fine di fornire un inquadramento spaziale e costruttivo dell'opera, nelle figure che seguono vengono riportati i riferimenti fotografici relativi alle aree di imbocco (Fig. 27) e di sbocco (Fig. 28) della galleria drenante. Sono inoltre riportati la sezione tipologica del versante in frana con galleria drenante (Fig. 29) e il relativo profilo altimetrico d'asse (Fig. 30).



**Figura 27 - Zona di imbocco della galleria drenante.**



**Figura 28 - Zona di sbocco della galleria drenante.**



Figura 29 - Sezione tipologica del versante in frana con galleria drenante profonda nelle argille.

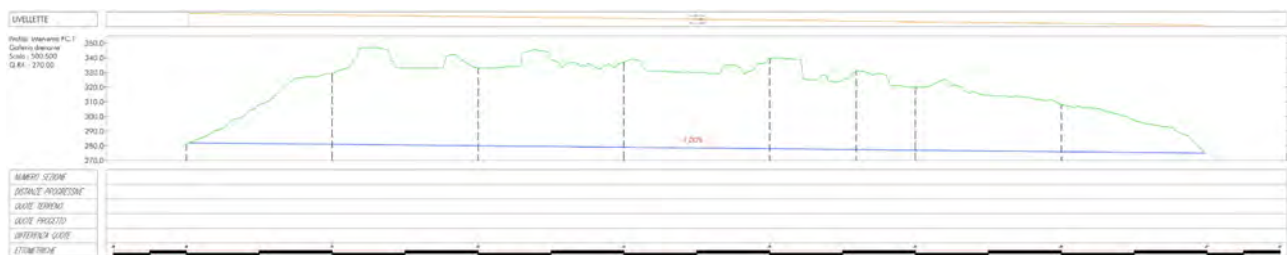


Figura 30 - Profilo altimetrico d'asse dell'orizzontamento inferiore della galleria drenante.

In Tabella 5 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

A) Lavori		GLOBALE
A.1	Importo delle opere	€ 5.600.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 150.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 5.750.000,00</b>
B) Somme a disposizione dell'Amministrazione		
B.1	IVA sui Lavori	€ 1.265.000,00
B.2	Imprevisti	€ 296.500,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	€ 213.500,00
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 525.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 2.300.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 8.050.000,00</b>

Tabella 5 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento FC.1.

## Intervento FC.2 - Galleria drenante, L ≈ 900 m

**Ubicazione:** Frana Centrale

L'intervento FC.2 prevede la realizzazione di una galleria drenante profonda ubicata a sud dell'abitato, con sviluppo complessivo pari a circa 900 m. La galleria è caratterizzata da una

quota di imbocco pari a circa 285 m s.l.m. e da una quota di sbocco pari a circa 262 m s.l.m., con direzione di deflusso da ovest verso est. Il profilo longitudinale è articolato in due tratti: un primo tratto di circa 600 m con pendenza dell'ordine del 3,5%, seguito da un tratto finale di circa 300 m con pendenza più ridotta, pari a circa l'1%.

L'opera è progettata per intercettare e drenare le acque presenti negli strati permeabili del corpo di frana, mediante l'installazione di dreni sub-verticali e sub-orizzontali che convogliano le portate verso la galleria principale. I dreni sub-verticali saranno inoltre sviluppati anche al di sotto della quota della galleria, al fine di consentire la captazione di eventuali circolazioni idriche presenti anche negli strati più profondi, inclusi quelli argillosi, in presenza di falde o livelli saturi al di sotto dell'asse della galleria.

Le acque raccolte saranno successivamente recapitate nel torrente Benefizio, garantendo un efficace smaltimento verso valle e un collegamento diretto con il reticolo idrografico principale.

Il posizionamento plano-altimetrico della galleria è stato definito in funzione della morfologia del versante e della presenza del recapito idraulico naturale, con l'obiettivo di ottimizzare l'efficacia del sistema drenante. L'intervento contribuisce alla riduzione delle pressioni interstiziali e al miglioramento delle condizioni di stabilità del versante, mantenendo al contempo i vantaggi tipici delle gallerie drenanti in termini di funzionamento sostanzialmente automatico e ridotti costi di manutenzione.

Per ricostruire le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni attraversati dalla galleria, e su cui la stessa si imposterà, è stata prevista la seguente campagna di indagini:

- n.8 sondaggi a carotaggio continuo a 60 m (al di sotto della quota di imposta della galleria, con prelievo di campioni di terreno per analisi geotecniche di laboratorio, prove SPT a fondo foro, prove di permeabilità tipo Lefranc e posizionamento piezometri di Casagrande per la misura della pressione neutra dell'acqua in particolari intervalli di profondità);
- n.4 sondaggi a distruzione a 60 m (per il posizionamento di ulteriori piezometri di Casagrande);
- n.3 indagini sismiche in foro Down-Hole;
- n.5 tomografie sismiche a rifrazione in onde P e SH.

L'ubicazione presunta delle indagini è illustrata in Fig. 31.



Figura 31 - Ubicazione indagini geognostiche a supporto dell'intervento FC.2.

Al fine di fornire un inquadramento dell'opera, di seguito vengono riportati i riferimenti fotografici relativi alle aree di imbocco (Fig. 32) e di sbocco (Fig. 33) della galleria drenante presso il torrente Benefizio. La documentazione è integrata dalle sezioni tipologiche del versante (Fig. 34) e (Fig. 35).



**Figura 32 - Zona di imbocco della galleria drenante.**



**Figura 33 - Zona di sbocco della galleria drenante nel torrente Benefizio.**

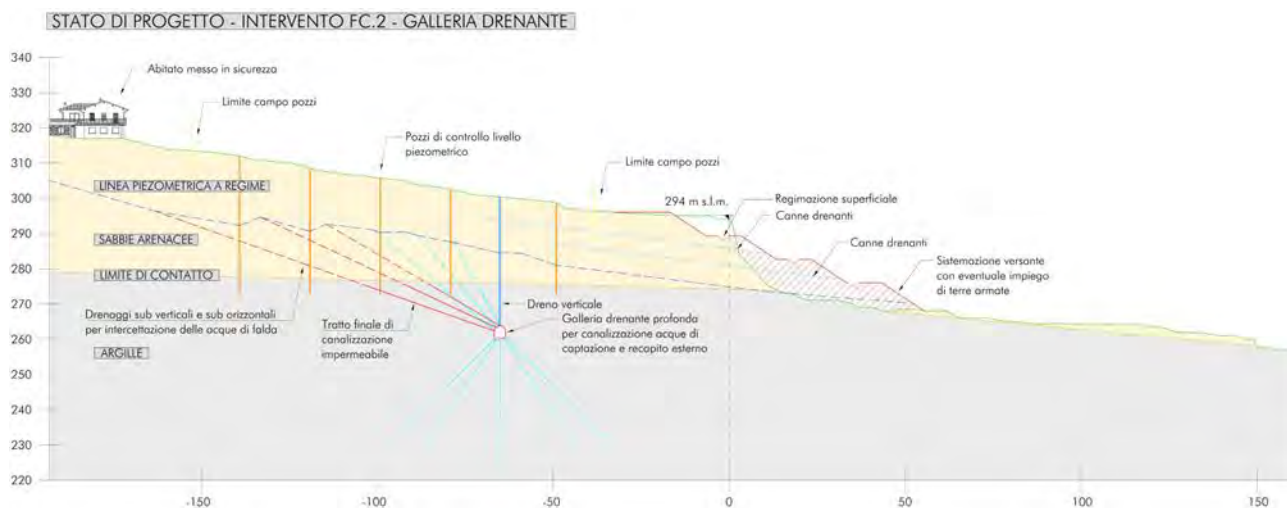


Figura 34 - Sezione tipologica del versante in frana con galleria drenante profonda nelle argille.

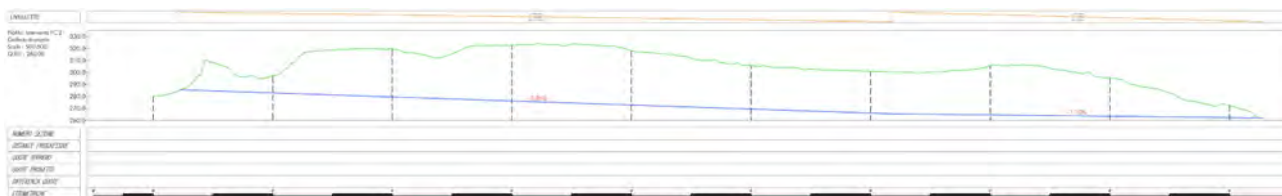


Figura 35 - Sezione tipologica del versante in frana con galleria drenante profonda nelle argille.

In Tabella 6 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

A) Lavori		GLOBALE
A.1	Importo delle opere	€ 6.200.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 150.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 6.350.000,00</b>
B) Somme a disposizione dell'Amministrazione		
B.1	IVA sui Lavori	€ 1.397.000,00
B.2	Imprevisti e arrotondamenti	€ 342.400,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	€ 280.600,00
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 580.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 2.600.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 8.950.000,00</b>

Tabella 6 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento FC.2.

## Intervento FC.3 - Realizzazione pozzi per il monitoraggio della piezometrica

**Ubicazione:** Frana Centrale

L'installazione di pozzi di emungimento rappresenta uno degli interventi iniziali più efficaci per il controllo delle condizioni idrogeologiche del versante. Tali opere hanno la funzione principale di regolare il livello piezometrico all'interno degli strati permeabili nel sottosuolo, evitando

fenomeni di saturazione eccessiva delle formazioni sabbioso-arenacee che costituiscono il substrato di parte del versante interessato dal dissesto.

Le stesse opere risultano anche utili al monitoraggio costante e progressivo dei livelli piezometrici iniziali e di quelli in corso d'opera, anche al fine di valutare l'efficacia delle opere realizzate.

L'intervento FC.3 prevede pertanto, in una zona caratterizzata da assenza di abitazioni e limitata acclività, la realizzazione di una serie di pozzi di emungimento disposti a monte della scarpata interessata, nei pressi delle aree comprese tra la Frana Centrale e quella Sud.

I pozzi saranno realizzati con interasse variabile in funzione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni attraversati e delle portate attese di falda. Ciascun pozzo sarà equipaggiato con pompe sommerse dimensionate in funzione delle condizioni idrauliche locali e collegate a sistemi di attivazione automatica e controllo delle portate.

Le acque emunte verranno convogliate mediante un sistema di canalizzazioni verso appositi bacini di raccolta. Tali bacini potranno svolgere anche una funzione di laminazione delle portate o di accumulo idrico, rendendo possibile il riutilizzo delle acque per finalità agricole o irrigue qualora le condizioni qualitative lo consentano.

La possibilità di riutilizzo delle acque emunte potrebbe essere valutata previo trattamento delle acque in un impianto di depurazione prossimo alla zona d'intervento.

Dal punto di vista tecnico l'intervento mediante realizzazione di pozzi di emungimento presenta il vantaggio di una relativa semplicità realizzativa e di un'elevata modularità, che consente l'estensione del sistema in fasi successive anche ad altre porzioni del versante rispetto a quelle preliminarmente individuate in questa fase.

I primi due pozzi saranno realizzati nell'ambito del piano d'indagine. Si prevede, poi, in base ai rilevamenti e al loro funzionamento, la realizzazione di almeno altri 6 pozzi tali da avere un controllo effettivo sull'efficacia degli interventi principali (gallerie drenanti).

Per ricostruire le caratteristiche stratigrafiche e idrogeologiche dei terreni interessati dall'intervento è stato previsto di realizzare n.2 pozzi prova di profondità 80 m su cui eseguire le prove di emungimento che potranno successivamente essere incorporate nelle altre opere previste per il monitoraggio della falda.

In Fig. 36 è riportata la vista planimetrica dell'ubicazione delle indagini e in Fig. 37 la rappresentazione fotografica dell'area di realizzazione del campo pozzi. In Fig. 38 è inoltre mostrata la sezione tipologica del versante.



**Figura 36 - Ubicazione indagini geognostiche a supporto dell'intervento FC.3.**



**Figura 37 - Zona di realizzazione del campo pozzi.**

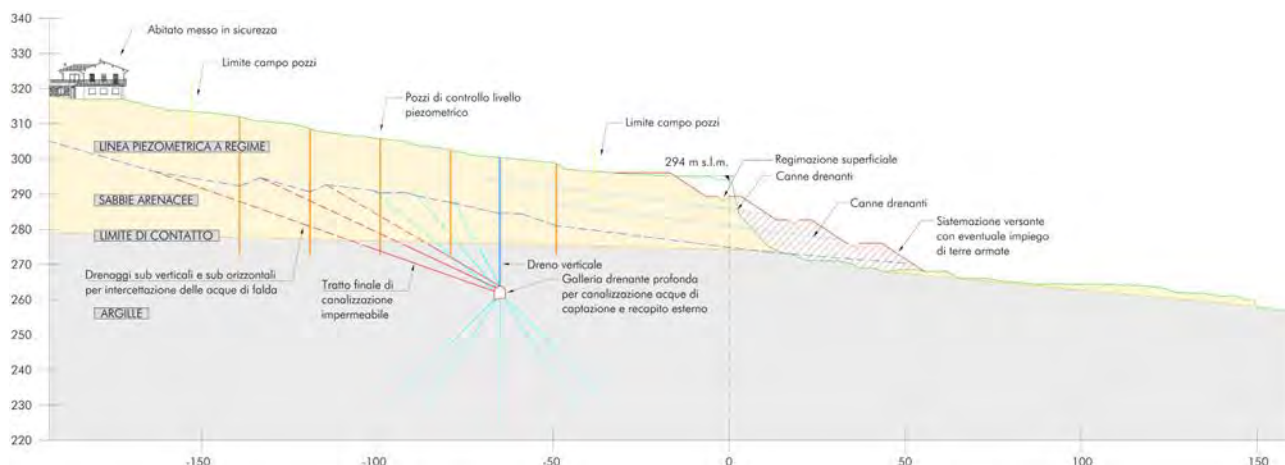


Figura 38 - Sezione tipologica del versante in frana con evidenza della zona destinata a "campo pozzi".

In Tabella 7 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

A) Lavori		Globale
A.1	Importo delle opere	€ 660.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 50.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 710.000,00</b>
B) Somme a disposizione dell'Amministrazione		
B.1	IVA sui Lavori	€ 156.200,00
B.2	Imprevisti	€ 51.600,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	€ 317.200,00
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 65.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 590.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 1.300.000,00</b>

Tabella 7 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento FC.3.

## Intervento FC.4 - Riqualificazione recapiti di valle

**Ubicazione:** Frana Centrale

Nel settore centrale del versante, il recapito finale delle acque drenate dalla galleria dell'intervento FC.1 avviene con direzione nord-sud in corrispondenza di un calanco, posto in posizione centrale rispetto al corpo di frana. Tale condizione rappresenta un elemento di criticità, in quanto concentra i deflussi in un ambito già caratterizzato da elevata instabilità morfologica ed erosione attiva.

Gli alvei dei corsi d'acqua presenti risultano infatti fortemente incisi, con approfondimenti fino ad alcune decine di metri. Questa configurazione, in continua evoluzione, comporta la progressiva rimozione del materiale di sostegno al piede dei versanti argillosi, favorendo l'innesco e la riattivazione dei fenomeni franosi.

I versanti immediatamente a valle dell'abitato sono inoltre soggetti a fenomeni di erosione accelerata, che determinano, nel tempo, l'approfondimento dei solchi e l'arretramento delle scarpate. L'azione erosiva concentrata lungo gli impluvi altera l'equilibrio morfologico del pendio, rimuovendo progressivamente il supporto alla base e accentuando l'instabilità dei terreni sovrastanti. In assenza di interventi di controllo, tali dinamiche possono evolvere in un ampliamento delle aree instabili.

L'intervento FC.4 è pertanto finalizzato alla riqualificazione del recapito di valle e alla stabilizzazione del sistema di deflusso superficiale, in modo da rendere compatibile l'immissione delle portate drenate con le condizioni geomorfologiche del sito.

A tal fine si prevede la realizzazione di opere volte a:

- regolarizzare le pendenze longitudinali degli impluvi interessati dal recapito;
- stabilizzare il fondo e le sponde delle incisioni, con particolare attenzione al tratto di immissione delle acque provenienti dalla galleria drenante;
- ridurre l'energia delle acque defluenti mediante opere dissipative (briglie e salti di fondo);
- limitare i fenomeni di erosione regressiva e di scalzamento al piede dei versanti.

Le soluzioni adottate saranno prevalentemente basate su opere flessibili, quali rivestimenti in biorete, materassi drenanti e scogliere in massi o gabbionate, in grado di adattarsi agli assestamenti del terreno e garantire al contempo una efficace protezione dall'erosione; in situazioni che richiedono minor impegno strutturale potranno essere realizzate opere con le tecniche dell'ingegneria naturalistica, da valutare con attenzione soprattutto in riferimento alla durabilità e alla resistenze dei materiali utilizzati.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla zona di recapito delle acque drenate, dove sarà necessario prevedere opere di dissipazione dell'energia e di diffusione del flusso, al fine di evitare concentrazioni localizzate che possano innescare ulteriori fenomeni erosivi.

L'intervento si configura quindi come elemento fondamentale di collegamento tra il sistema di drenaggio profondo e il reticolo idraulico superficiale, contribuendo alla stabilizzazione del versante e alla riduzione del rischio idrogeologico nel settore centrale della frana.

Per ricostruire le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni interessati dall'intervento, è stata prevista la seguente campagna di indagini:

- n.4 prove penetrometriche statico-dinamiche a 15 m (o fino a rifiuto strumentale);
- n.2 tomografie sismiche a rifrazione in onde P e SH.

Considerando che l'intervento prevede la movimentazione ed il possibile riutilizzo di terreno, sono stati previsti anche il campionamento e l'analisi chimica ai sensi del DPR 120/2017 e s.s.i.i..

L'ubicazione presunta delle indagini è rappresentata in Fig. 39.

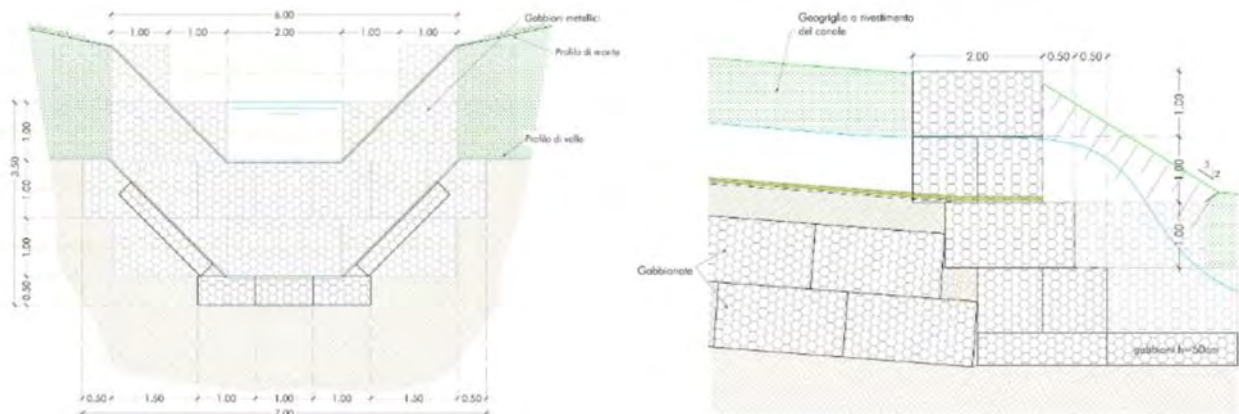
Al fine di definire l'area d'intervento e le soluzioni tecniche ipotizzate, vengono riportate in Fig. 40 la documentazione fotografica della zona di valle con l'indicazione dei recapiti da riqualificare e in Fig. 41 lo schema funzionale relativo alla realizzazione di briglie in gabbionate.



Figura 39 - Ubicazione indagini geognostiche a supporto dell'intervento FC.4.



**Figura 40 - Vista della zona di valle del pendio con indicazione della riqualificazione dei recapiti superficiali.**



**Figura 41 - Esempi di progettazione di briglie in gabbionate metalliche.**

In Tabella 8 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

<b>A) Lavori</b>		<b>GLOBALE</b>
A.1	Importo delle opere	€ 2.200.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 50.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 2.250.000,00</b>
<b>B) Somme a disposizione dell'Amministrazione</b>		
B.1	IVA sui Lavori	€ 495.000,00
B.2	Imprevisti	€ 126.700,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	€ 18.300,00
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 210.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 850.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 3.100.000,00</b>

Tabella 8 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento FC.4.

## Intervento FC.5 - Riprofilatura pendii

**Ubicazione:** Frana Centrale

Nel settore centrale la riprofilatura del versante assume un ruolo strategico ai fini della stabilizzazione dell'area in prossimità del centro abitato, le condizioni morfologiche attuali infatti favoriscono l'infiltrazione rapida delle acque meteoriche e l'innescò di fenomeni di instabilità superficiale e profonda.

La configurazione del pendio, caratterizzata da scarpate acclivi e superfici irregolari, determina un'elevata concentrazione dei deflussi ed un incremento delle pressioni interstiziali nei terreni, con conseguente riduzione delle condizioni di equilibrio.

In questo settore è presente una "rottura" sviluppatasi in prossimità del centro abitato, che rappresenta un elemento di criticità particolarmente rilevante in quanto direttamente interferente con le aree urbanizzate.

L'intervento FC.5 prevede la riprofilatura del versante su un'estensione stimata di circa 1,5 km, con altezze massime dell'ordine di 30 m, al fine di rimodellare il pendio secondo geometrie più regolari e compatibili con le condizioni geotecniche locali.

La realizzazione delle opere potrà avvenire mediante l'impiego di strutture in terra armata ed altre soluzioni flessibili, finalizzate a garantire la stabilità del versante e la durabilità dell'intervento nel tempo. All'interno delle strutture in terra armata, o comunque nelle operazioni di riprofilatura, sarà prevista l'installazione di opportuni livelli drenanti, costituiti da canne drenanti/trincee drenanti, finalizzati all'intercettazione e allo smaltimento delle acque infiltrate, con conseguente riduzione delle pressioni interstiziali nei terreni. La regolarizzazione del profilo consentirà di ridurre le discontinuità superficiali, migliorare il controllo dei deflussi e limitare l'infiltrazione profonda delle acque, contribuendo alla protezione del centro abitato e al miglioramento delle condizioni di equilibrio complessivo del versante.

Per ricostruire le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni interessati dall'intervento, è stata prevista la seguente campagna di indagini:

- n.2 sondaggi a carotaggio continuo a 40 m (con prelievo di campioni di terreno per analisi geotecniche di laboratorio e prove SPT a fondo foro);
- n.1 piezometro a tubo aperto in PVC (per rilevare l'oscillazione della piezometrica nel tempo);
- n.1 inclinometro (per rilevare spostamenti laterali e deformazioni del terreno nel tempo);
- n.2 tomografie sismiche a rifrazione in onde P e SH;
- n.4 prove penetrometriche statico-dinamiche a 15 m (o fino a rifiuto strumentale).

Considerando che l'intervento prevede la movimentazione ed il riutilizzo di un notevole volume di terreno, sono stati previsti anche il campionamento e l'analisi chimica ai sensi del DPR 120/2017 e s.s.i.i..

L'ubicazione presunta delle indagini è illustrata in Fig. 42.

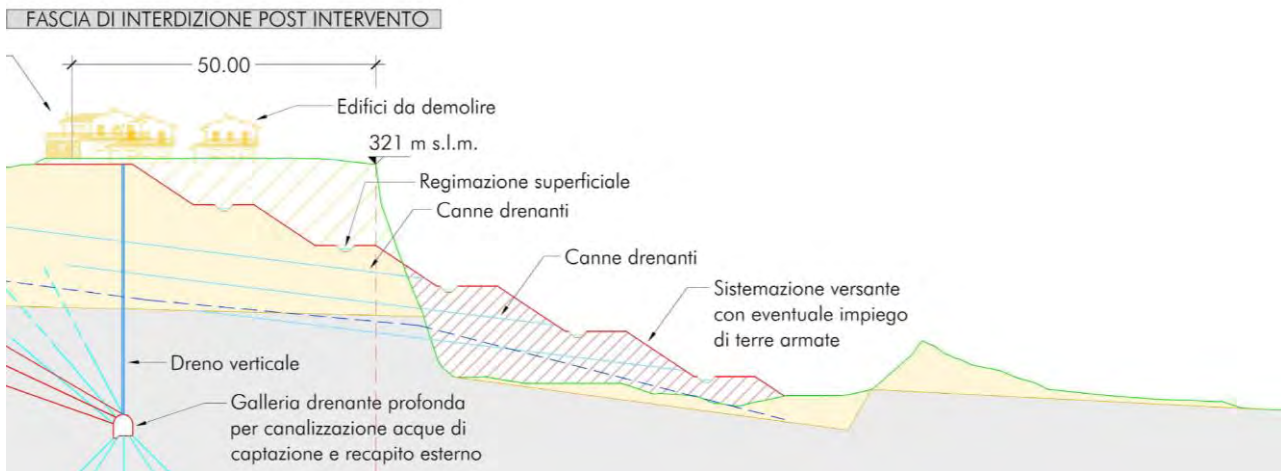


Figura 42 - Ubicazione indagini geonostiche a supporto dell'intervento FC.5.

In Fig. 43 è riportata la documentazione fotografica dei pendii da riprofilare e in Fig. 44 e Fig. 45 sono schematizzate le sezioni tipologiche relative alla rimodellazione del versante mediante l'impiego di terre armate, con i dettagli specifici rispettivamente per il settore ovest e per il settore est dell'area di intervento.



**Figura 43 - Vista dei pendii in frana da riprofilare mediante eventuale impiego di terre armate.**



**Figura 44 - Riprofilatura del pendio di valle con eventuale impiego di terre armate - Sezione su Frana Centrale - Lato ovest.**



**Figura 45 - Riprofilatura del pendio di valle con impiego di terre armate - Sezione su Frana Centrale - Lato est.**

In Tabella 9 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

<b>A) Lavori</b>		<b>GLOBALE</b>
A.1	Importo delle opere	€ 2.200.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 50.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 2.250.000,00</b>
<b>B) Somme a disposizione dell'Amministrazione</b>		
B.1	IVA sui Lavori	€ 495.000,00
B.2	Imprevisti	€ 127.900,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	€ 67.100,00
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 210.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 900.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 3.150.000,00</b>

**Tabella 9 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento FC.5.**

## **Intervento FC.6 - Interventi diffusi per la sutura delle lesioni ed il ripristino del reticolo idraulico**

**Ubicazione:** Frana Centrale

Il settore centrale del versante è interessato da fenomeni diffusi di erosione superficiale lungo gli impluvi secondari, che determinano l'approfondimento progressivo delle incisioni e la perdita di funzionalità del reticolo idraulico minore. L'azione delle acque meteoriche concentrate favorisce inoltre processi di instabilità superficiale e la degradazione morfologica diffusa.

L'intervento FC.6 è finalizzato al miglioramento della regimazione idraulica superficiale e alla riduzione dei fenomeni erosivi mediante opere diffuse di sistemazione del suolo, con particolare riferimento al controllo del ruscellamento e all'incremento della stabilità superficiale.

In tale ambito sono presenti estese fratture del terreno con andamento prevalente nordovest-sudest, che interessano ampie porzioni del versante agricolo e costituiscono vie preferenziali di infiltrazione delle acque meteoriche, accelerando l'evoluzione dei fenomeni di instabilità.

Le opere previste comprendono:

- la riprofilatura delle incisioni superficiali e degli impluvi secondari, finalizzata alla regolarizzazione delle pendenze e al miglioramento della capacità di deflusso delle acque meteoriche;
- la sistemazione e risagomatura delle canalette di raccolta minori in prossimità dei ricettori principali, al fine di ottimizzare il convogliamento delle acque superficiali e ridurre il ruscellamento diffuso;
- il miglioramento della continuità del reticolo idraulico superficiale mediante opere di connessione e adeguamento dei tracciati esistenti;
- la sutura delle lesioni del terreno mediante riempimento e compattazione con materiali idonei, seguita da regolarizzazione delle superfici, al fine di ripristinare la continuità morfologica e ridurre i percorsi preferenziali di infiltrazione;
- interventi locali di regimazione delle acque meteoriche nelle aree maggiormente fratturate, con funzione di riduzione dei fenomeni di erosione accelerata.

Gli interventi si inseriscono nel quadro delle opere flessibili, finalizzate alla riduzione dell'energia di deflusso e al contenimento dei processi erosivi, contribuendo al miglioramento complessivo delle condizioni di stabilità del versante.

Per ricostruire le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni interessati dall'intervento, è stata prevista la seguente campagna di indagini:

- n.2 tomografie sismiche a rifrazione in onde P e SH;
- n.6 prove penetrometriche statico-dinamiche a 15 m (o fino a rifiuto strumentale).

Considerando che l'intervento prevede la movimentazione ed il possibile riutilizzo di terreno, sono stati previsti anche il campionamento e l'analisi chimica ai sensi del DPR 120/2017 e s.s.i.i..

L'ubicazione presunta delle indagini è illustrata in Fig. 46. In Fig. 47 si riporta il riferimento fotografico della zona di valle con morfologia a *Graben* ed evidenti fratture diffuse.

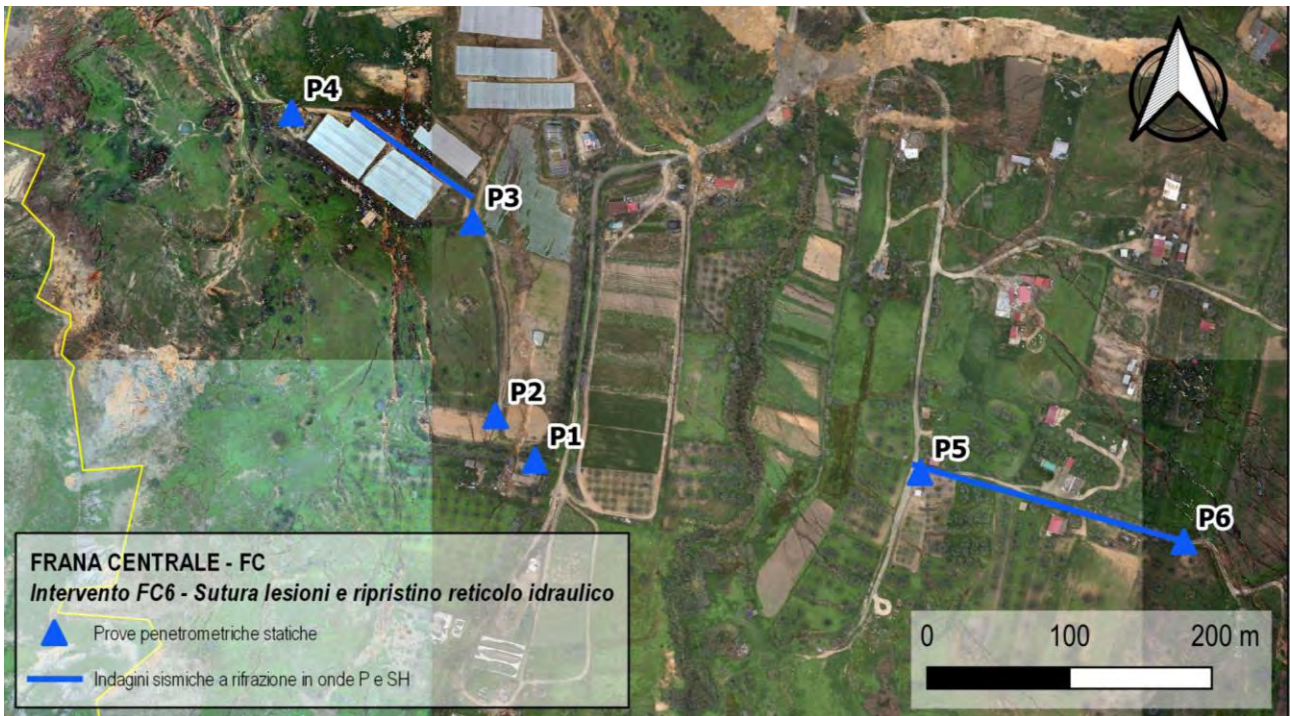


Figura 46 - Ubicazione indagini geognostiche a supporto dell'intervento FC.6.



Figura 475 - Zona di valle della frana con evidenza del movimento al piede per effetto *Graben* e delle fratture diffuse verso valle.

In Tabella 10 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

<b>A) Lavori</b>		<b>GLOBALE</b>
A.1	Importo delle opere	€ 2.000.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 50.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 2.050.000,00</b>
<b>B) Somme a disposizione dell'Amministrazione</b>		
B.1	IVA sui Lavori	€ 451.000,00
B.2	Imprevisti	€ 122.400,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	€ 36.600,00
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 190.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 800.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 2.850.000,00</b>

Tabella 10 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento FC.6.

## 5.4 Interventi sulla Frana Sud (FS)

### Intervento FS.1 - Ripristino Strada Provinciale SP10

**Ubicazione:** Frana Sud

La SP10 presenta diffuse condizioni di dissesto e interruzioni localizzate, in particolare in corrispondenza degli attraversamenti idraulici non adeguatamente regimati, che hanno determinato fenomeni di rottura e abbassamento localizzato della pavimentazione stradale. Tali criticità risultano strettamente connesse alla dinamica evolutiva del versante e alla mancata gestione dei deflussi superficiali.

La SP10 rappresenta un'infrastruttura viaria strategica, in quanto garantisce il collegamento tra l'abitato di Niscemi e il sistema infrastrutturale E45 Gela-Siracusa, con tempi di percorrenza inferiori rispetto alla SP12, rendendo pertanto prioritario il suo ripristino funzionale.

In fase di somma urgenza risulta necessario garantire il ripristino della funzionalità della viabilità, al fine di assicurare la continuità dei collegamenti e la sicurezza della circolazione, mediante interventi immediati di messa in sicurezza e ripristino della transitabilità.

L'intervento FS.1 è finalizzato al ripristino e alla messa in sicurezza della sede stradale mediante un insieme coordinato di opere infrastrutturali e idrauliche.

Le opere previste comprendono:

- il rifacimento del pacchetto stradale, comprensivo degli strati di fondazione e pavimentazione, al fine di ristabilire la funzionalità e la capacità portante della sede viaria;

- il rifacimento e l'adeguamento delle canalette di raccolta a bordo strada, per il corretto convogliamento e allontanamento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale;
- il rifacimento e l'installazione degli attraversamenti idraulici, con adeguamento delle sezioni di deflusso e miglioramento della continuità del reticolo idraulico;
- la stabilizzazione dei tratti di valle, nei settori maggiormente instabili, mediante opere di sostegno quali paratie su micropali e micropali inclinati/tiranti ovvero pali di diametri maggiori;
- interventi locali di consolidamento del corpo stradale in corrispondenza delle aree maggiormente deformate.

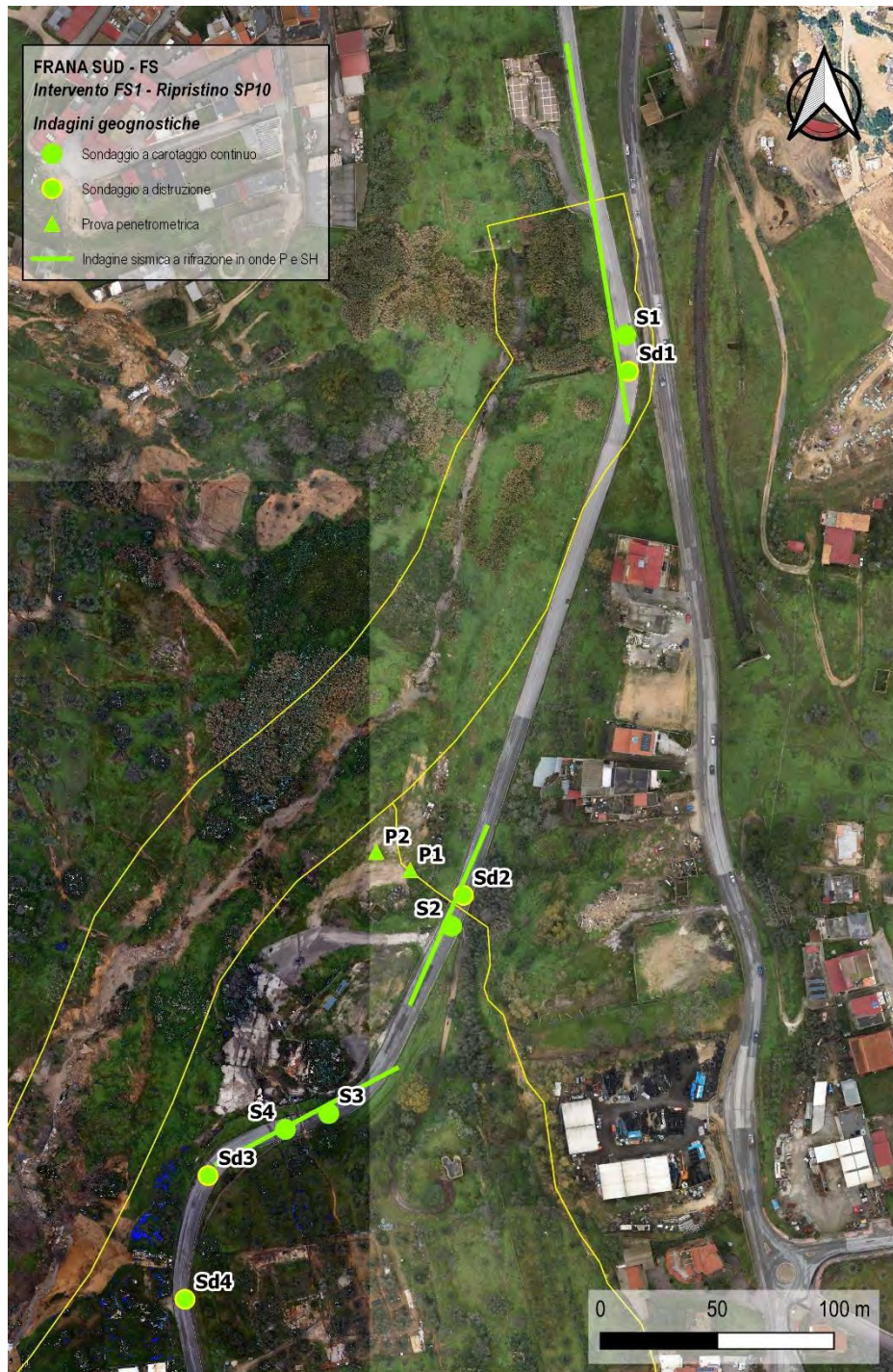
Si precisa che le opere strutturali di sostegno potranno essere efficacemente realizzate solo a seguito della verifica della stabilizzazione complessiva del fenomeno franoso; in condizioni di attività del dissesto, tali interventi non garantiscono infatti la necessaria efficacia e durabilità e dovranno pertanto essere subordinati all'evoluzione del quadro geotecnico.

Per ricostruire le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni interessati dall'intervento, è stata prevista la seguente campagna di indagini:

- n.4 sondaggi a carotaggio continuo a 15 m (con prelievo di campioni di terreno per analisi geotecniche di laboratorio, prove SPT a fondo foro e posizionamento piezometri di Casagrande per la misura della pressione neutra dell'acqua in particolari intervalli di profondità);
- n.4 sondaggi a distruzione a 15 m (per il posizionamento di ulteriori piezometri di Casagrande);
- n.3 tomografie sismiche a rifrazione in onde P e SH;
- n.2 prove penetrometriche statico-dinamiche a 15 m (o fino a rifiuto strumentale);

L'ubicazione presunta delle indagini è rappresentata in Fig. 48.

Si precisa inoltre che tale piano di indagine potrà essere modificato in base alle esigenze e/o modifiche progettuali.

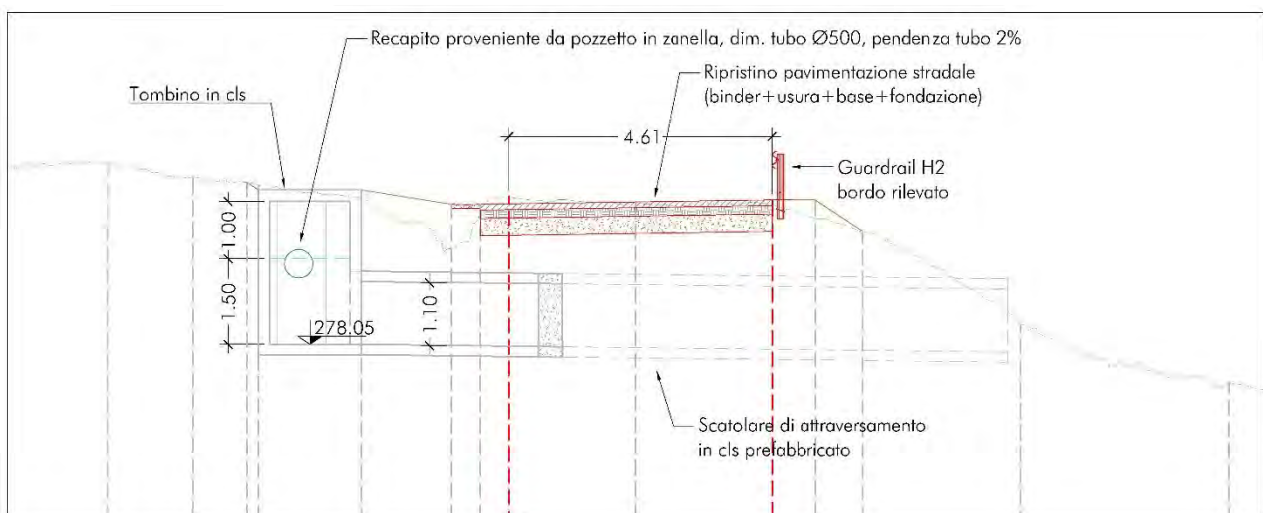


**Figura 48 - Ubicazione indagini geognostiche a supporto dell'intervento FC.6.**

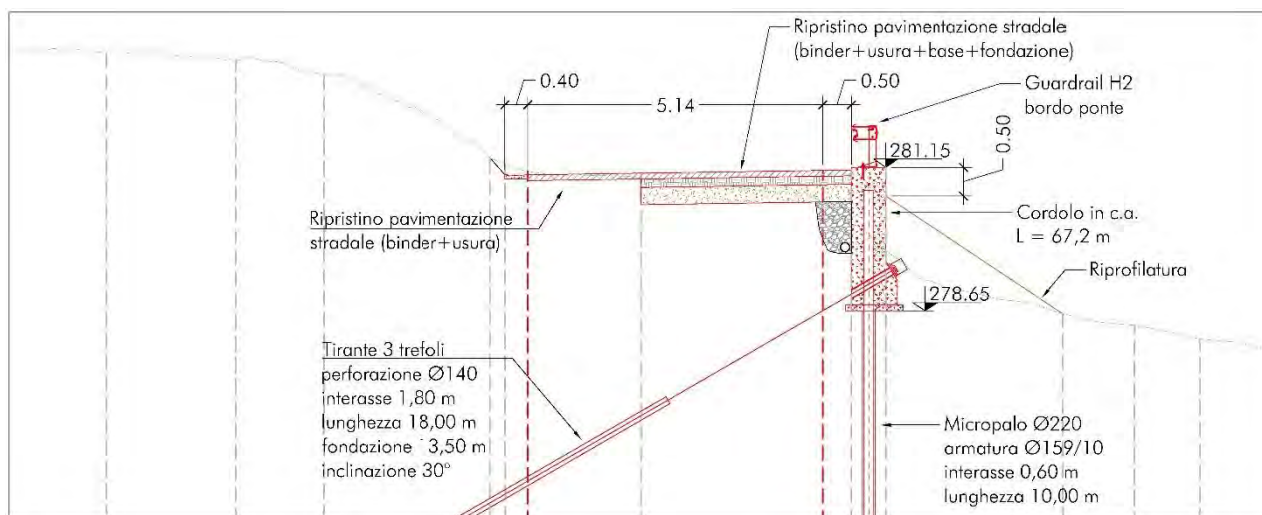
Al fine di illustrare le soluzioni tecniche ipotizzate, nelle figure che seguono sono riportate la documentazione fotografica dei tratti interrotti della SP10 (Fig. 49) e le relative ipotesi di ripristino (Fig. 50 e Fig. 51).



**Figura 49 - Zona di interruzione della strada SP10 con necessità di ripristino stradale e di riqualificazione dei recapiti di monte, di attraversamento e di valle rispetto alla strada.**



**Figura 50 - Ipotesi di ripristino della strada con sistemazione del recapito di monte, caditoia e attraversamento scatolare sotto strada per recapito a valle.**



**Figura 51 - Ipotesi di ripristino della strada con berlinese a valle di sostegno della sede stradale e rifacimento della pavimentazione stradale.**

In Tabella 11 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

<b>A) Lavori</b>		<b>GLOBALE</b>
A.1	Importo delle opere	€ 1.310.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 50.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 1.360.000,00</b>
<b>B) Somme a disposizione dell'Amministrazione</b>		
B.1	IVA sui Lavori	€ 299.200,00
B.2	Imprevisti	€ 98.700,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	€ 67.100,00
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 125.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 590.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 1.950.000,00</b>

**Tabella 11 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento FS.1.**

## **Intervento FS.2 - Ripristino reticolo idrografico e realizzazione drenaggi profondi**

**Ubicazione:** Frana Sud

Nel settore meridionale, poco prima dell'abitato, la SP10 risulta interrotta e dissestata in diversi punti localizzati. Tali criticità si concentrano in corrispondenza di compluvi presenti a monte della sede stradale e dei relativi attraversamenti idraulici, evidenziando una stretta correlazione tra la dinamica dei deflussi superficiali e i fenomeni di instabilità del corpo di frana.

In questi ambiti, il convogliamento delle acque meteoriche verso gli attraversamenti al di sotto della SP10 determina condizioni di concentrazione dei flussi ed infiltrazione nei terreni, con conseguente degrado delle caratteristiche geotecniche. L'infiltrazione nei livelli sabbiosi superficiali comporta infatti un aumento delle pressioni interstiziali e una riduzione della resistenza al taglio dei terreni. Tale fenomeno risulta particolarmente critico in quanto questi livelli permeabili poggiano su strati argillosi meno permeabili, all'interno dei quali possono instaurarsi condizioni di sovrappressione idraulica, favorendo l'innescò e la riattivazione dei movimenti franosi.

L'intervento FS.2 è finalizzato alla riduzione delle pressioni interstiziali e al miglioramento delle condizioni di drenaggio del versante, attraverso un sistema integrato di opere di regimazione superficiale e di drenaggio profondo.

In particolare, si prevede:

- il ripristino e la sistemazione del reticolo idrografico superficiale in corrispondenza dei compluvi, mediante pulizia, risagomatura e adeguamento delle sezioni di deflusso;
- la verifica e l'eventuale adeguamento degli attraversamenti idraulici esistenti al di sotto della SP10, al fine di garantire un corretto smaltimento delle portate e ridurre i fenomeni di rigurgito e infiltrazione;
- la realizzazione di sistemi di drenaggio profondo, quali canne drenanti e trincee drenanti, finalizzati all'intercettazione e all'abbattimento delle pressioni interstiziali nei livelli più permeabili;
- la riprofilatura locale delle aree maggiormente dissestate, al fine di migliorare la regimazione delle acque superficiali e ridurre le condizioni di instabilità.

L'insieme degli interventi consente di ridurre i processi di infiltrazione incontrollata, migliorare il drenaggio dei terreni e ristabilire condizioni di equilibrio più favorevoli per il versante, contribuendo alla stabilizzazione dell'infrastruttura viaria e alla mitigazione del rischio idrogeologico nel settore meridionale.

Per ricostruire le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni interessati dall'intervento, è stata prevista la seguente campagna di indagini:

- n.2 sondaggi a carotaggio continuo a 20 m (con prelievo di campioni di terreno per analisi geotecniche di laboratorio e prove SPT a fondo foro);
- n.1 tomografia sismica a rifrazione in onde P e SH;
- n.4 prove penetrometriche statico-dinamiche a 15 m (o fino a rifiuto strumentale).

Considerando che l'intervento prevede la movimentazione ed il possibile riutilizzo di terreno, sono stati previsti anche il campionamento e l'analisi chimica ai sensi del DPR 120/2017 e s.s.i.i.

L'ubicazione presunta delle indagini è illustrata in Fig. 52



Figura 52 - Ubicazione indagini geognostiche a supporto dell'intervento FS.2.

Al fine di illustrare le soluzioni di drenaggio previste vengono riportati il riferimento fotografico del versante di monte della SP10 (Fig. 53) e gli schemi tecnici relativi alle opere di stabilizzazione (Fig. 54 e Fig. 55).



Figura 536 - Versante di monte della SP10 con necessità di sistemazione dei recapiti superficiali e di introduzione di sistemi di drenaggio profondi per la corretta regimazione delle acque di infiltrazione.

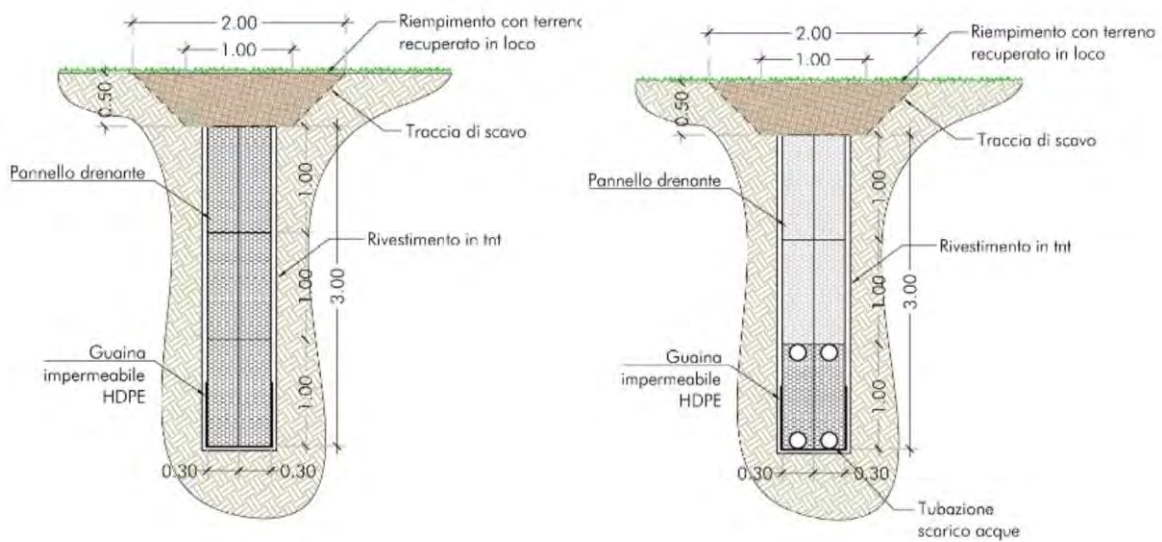


Figura 547 - Esempi di regimazione idraulica profonda delle acque con sistemazione dei recapiti superficiali, mediante trincee drenanti con sezione tipo intermedia (a sinistra) e tipo sbocco (a destra).

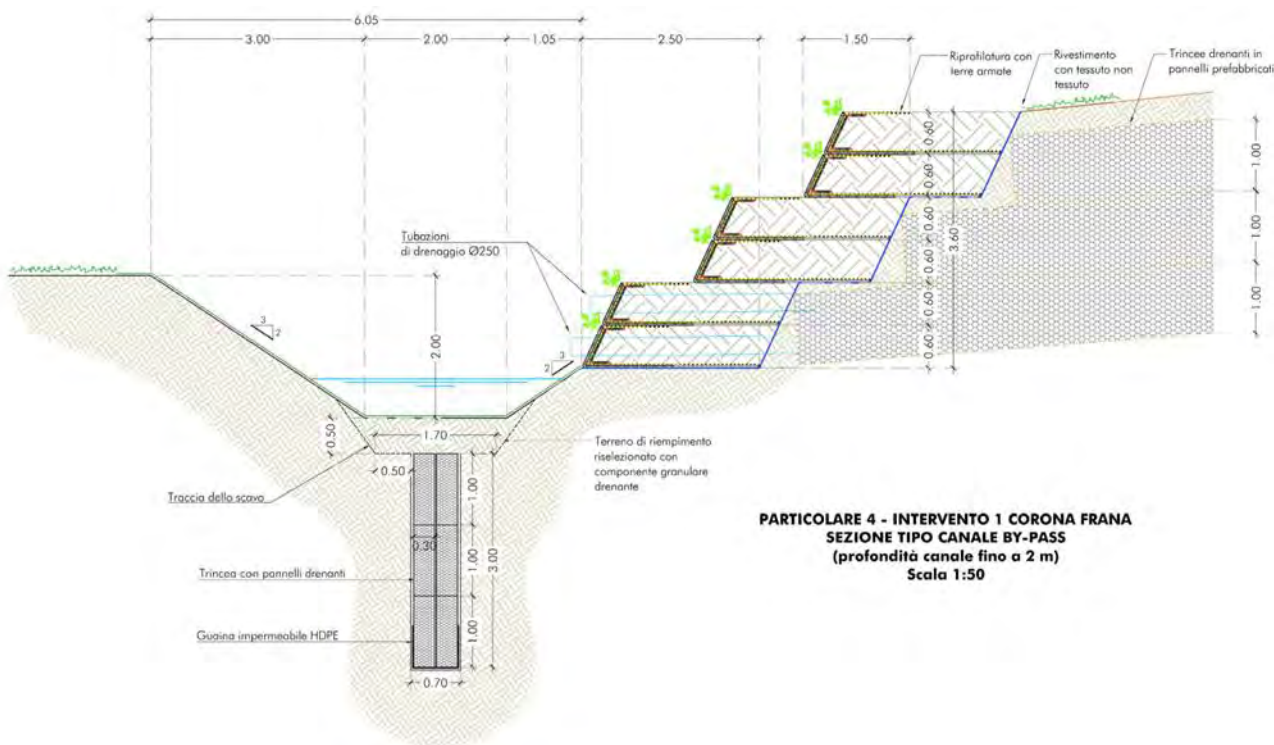


Figura 55 - Esempi di regimazione idraulica profonda delle acque con sistemazione dei recapiti superficiali, mediante impiego di trincee drenanti, sistemi di terre armate e rivestimenti superficiali.

In Tabella 12 riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

A) Lavori		Globale
A.1	Importo delle opere	€ 720.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 20.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 740.000,00</b>
B) Somme a disposizione dell'Amministrazione		
B.1	IVA sui Lavori	€ 162.800,00
B.2	Imprevisti	€ 40.600,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	€ 36.600,00
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 70.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 310.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 1.050.000,00</b>

Tabella 12 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento FS.2.

## Intervento FS.3 - Riprofilatura pendii

Ubicazione: Frana Sud

Nel settore meridionale la riprofilatura del versante è finalizzata alla riduzione delle condizioni di instabilità legate alla morfologia attuale, caratterizzata da superfici irregolari e da pendenze

elevate che favoriscono il ruscellamento concentrato e l'infiltrazione localizzata delle acque meteoriche.

Tali condizioni determinano un incremento delle pressioni interstiziali nei terreni e una conseguente riduzione della resistenza al taglio, contribuendo all'evoluzione dei fenomeni franosi.

L'intervento FS.3 prevede la regolarizzazione del pendio mediante riprofilatura su un'estensione stimata di circa 1 km, con altezze massime dell'ordine di 25 m, al fine di ottenere una configurazione morfologica più uniforme e stabile.

La rimodellazione del versante consentirà di ridurre le discontinuità superficiali, migliorare la distribuzione dei deflussi e favorire uno smaltimento più graduale delle acque meteoriche. Anche in questo caso potranno essere adottate soluzioni flessibili, quali opere in terra armata, idonee a garantire la stabilità delle nuove geometrie e la capacità di adattamento a eventuali assestamenti del terreno. All'interno delle strutture in terra armata, o comunque nelle operazioni di riprofilatura, sarà prevista l'installazione di opportuni livelli drenanti, costituiti da canne drenanti/trincee drenanti, finalizzati all'intercettazione e allo smaltimento delle acque infiltrate, con conseguente riduzione delle pressioni interstiziali nei terreni.

L'intervento contribuirà complessivamente al miglioramento delle condizioni di equilibrio del versante nel medio e lungo periodo, attraverso la riduzione dei fenomeni di infiltrazione profonda e il controllo dei processi di instabilità.

Per ricostruire le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni interessati dall'intervento, è stata prevista la seguente campagna di indagini:

- n.4 sondaggi a carotaggio continuo a 20 m (con prelievo di campioni di terreno per analisi geotecniche di laboratorio e prove SPT a fondo foro);
- n.4 tomografia sismica a rifrazione in onde P e SH.

Considerando che l'intervento prevede la movimentazione ed il possibile riutilizzo di terreno, sono stati previsti anche il campionamento e l'analisi chimica ai sensi del DPR 120/2017 e s.s.i.i..

L'ubicazione presunta delle indagini è illustrata in Fig. 56.

In Fig. 57 è riportata la documentazione fotografica del pendio da riprofilare a monte della SP10. Sono inoltre riportati la sezione tecnica relativa alla riprofilatura del versante in sinistra idraulica rispetto al torrente Benefizio (Fig. 58) e un esempio di applicazione delle terre armate (Fig. 59).



Figura 56 - Ubicazione indagini geognostiche a supporto dell'intervento FS.3.



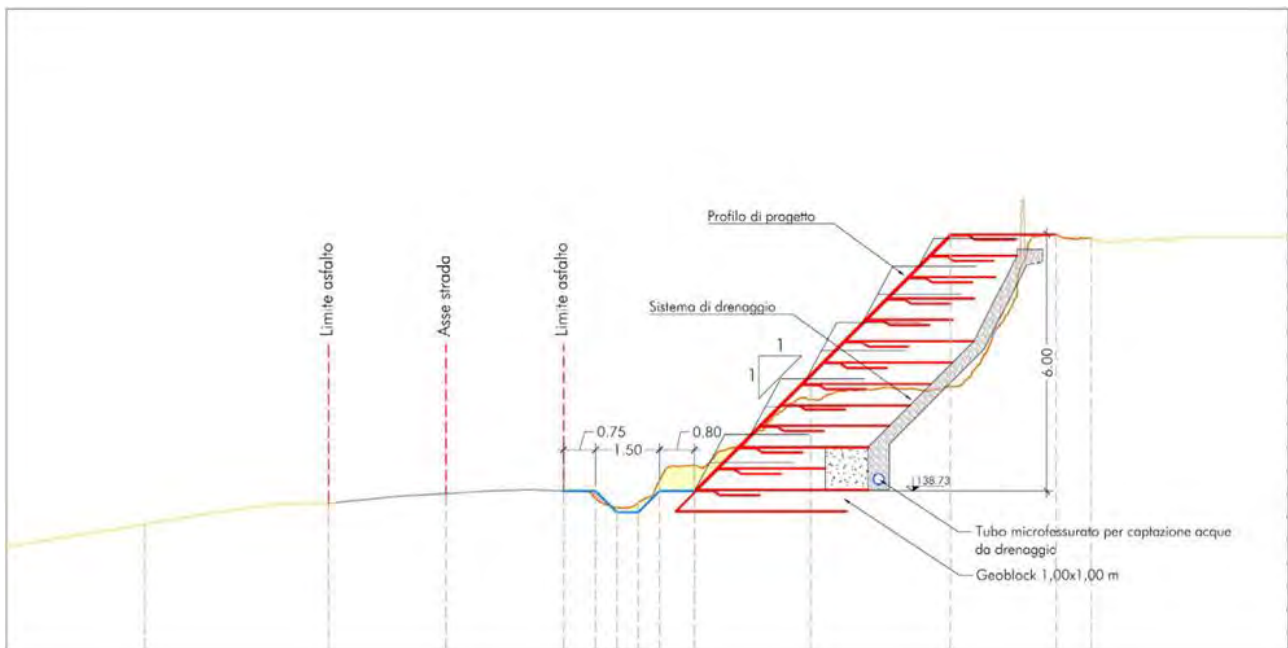


Figura 59 - Esempio di riprofilatura con terre armate del versante di monte della strada.

In Tabella 13 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

A) Lavori		Globale
A.1	Importo delle opere	€ 700.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 20.000,00
<b>Totale</b>		<b>€ 720.000,00</b>
B) Somme a disposizione dell'Amministrazione		
B.1	IVA sui Lavori	€ 158.400,00
B.2	Imprevisti	€ 84.500,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	€ 67.100,00
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 70.000,00
<b>Totale somme a disposizione</b>		<b>€ 380.000,00</b>
<b>SOMMA</b>		<b>€ 1.100.000,00</b>

Tabella 13 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento FS.3.

## Intervento FS.4 - Interventi diffusi per la sutura delle lesioni

**Ubicazione:** Frana Sud

Il settore meridionale del versante presenta condizioni di instabilità superficiale legate all'azione erosiva concentrata lungo gli impluvi e alla scarsa regimazione delle acque meteoriche, con conseguente progressivo approfondimento dei solchi e indebolimento del piede del versante.

L'intervento FS.4 è finalizzato al ripristino della continuità morfologica del versante e al miglioramento del sistema di drenaggio superficiale mediante opere diffuse di sistemazione idraulica, coerenti con le tecniche di ingegneria naturalistica adottate per il controllo dei fenomeni erosivi.

In tale ambito sono presenti diffuse lesioni del terreno con andamento prevalente nord-sud, localizzate sia a monte sia a valle della SP10, infrastruttura viaria principale di accesso all'abitato dal settore meridionale. Una lesione interessa direttamente il tracciato della SP10, contribuendo alla sua instabilità locale.

Le opere previste comprendono:

- la sutura delle lesioni mediante riempimento e compattazione con materiali idonei, seguita da regolarizzazione superficiale del piano campagna per il ripristino della continuità morfologica;
- la riprofilatura delle aree interessate, finalizzata alla riduzione delle discontinuità morfologiche e al miglioramento delle condizioni di deflusso superficiale;
- il ripristino del reticolo idraulico minore attraverso pulizia, risagomatura e adeguamento dei fossi di scolo, al fine di garantire una corretta regimazione delle acque meteoriche;
- la stabilizzazione delle superfici esposte lungo gli impluvi anche attraverso tecniche di ingegneria naturalistica, quali bioreti e inerbimento guidato, per la riduzione dei fenomeni di erosione superficiale;
- interventi localizzati di protezione delle aree maggiormente danneggiate in prossimità della SP10, finalizzati al miglioramento della stabilità del corpo stradale.

L'intervento contribuisce complessivamente alla riduzione dell'energia di deflusso superficiale e al miglioramento delle condizioni di stabilità del versante meridionale.

Per ricostruire le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni interessati dall'intervento, è stata prevista la seguente campagna di indagini:

- n.11 prove penetrometriche statico-dinamiche a 15 m (o fino a rifiuto strumentale);
- n.4 tomografia sismica a rifrazione in onde P e SH.

Considerando che l'intervento prevede la movimentazione ed il possibile riutilizzo di terreno, sono stati previsti anche il campionamento e l'analisi chimica ai sensi del DPR 120/2017 e s.s.i.i..

L'ubicazione presunta delle indagini è illustrata in Fig. 60. In Fig. 61 è inoltre riportata l'evidenza fotografica delle fratture superficiali presenti sul versante che richiedono interventi di sutura e ripristino.

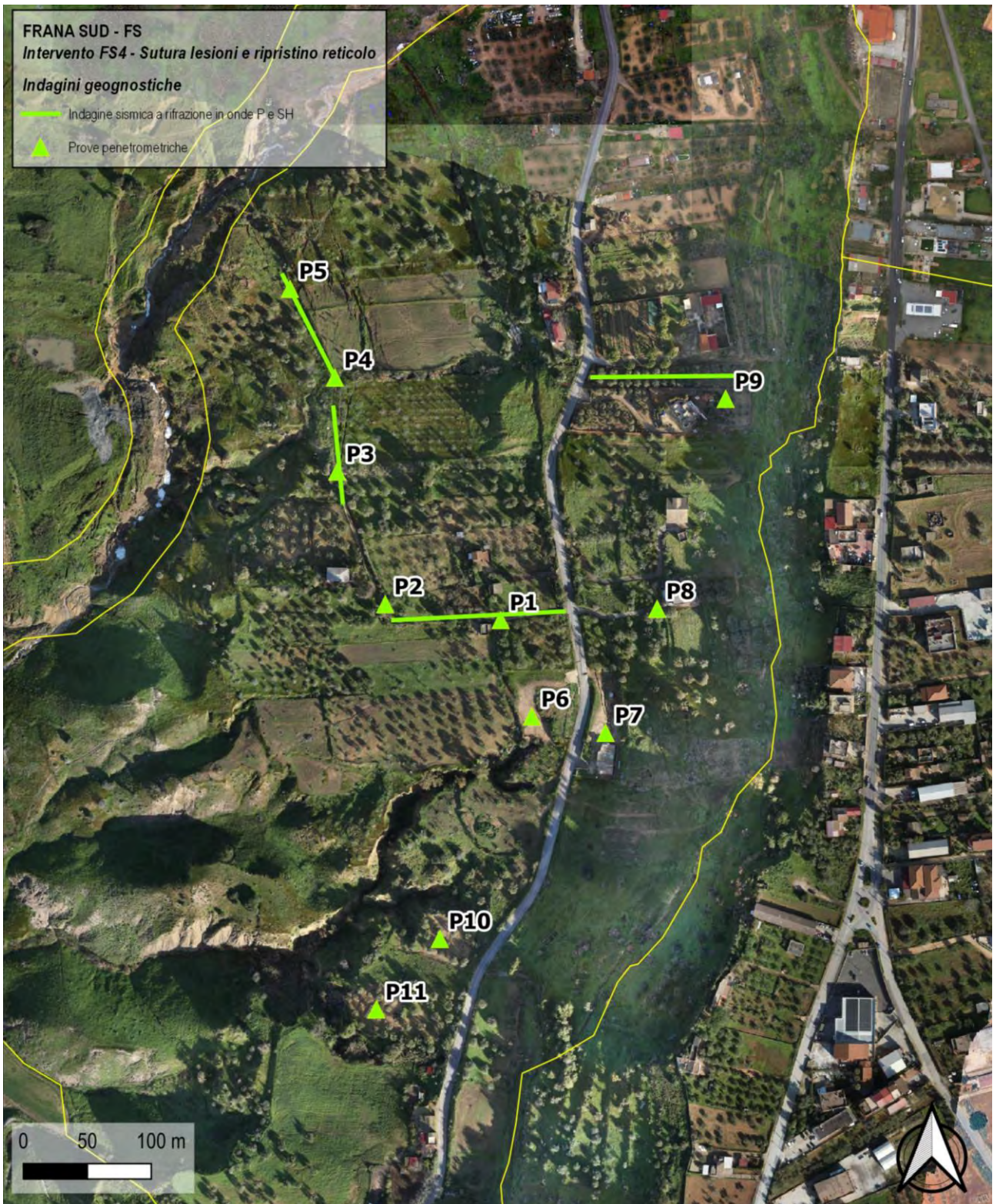


Figura 60 - Ubicazione indagini geognostiche a supporto dell'intervento FS.4.



Figura 61 - Evidenza delle fratture superficiali con esigenza di sutura e ripristino.

In Tabella 14 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

A) Lavori		Globale
A.1	Importo delle opere	€ 2.300.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 50.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 2.350.000,00</b>
B) Somme a disposizione dell'Amministrazione		
B.1	IVA sui Lavori	€ 517.000,00
B.2	Imprevisti	€ 131.400,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	€ 36.600,00
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 215.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 900.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 3.250.000,00</b>

Tabella 14 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento FS.4.

## 5.5 Interventi sul Torrente Benefizio

### Intervento BE.1 - Ripristino della quota di fondo, sistemazione spondale e del tratto di monte

**Ubicazione:** Torrente Benefizio

L'erosione del torrente Benefizio rappresenta uno dei principali fattori per le dinamiche di instabilità del territorio interessato dai fenomeni franosi, rilevandosi quale elemento critico per i dissesti "Frana Centrale", in destra idrografica, e "Frana Sud", in sinistra idrografica. Già in condizioni antecedenti ai recenti eventi di dissesto, il corso d'acqua evidenziava criticità significative legate alla regimazione delle acque e alla gestione idraulica dell'alveo, con elevate velocità di deflusso che favorivano intensi fenomeni di erosione sia lungo le sponde sia sul fondo.

L'azione erosiva ha determinato nel tempo un progressivo arretramento delle sponde e una modifica dell'assetto morfologico dell'alveo, con effetti diretti sulla stabilità dei versanti adiacenti. In particolare, nei tratti prossimi ai fronti di frana, i processi di erosione fluviale hanno causato fenomeni di scalzamento del piede del versante, riducendo il supporto naturale alla massa instabile e contribuendo all'innescò e alla riattivazione dei movimenti franosi.

Tali dinamiche erano già state evidenziate negli studi successivi alla frana del 12 ottobre 1997, nei quali il torrente Benefizio veniva individuato come uno dei principali fattori di instabilità del versante, in relazione sia all'approfondimento dell'incisione alveale sia all'apporto di acque meteoriche provenienti dall'abitato (Commissione tecnico-scientifica, 2005). In tale contesto era stata proposta una strategia di riduzione dei contributi idrici mediante deviazione delle acque urbane verso il bacino del torrente Valle Pozzo, integrata da opere di sistemazione idraulica.

Al fine di aggiornare il quadro conoscitivo e individuare i tratti maggiormente critici, sono stati eseguiti dal CIMA rilievi mediante drone con acquisizione di nuvole di punti ad alta risoluzione, che hanno consentito la ricostruzione di un modello tridimensionale del corso d'acqua e l'analisi di profili longitudinali e sezioni trasversali lungo circa 2 km di sviluppo (cfr. sezione 8 del presente Rapporto).

Le analisi hanno evidenziato:

- tratti caratterizzati da forte erosione di fondo e di sponda;
- zone di deposito sedimentario;
- tratti con pendenze elevate e presenza di salti di fondo;
- dislocazioni locali dell'alveo che alterano il regime di deflusso.

Tali condizioni determinano un'elevata variabilità idraulica lungo il torrente e contribuiscono all'innescò di fenomeni di instabilità localizzati, con possibili evoluzioni verso dissesti di maggiore estensione.

L'intervento BE.1 è finalizzato alla regolarizzazione del profilo di fondo del corso d'acqua, alla stabilizzazione delle sponde e alla riduzione degli effetti erosivi, mediante un insieme integrato di opere di sistemazione idraulica.

In particolare, si prevede:

- la realizzazione di briglie in calcestruzzo armato su fondazioni profonde lungo il tratto montano del torrente, con funzione di riduzione della pendenza, dissipazione dell'energia del flusso, stabilizzazione del fondo alveo e contenimento dell'erosione regressiva;
- il ripristino della quota di fondo dell'alveo nei tratti fra le briglie, mediante riempimento con materiale drenante, al fine di favorire la dissipazione delle pressioni interstiziali e migliorare la stabilità del fondo;
- la sistemazione delle sponde e di tratti estesi dell'alveo mediante gabbionate metalliche riempite con materiale lapideo, in grado di garantire elevata resistenza all'erosione e adattabilità agli assestamenti del terreno.

Si prevede, altresì, di disporre una tubazione di diametro consistente (al momento di diametro non inferiore a 2 m) in prossimità dell'attuale fondo dell'alveo, in modo da recapitare verso valle una parte rilevante delle portate derivanti principalmente dai bacini urbani della città; la parte eccedente, mediante sistemi di "troppo pieno" scorrerà in superficie nel nuovo alveo stabilizzato.

Le analisi preliminari indicano la necessità di realizzare almeno 20 briglie lungo un tratto di circa 500 m, al fine di ottenere una stabilizzazione progressiva del profilo longitudinale. Le gabbionate saranno impiegate su una quota significativa del tratto più instabile (circa il 50%), in continuità con soluzioni già sperimentate con successo in contesti analoghi.

Gli interventi saranno estesi per un ulteriore tratto di almeno 1000 m con le medesime tecnologie, ma con interassi maggiori fra una briglia e l'altra man mano che ci si allontana dalla zona maggiormente incisa disposta alla base delle sponde delle Frane Centrale e Sud.

Il complesso degli interventi consente di ridurre i fenomeni erosivi, stabilizzare l'alveo e limitare i processi di scalzamento al piede dei versanti, contribuendo in modo significativo alla mitigazione del rischio idrogeologico dell'area.

Per ricostruire le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni interessati dall'intervento, è stata prevista la seguente campagna di indagini:

- n.4 sondaggi a carotaggio continuo a 30 m (con prelievo di campioni di terreno per analisi geotecniche di laboratorio e prove SPT a fondo foro);
- n.4 piezometri a tubo aperto in PVC (per rilevare l'oscillazione della piezometrica nel tempo);
- n.4 tomografie sismiche a rifrazione in onde P e SH.

Considerando che l'intervento prevede la movimentazione ed il possibile riutilizzo di terreno, sono stati previsti anche il campionamento e l'analisi chimica ai sensi del DPR 120/2017 e s.s.i.i..

L'ubicazione presunta delle indagini è illustrata in Fig. 62.

Al fine di documentare le criticità e le soluzioni progettuali previste, vengono riportati lo stato di forte erosione e instabilità delle sponde e del fondo alveo del torrente Benefizio (Fig. 63, Fig. 64 e Fig. 65) e l'analisi dei profili longitudinali con l'individuazione dei salti di fondo e delle contropendenze (Fig. 66 e Fig. 67). La documentazione tecnica illustra inoltre gli schemi costruttivi delle briglie (Fig. 68, Fig. 69, Fig. 70) ed esempi di sistemazioni idrauliche mediante briglie in gabbionate (Fig. 71 e Fig. 72).

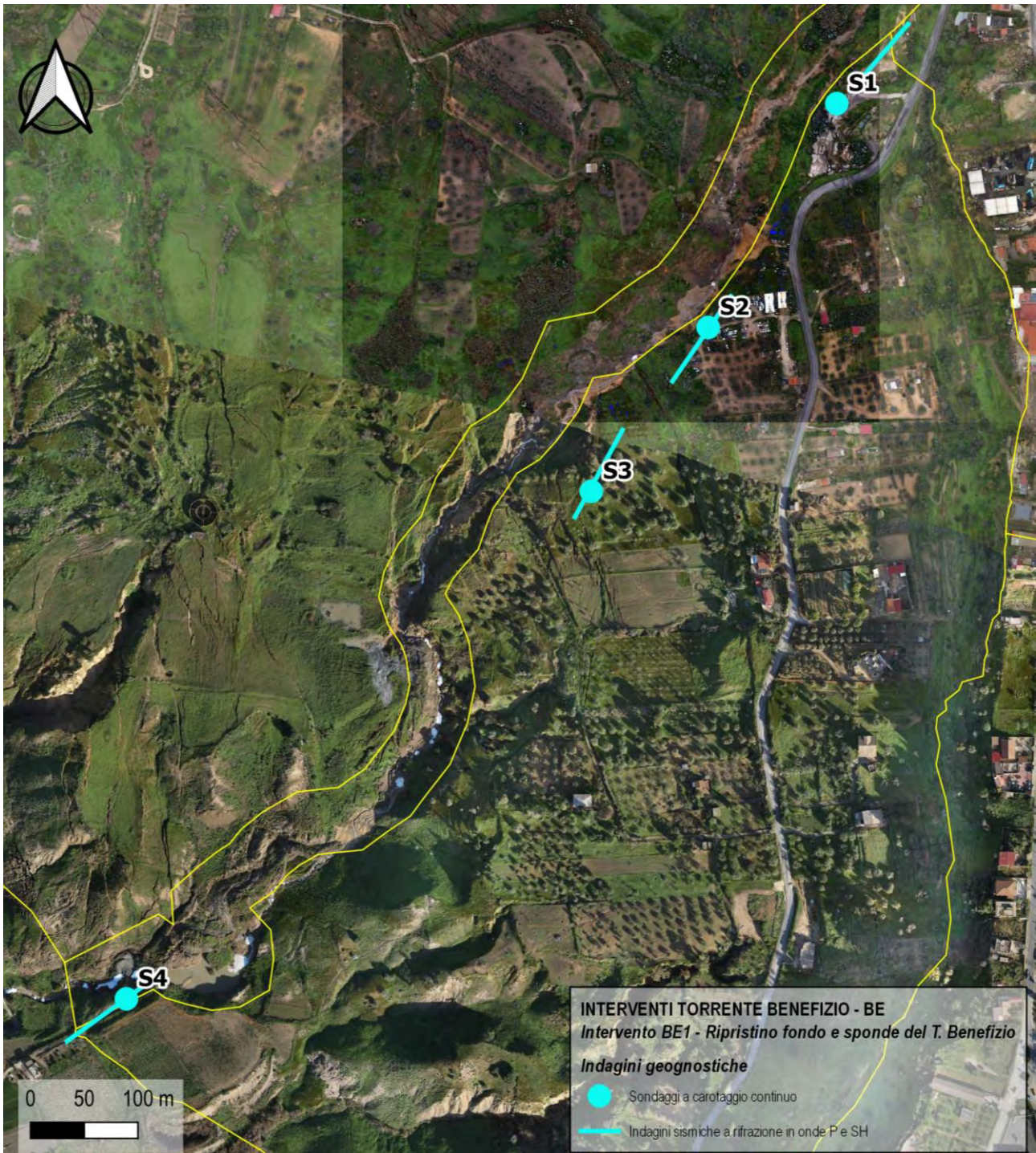


Figura 62 - Ubicazione indagini geognostiche a supporto dell'intervento BE.1.



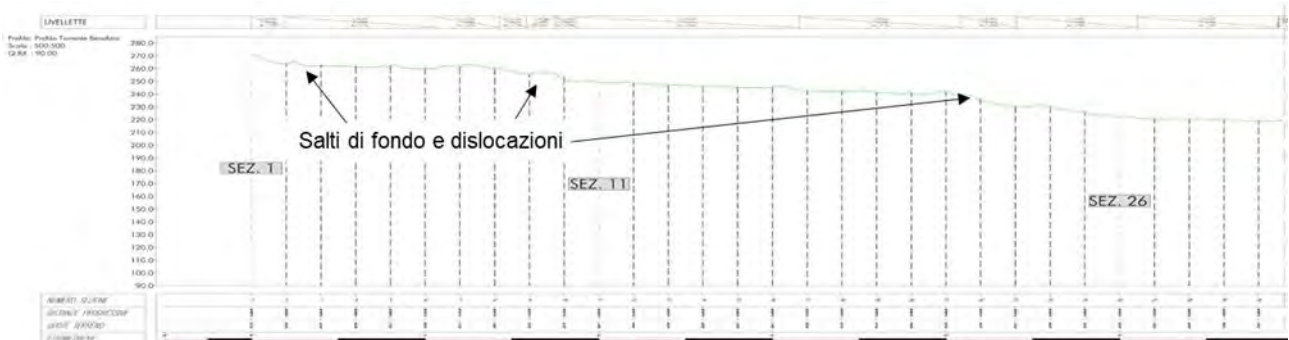
**Figura 63 - Alveo e superfici spondali del torrente Benefizio in evidente stato di erosione e dissesto diffusi.**



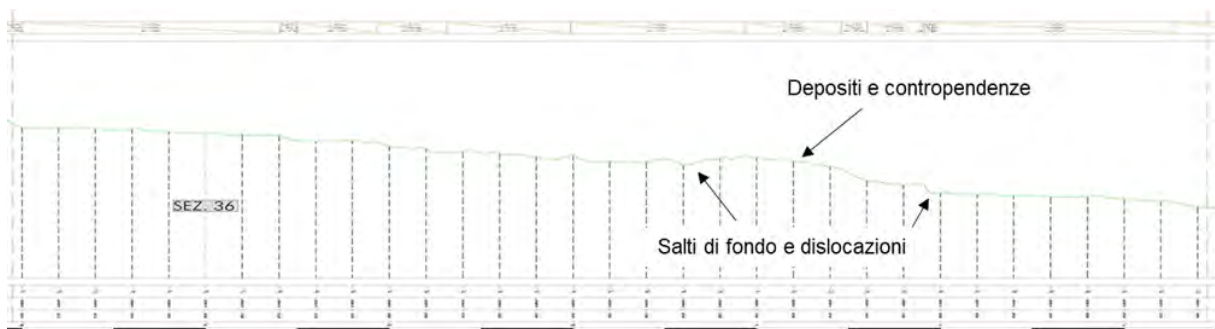
**Figura 64 - Alveo e superfici spondali del torrente Benefizio in evidente stato di erosione e dissesto diffusi.**



**Figura 658 - Alveo e superfici spondali del torrente Benefizio in evidente stato di erosione e dissesto diffusi, con evidenza della forte pendenza longitudinale del fondo alveo.**



**Figura 66 - Parte Nord del profilo longitudinale del torrente Benefizio, con individuazione dei salti di fondo e delle dislocazioni.**



**Figura 67 - Parte intermedia del profilo longitudinale del torrente Benefizio, con individuazione dei salti di fondo, dislocazioni, depositi e contropendenze.**

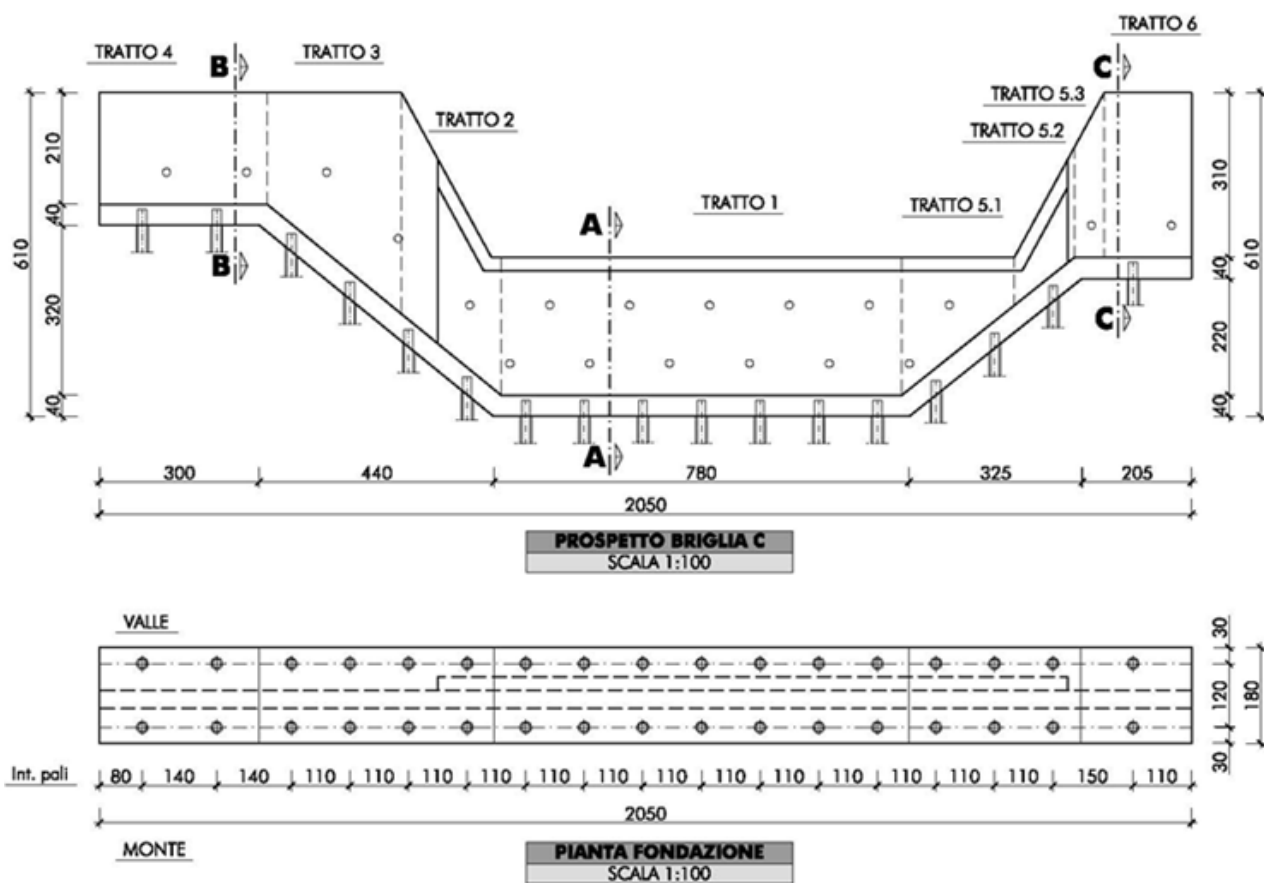
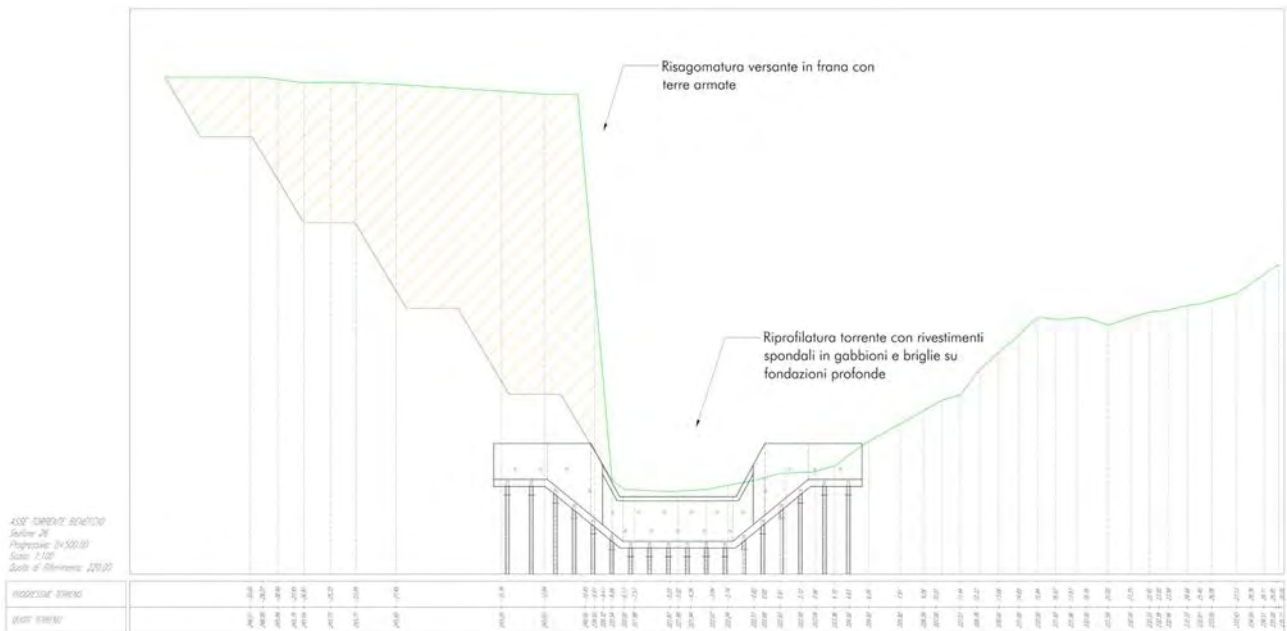


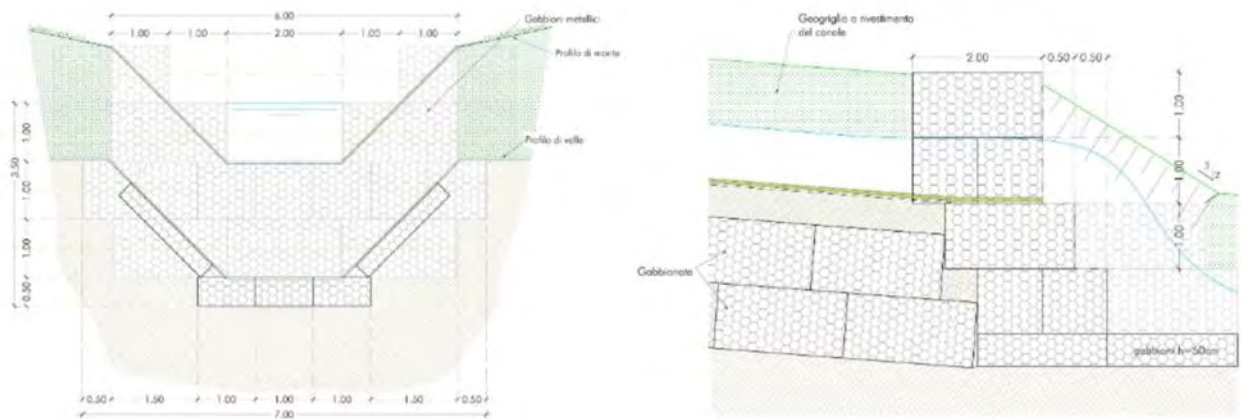
Figura 689 - Pianta e sezione di un tipologico di briglia in calcestruzzo armato su fondazioni profonde.



Figura 69 - Briglia in calcestruzzo armato su fondazioni profonde - Solco del Diavolo, Alta Garfagnana (LU).



**Figura 70 - Sezione tipo con briglia su fondazioni profonde e riprofilatura del versante di monte in terre armate.**



**Figura 71 - Esempi di progettazione di briglie in gabbionate.**



Figura 72- Esempi di realizzazione di briglie in gabbionate riempite con materiale lapideo nei pressi della frana di Montaguto.

In Tabella 15 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

A) Lavori		Globale
A.1	Importo delle opere	€ 9.000.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 180.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 9.180.000,00</b>
B) Somme a disposizione dell'Amministrazione		
B.1	IVA sui Lavori	€ 2.019.600,00
B.2	Imprevisti	€ 496.100,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	€ 79.300,00
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 725.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 3.320.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 12.500.000,00</b>

Tabella 15 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento BE.1.

## **Intervento BE.2 - Ripristino delle zone limitrofe in destra idraulica al torrente Benefizio**

**Ubicazione:** Torrente Benefizio

In continuità con l'intervento BE.1, relativo alla sistemazione idraulica del torrente Benefizio mediante ripristino del fondo alveo, realizzazione di briglie e stabilizzazione delle sponde, si ritiene necessario intervenire anche nelle aree limitrofe in destra idraulica, direttamente influenzate dalle dinamiche erosive del corso d'acqua.

Le condizioni di forte incisione dell'alveo e le elevate velocità di deflusso hanno determinato nel tempo fenomeni diffusi di erosione di sponda e di scalzamento al piede dei versanti, con conseguente arretramento delle scarpate e perdita di stabilità delle aree adiacenti. Tali processi risultano strettamente connessi alla dinamica del torrente e rappresentano un fattore determinante nell'evoluzione dei dissesti, come già evidenziato nell'ambito dell'intervento BE.1.

L'intervento BE.2 è pertanto finalizzato alla stabilizzazione delle zone limitrofe in destra idraulica, attraverso opere integrate in grado di contrastare l'erosione e di migliorare le condizioni di equilibrio del sistema alveo-versante.

In particolare, si prevede:

- la protezione della parte bassa delle sponde mediante gabbioni riempiti con materiale lapideo, con funzione di difesa dall'erosione diretta del flusso;
- la realizzazione di scogliere di protezione lungo le sponde, a sostegno delle scarpate e finalizzate alla stabilizzazione delle sezioni idrauliche;
- interventi di consolidamento della parte alta delle sponde mediante rivestimenti in bioreti, finalizzati alla stabilizzazione delle superfici esposte e al controllo dei fenomeni di erosione superficiale.

L'impiego di gabbionate metalliche riempite con materiale lapideo rappresenta una soluzione tecnica consolidata, già adottata con successo in diversi contesti caratterizzati da dissesti idrogeologici analoghi, tra cui gli interventi realizzati nell'ambito della stabilizzazione della frana di Montaguto (AV), oltre che in corsi d'acqua situati a valle dell'abitato di Niscemi.

Tali opere presentano numerosi vantaggi:

- elevata capacità di adattamento agli assestamenti del terreno;
- buona resistenza all'erosione idraulica;
- possibilità di integrazione con soluzioni di ingegneria naturalistica.

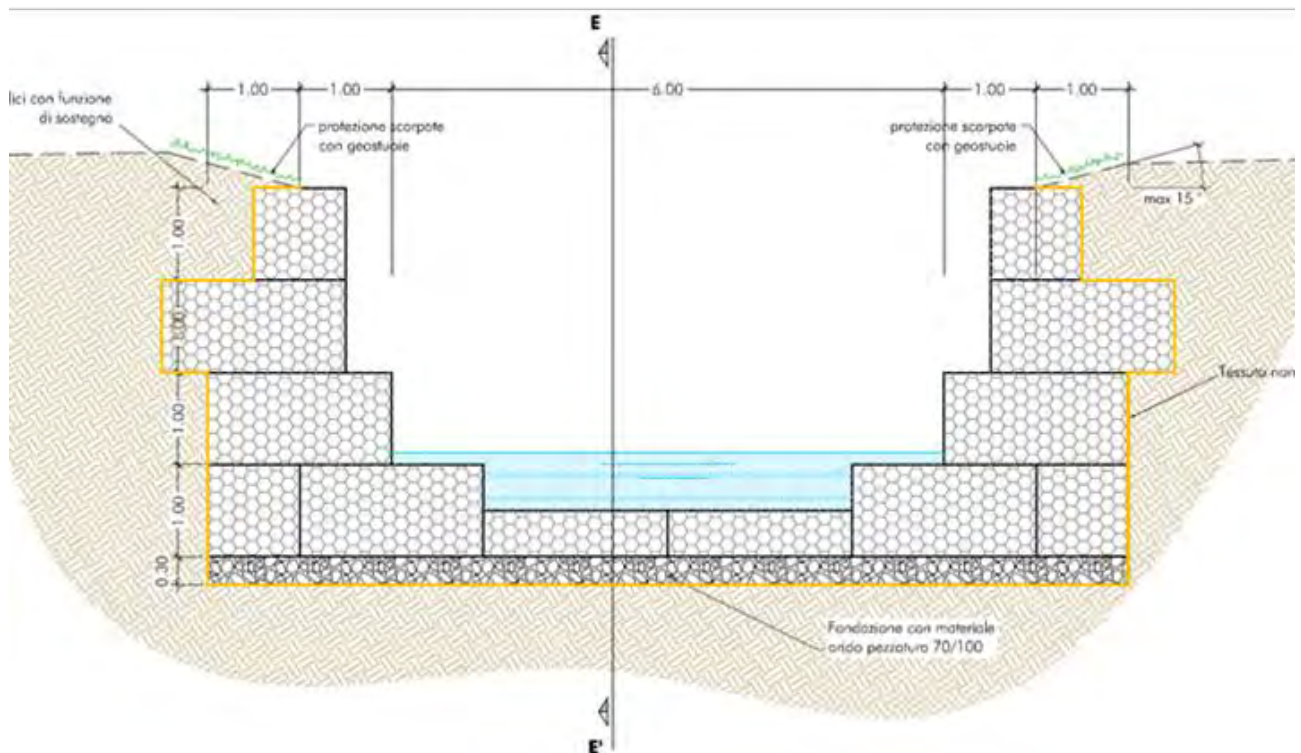
L'intervento consente quindi di ridurre i fenomeni erosivi lungo la sponda destra e di migliorare la stabilità complessiva del versante, in coerenza con le opere previste nell'alveo principale.

Per il presente intervento non sono state previste specifiche indagini in quanto il modello stratigrafico, geotecnico, idrogeologico e sismico del terreno, potrà essere ricostruito utilizzando i dati geognostici acquisiti con le campagne realizzate per gli interventi limitrofi.

Al fine di illustrare lo stato attuale e le contromisure progettuali previste è riportata la documentazione fotografica della sponda in destra idraulica soggetta a forte erosione (Fig. 73). La documentazione illustra inoltre sistemazioni mediante gabbioni riempiti con materiale lapideo (Fig. 74 e Fig. 75) e la sezione di rinforzo spondale tramite scogliere (Fig. 76).



**Figura 73 - Sponda in destra idraulica al torrente Benefizio in forte erosione, da riprofilare mediante impiego di gabbioni e sistemi di protezione dall'erosione superficiale**



**Figura 74 - Sezione tipo di sistemazione alveo e sponde mediante utilizzo di gabbioni riempiti con materiale lapideo.**



**Figura 75 - Sistemazione alveo e sponde mediante utilizzo di gabbioni riempiti con materiale lapideo su un canale della frana di Montaguto.**

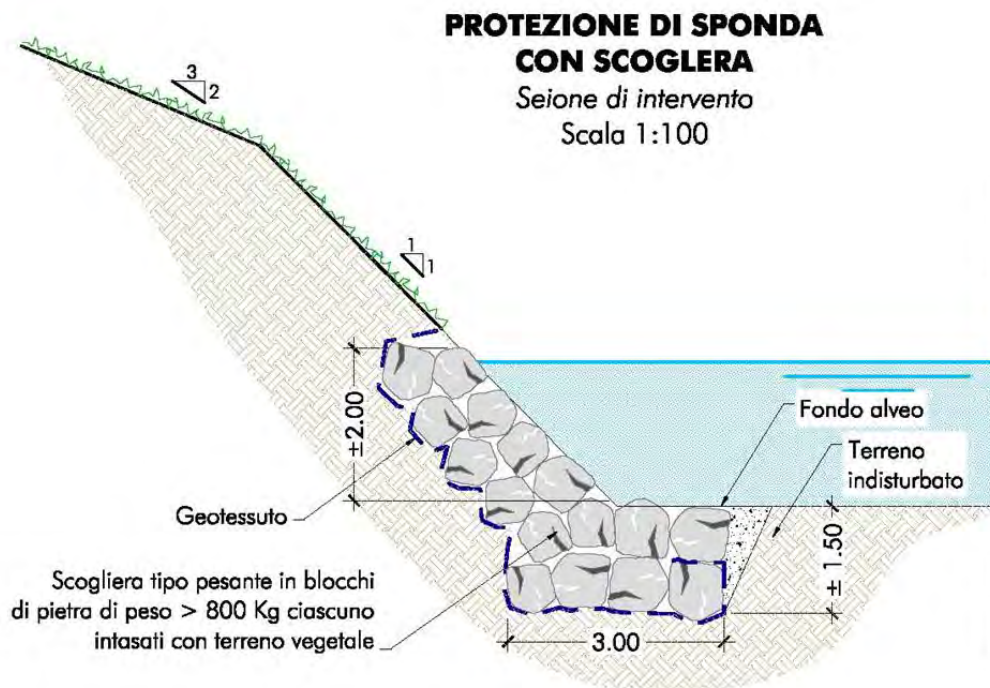


Figura 76 - Sezione tipologica di protezione spondale con scogliera.

In Tabella 16 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

A) Lavori		Globale
A.1	Importo delle opere	€ 1.400.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 40.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 1.440.000,00</b>
B) Somme a disposizione dell'Amministrazione		
B.1	IVA sui Lavori	€ 316.800,00
B.2	Imprevisti	€ 78.200,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	-
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 115.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 510.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 1.950.000,00</b>

Tabella 16 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento BE.2.

## Intervento BE.3 - Ripristino delle zone limitrofe in sinistra idraulica al torrente Benefizio

**Ubicazione:** Torrente Benefizio

Analogamente a quanto previsto per la sponda destra, anche le aree in sinistra idraulica del torrente Benefizio risultano interessate da diffusi fenomeni di erosione e instabilità,

direttamente correlati alla dinamica evolutiva dell'alveo e alle condizioni di forte incisione descritte nell'intervento BE.1.

L'azione erosiva del corso d'acqua ha determinato un progressivo arretramento delle sponde e una riduzione del supporto al piede dei versanti, favorendo l'insorgere di fenomeni di instabilità locale e contribuendo alla degradazione morfologica del pendio. Tali dinamiche risultano particolarmente critiche nelle aree in cui i versanti presentano condizioni di equilibrio già precarie.

L'intervento BE.3 è finalizzato alla riqualificazione e stabilizzazione delle zone limitrofe in sinistra idraulica, attraverso un sistema di opere analoghe a quelle previste in destra, al fine di garantire un approccio unitario e coordinato lungo l'intero tratto del torrente.

In particolare, si prevede:

- la protezione della parte bassa delle sponde mediante gabbioni riempiti con materiale lapideo, per contrastare i fenomeni di erosione di fondo e di sponda;
- la realizzazione di scogliere di protezione lungo le sponde, con funzione di sostegno delle scarpate e stabilizzazione delle sezioni idrauliche;
- interventi di consolidamento superficiale della parte alta delle sponde mediante rivestimenti in bioreti, finalizzati al controllo dell'erosione e al miglioramento della stabilità.

Anche in questo caso, l'utilizzo di gabbionate metalliche rappresenta una soluzione tecnica efficace e già ampiamente sperimentata, come dimostrato dagli interventi realizzati nella frana di Montaguto e in altri contesti analoghi, grazie alla loro capacità di adattarsi agli assestamenti del terreno, alla resistenza all'erosione idraulica e alla possibilità di integrazione con tecniche di ingegneria naturalistica.

L'intervento contribuisce a ristabilire condizioni di equilibrio lungo la sponda sinistra, riducendo i fenomeni erosivi e migliorando la stabilità complessiva del sistema alveo-versante, in sinergia con le opere previste nell'ambito dell'intervento BE.1.

Per il presente intervento non sono state previste specifiche indagini in quanto il modello stratigrafico, geotecnico, idrogeologico e sismico del terreno, potrà essere ricostruito utilizzando i dati geognostici acquisiti con le campagne realizzate per gli interventi limitrofi.

Al fine di definire lo stato della sponda in sinistra e le soluzioni tecniche vengono riportati la documentazione fotografica delle aree soggette a forte erosione (Fig. 77), l'impiego di gabbioni riempiti con materiale lapideo (Fig. 78 e Fig. 79) e le sezioni tipologiche delle scogliere di protezione (Fig. 80).



Figura 77 - Sponda in sinistra idraulica al torrente Benefizio in forte erosione, da riprofilare mediante impiego di gabbioni e sistemi di protezione dall'erosione superficiale.

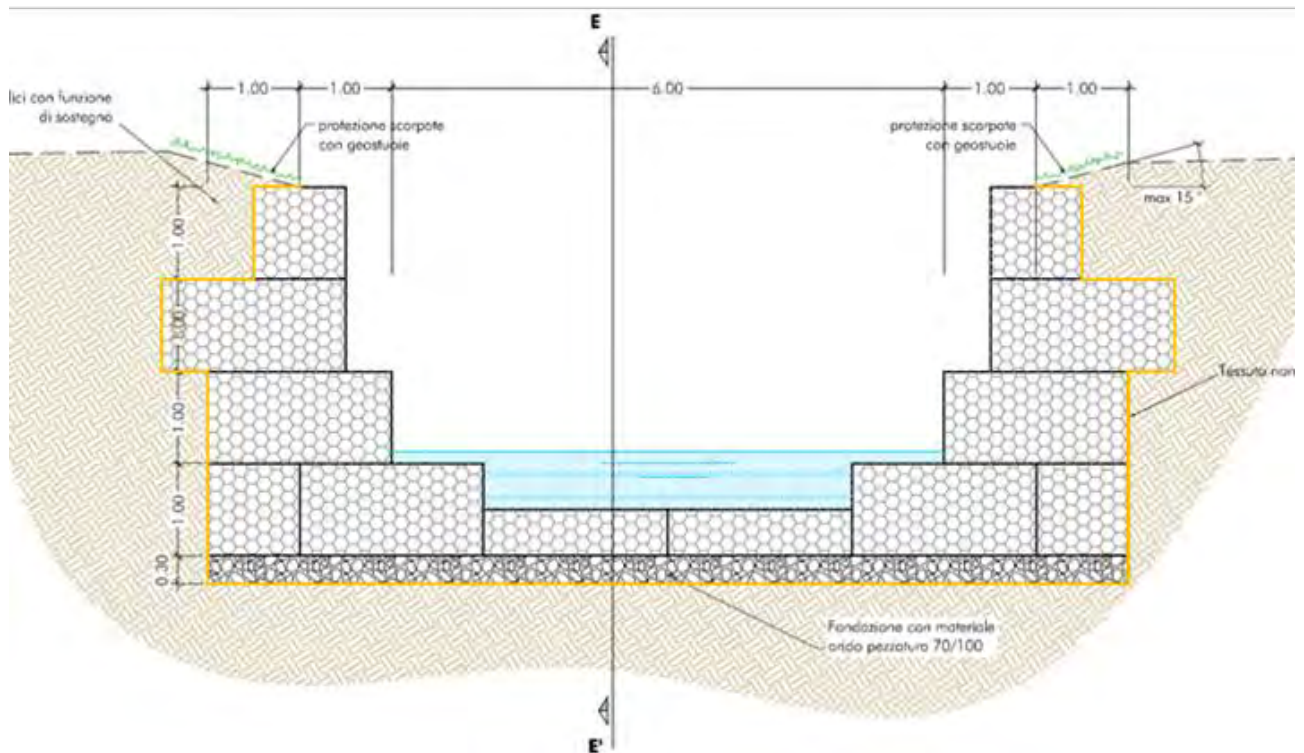


Figura 78 - Sezione tipo di sistemazione alveo e sponde mediante utilizzo di gabbioni riempiti con materiale lapideo.



Figura 79 - Sistemazione alveo e sponde mediante utilizzo di gabbioni riempiti con materiale lapideo su un canale della frana di Montaguto.

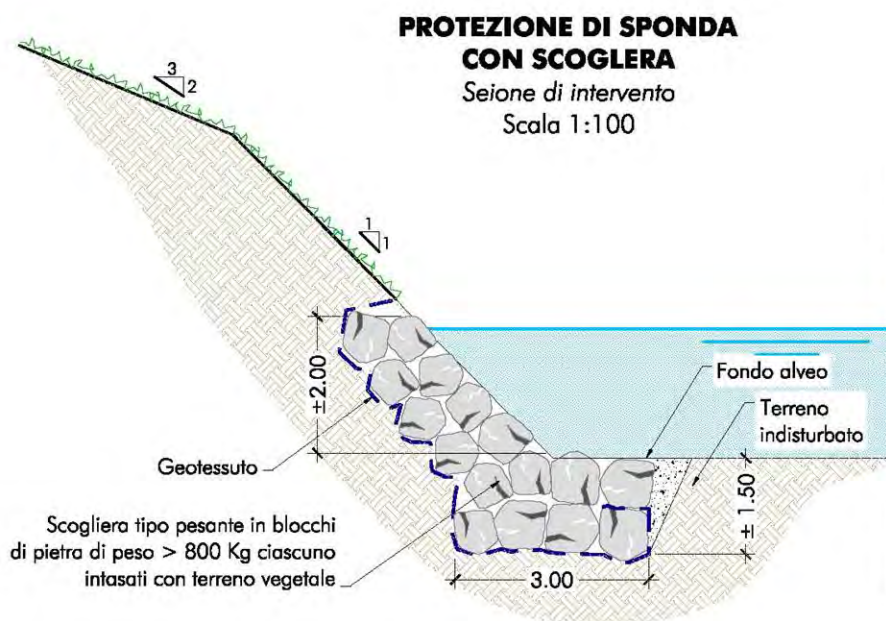


Figura 8010 - Sezione tipologica di protezione spondale con scogliera.

In Tabella 17 è riportata una stima sintetica dei costi che include sia l'importo dei lavori e degli oneri per la sicurezza, sia le somme a disposizione dell'Amministrazione.

<b>A) Lavori</b>		<b>GLOBALE</b>
A.1	Importo delle opere	€ 1.400.000,00
A.2	Oneri per la sicurezza	€ 40.000,00
	<b>Totale</b>	<b>€ 1.440.000,00</b>
<b>B) Somme a disposizione dell'Amministrazione</b>		
B.1	IVA sui Lavori	€ 316.800,00
B.2	Imprevisti	€ 78.200,00
B.3	Indagini geognostiche - Comprensive di IVA	-
B.4	Spese tecniche e incentivi - Comprensive di Contributi e IVA	€ 115.000,00
	<b>Totale somme a disposizione</b>	<b>€ 510.000,00</b>
	<b>SOMMA</b>	<b>€ 1.950.000,00</b>

Tabella 17 - Ipotesi di quadro economico di massima dell'intervento BE.3.

## 5.6 Interventi nel Centro Abitato (AB)

### Intervento AB.1 - Adeguamento del sistema fognario

**Ubicazione:** Centro Abitato

Come già segnalato gli interventi relativi al sistema fognario e al drenaggio urbano nel centro abitato di Nisce mi sono attuati dal Commissario Straordinario Unico per la depurazione ex DPCM 11 maggio 2020.

I processi erosivi che interessano i versanti a sud e a ovest dell'abitato risultano fortemente condizionati dall'apporto incontrollato di acque meteoriche e reflue provenienti dall'area urbanizzata. L'immissione diffusa di tali acque nel sottosuolo ha determinato nel tempo un incremento dei livelli di falda nei terreni superficiali e nei livelli sabbiosi più permeabili, con conseguente aumento delle pressioni interstiziali e riduzione della resistenza al taglio, favorendo l'innescò e l'evoluzione dei fenomeni di dissesto.

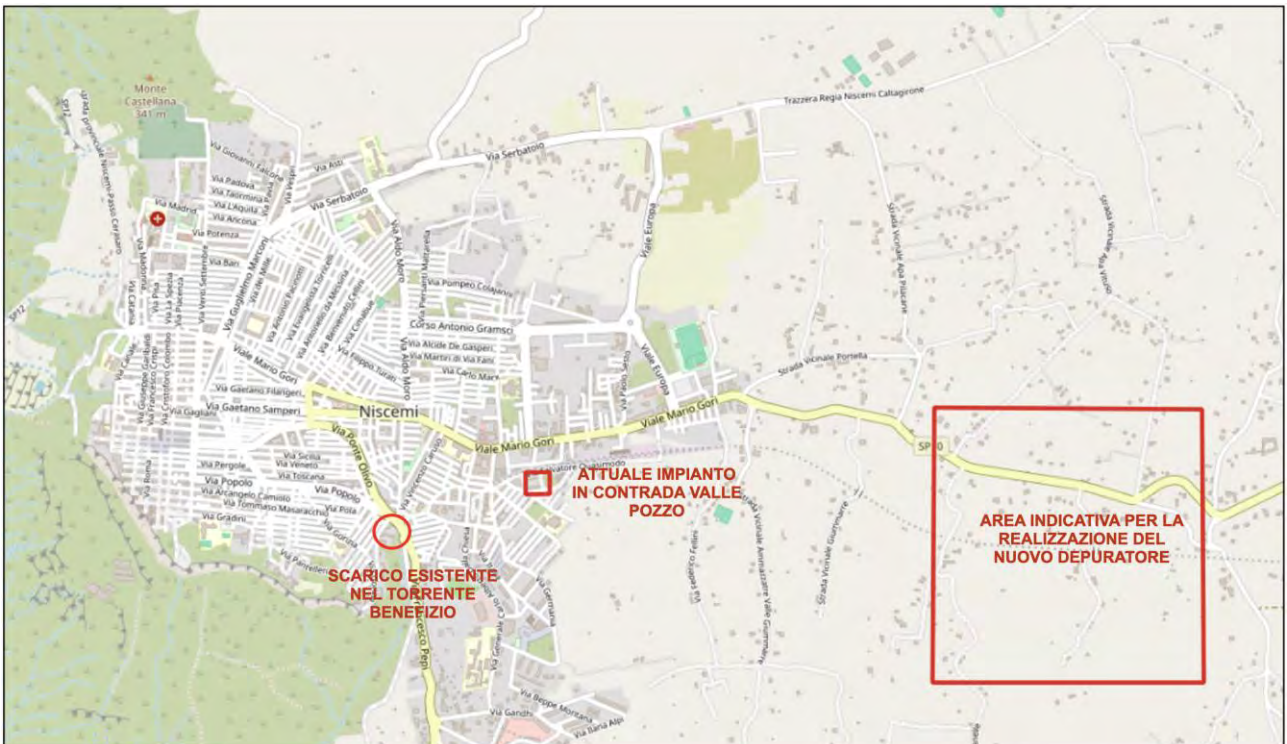
Le principali criticità sono riconducibili alla mancata o incompleta regimazione delle acque, allo stato di conservazione della rete e all'assenza di un sistema adeguato di trattamento delle acque reflue. In diversi tratti i collettori presentano perdite diffuse, che determinano infiltrazioni incontrollate nel sottosuolo e contribuiscono all'alimentazione idrica dei versanti instabili. Persistono inoltre scarichi non censiti o non controllati, tra cui un recapito diretto nel torrente Benefizio mediante un canale a sezione aperta (Fig. 81).

È prevista la realizzazione di un nuovo impianto di depurazione in contrada Fontana del Conte, alimentato anche tramite un collettore principale proveniente dall'area dell'attuale impianto di contrada Valle Pozzo, non più adeguato. Parallelamente, dovrà essere sviluppata una rete

organica di collettori per la raccolta e il convogliamento delle acque meteoriche e reflue (Fig. 82).



**Figura 81- Canale esistente di scarico in c.a. a sezione aperta nel torrente Benefizio.**



**Figura 82 - Planimetria dell'abitato di Niscemi con localizzazione degli impianti di depurazione.**

In via preliminare sarà necessario procedere a un censimento dettagliato delle infrastrutture esistenti, finalizzato alla ricostruzione del tracciato dei collettori, alla verifica delle condizioni

strutturali e alla valutazione della loro funzionalità. I nuovi collettori principali potranno essere realizzati lungo le principali direttrici viarie, utilizzando la viabilità esistente come corridoio infrastrutturale.

La riorganizzazione del sistema fognario, basata sulla separazione tra acque meteoriche e reflue e sul convogliamento controllato dei deflussi verso recapiti idraulici in aree stabili o verso l'impianto di depurazione, consentirà di ridurre significativamente gli apporti idrici nel sottosuolo, favorire l'abbassamento del livello piezometrico e limitare le variazioni rapide del carico idraulico durante eventi meteorici intensi. Potranno inoltre essere realizzati bacini di laminazione e sistemi di accumulo per il riutilizzo delle acque meteoriche.

## **Intervento AB.2 - Adeguamento rete acquedottistica**

**Ubicazione:** Centro Abitato

Come già detto in un apposito paragrafo, gli interventi sulla rete acquedottistica sono a carico dal gestore del servizio idrico.

Le perdite della rete idrica rappresentano una fonte significativa di infiltrazione nel sottosuolo urbano, contribuendo localmente alla saturazione dei terreni e al peggioramento delle condizioni di stabilità dei versanti. In ambito urbano, tali perdite possono raggiungere valori rilevanti rispetto ai volumi immessi in rete, con una quota significativa attribuibile alla rete di distribuzione.

Gli interventi sono finalizzati alla riduzione delle perdite e al miglioramento dell'efficienza del sistema. Tra le azioni previste rientra la regolazione delle pressioni di esercizio mediante l'installazione di riduttori di pressione nei settori della rete in cui le condizioni altimetriche lo consentano, al fine di diminuire le sollecitazioni sulle condotte e limitare le dispersioni.

Nei casi in cui sia necessario garantire l'approvvigionamento di utenze poste a quote più elevate, la pressione potrà essere ristabilita mediante l'installazione di gruppi di pompaggio. Ulteriori interventi riguarderanno la ricerca sistematica delle perdite attraverso la suddivisione della rete in distretti e l'isolamento progressivo dei tratti mediante manovre sulle saracinesche, così da individuare le dispersioni anomale e procedere alle necessarie operazioni di riparazione.

Nel complesso, tali azioni contribuiranno a ridurre gli apporti idrici non controllati nel sottosuolo e a migliorare le condizioni di stabilità dell'area.

## **5.7 Sistema di monitoraggio finalizzato agli interventi**

Nel richiamare quanto già riportato nel paragrafo 3.2, in questa sezione vengono brevemente descritte le principali tipologie di monitoraggio che si ritengono indispensabili per supportare

le fasi di progettazione e di verifica dell'efficacia delle opere strutturali di mitigazione del rischio.

Nella fase di progettazione (*ante operam*), l'acquisizione in continuo dei dati idro-meteorologici e geotecnici permetterà di definire con maggior accuratezza il modello idrogeologico del versante. Correlando le precipitazioni (*input* pluviometrico) con le risposte della falda (*output* piezometrico) e le portate superficiali, sarà quindi possibile quantificare i picchi transitori delle pressioni interstiziali e le linee di flusso interne alle masse in frana.

Questo set di dati sito-specifici fornirà i parametri quantitativi necessari per dimensionare, posizionare alla corretta profondità e calibrare idraulicamente i sistemi di captazione (gallerie, pozzi, dreni).

Parallelamente, la medesima rete sensoristica manterrà un ruolo cruciale nella fase di esercizio (*post-operam*). Il mantenimento in operatività dei piezometri e dei misuratori di portata rappresenta l'unico strumento ingegneristico oggettivo per certificare la reale efficacia delle opere eseguite. Misurando fisicamente l'effettivo abbattimento del livello di falda, l'assenza di picchi di pressione a seguito di piogge intense e la contestuale riduzione dei tassi di spostamento del terreno, sarà possibile collaudare e validare nel tempo il raggiungimento degli obiettivi di stabilizzazione previsti dal progetto, ottimizzando contestualmente i futuri piani di implementazione e manutenzione delle reti drenaggio.

Un'altra fonte di informazioni fondamentali di supporto alla progettazione è costituita dai dati di monitoraggio radar interferometrico da satellite, che, oltre a consentire una dettagliata caratterizzazione spazio-temporale delle deformazioni in atto e a segnalare eventuali situazioni di criticità, anche in relazione alla perimetrazione della fascia di interdizione (*ante operam*), permetterà di osservare in dettaglio gli eventuali effetti dovuti allo scavo delle gallerie drenanti (*corso d'opera*) e di verificare su vasta scala gli effetti delle opere di mitigazione sulla stabilità dei versanti (*post operam*).

Alla luce delle opere strutturali ipotizzate, si prevede quindi di supportare il programma degli interventi con le seguenti tipologie di sensori di monitoraggio, da integrarsi con tutta la strumentazione generale prevista per la gestione adattativa del rischio e l'allertamento nell'ambito degli interventi non strutturali di prevenzione del rischio:

- interferometria radar satellitare;
- stazione meteorologica;
- piezometri;
- colonne multiparametriche;
- idrometri;
- misuratori di portata (flussimetri).

Tutta la strumentazione (con la logica eccezione dei misuratori di portata all'interno delle gallerie drenanti) dovrà essere installata il prima possibile, in modo da poter disporre di un congruo set di dati storici in base al quale calibrare, laddove necessario, la posizione e la geometria delle opere di drenaggio previste e di definire un livello piezometrico di riferimento

in funzione della stagionalità tale da consentire poi la valutazione dell'efficacia delle opere realizzate (*post operam*).

Di seguito si descrivono sinteticamente le caratteristiche dei sensori proposti e le finalità di ciascuna tipologia di monitoraggio. La localizzazione indicativa di installazione dei sensori è riportata in Fig. 83.

Per quanto riguarda la stazione meteorologica che, oltre ad altri parametri ambientali di indubbia utilità, permette di misurare la quantità di precipitazione nel tempo, si segnala che ne è stata recentemente installata una in corrispondenza del centro abitato su commissione della Regione Siciliana.

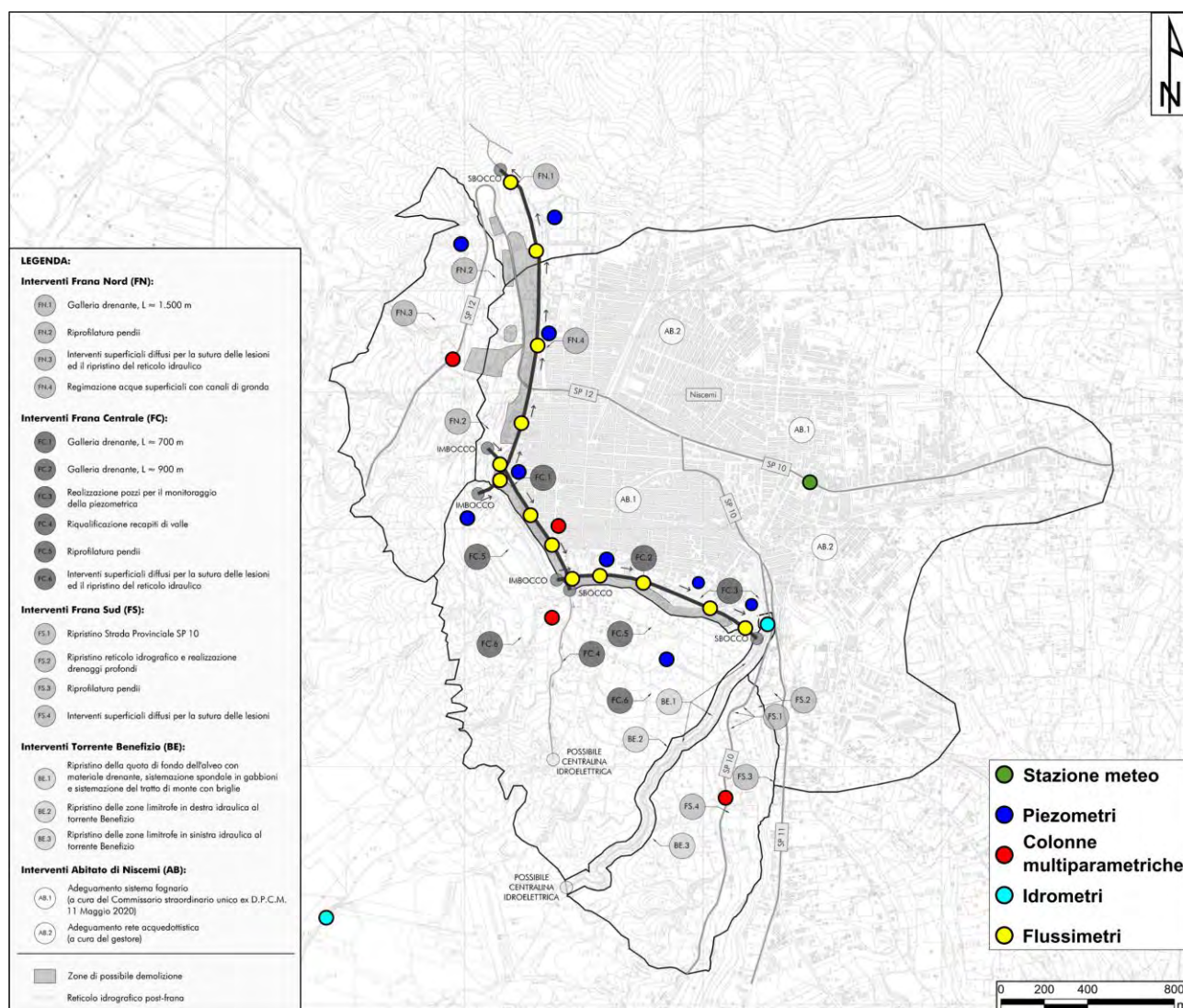


Figura 83 - Localizzazione dei sensori di monitoraggio proposti per il supporto agli interventi strutturali di mitigazione.

Si prevede inoltre di installare un totale di 9 piezometri di tipo a corda vibrante, la cui localizzazione indicativa è riportata in Fig. 83. Per ciascuna verticale verranno attrezzate tre posizioni di misura a diverse profondità, con l'intento di misurare le pressioni neutre in corrispondenza di:

- livello sabbioso subito sopra al contatto con le argille;
- livello argilloso fra il contatto con le sabbie e il livello debole ipotizzato;
- livello debole ipotizzato.

La profondità ottimale per ciascuna posizione di misura verrà definita incrociando il modello geologico realizzato sulla base dei sondaggi ad oggi disponibili con le risultanze delle indagini che saranno effettuate come supporto alla progettazione delle opere e delle evidenze dirette provenienti dalla verticale di installazione.

A livello indicativo, si forniscono di seguito le profondità massime in funzione della posizione di installazione:

- 100 -120 m per i 6 piezometri ubicati nell'area dell'abitato, subito a monte delle gallerie drenanti;
- 80 -100 m per i 2 piezometri installati all'interno della Frana Centrale;
- 60 m per il piezometro installato all'interno della Frana Nord.

Le colonne multiparametriche rappresentano l'evoluzione avanzata del monitoraggio in foro, concepite come catene di moduli intelligenti collegati tra loro in modo robusto e flessibile, che consente di seguire un movimento profondo anche per grandi deformazioni. Ogni segmento agisce in modo indipendente, integrando sensori inerziali per rilevare spostamenti millimetrici e inclinazioni su tre assi, oltre a trasduttori per la pressione e la temperatura. A differenza dei sistemi statici, la struttura a colonna permette di ricostruire un profilo continuo della deformata del terreno lungo tutta la sua profondità. Questa configurazione è ideale anche per i sistemi di allertamento rapido, poiché rileva in tempo reale la propagazione di una superficie di rottura sotterranea e la correla immediatamente con le variazioni della falda acquifera locale.

Nello specifico, si prevede di installare un totale di 4 colonne multiparametriche, con passo di misura pari a 2 m, distribuite come riportato in Fig. 83, e aventi le seguenti caratteristiche:

- 1 colonna all'interno della Frana Nord, fino a una profondità di 60 m;
- 1 colonna all'interno della Frana Centrale, fino a una profondità di 100 m;
- 1 colonna all'interno della Frana Sud, fino a una profondità di 50 m;
- 1 colonna nell'area del centro abitato, subito a monte della galleria drenante centrale, fino a una profondità di 120 m.

Lungo l'asta del torrente Benefizio si propone di installare 2 idrometri dotati di sensore radar per la misura in continuo del livello dell'acqua, il primo in corrispondenza dello scatolare di uscita del tombamento nei pressi del centro abitato, l'altro nell'area pianeggiante a valle del tratto calanchivo.

Infine, in corrispondenza di altrettanti tratti di tubazione all'interno delle gallerie drenanti verranno installati 13 sensori di portata del tipo flussimetri a ultrasuoni con installazione esterna "*Clamp-on*".

La scelta di questa tipologia di trasduttori è motivata dal fatto che questi ultimi riducono drasticamente i tempi e i costi di installazione, mediante fissaggio diretto sul tubo tramite binari

e cinghie in acciaio. Il modello specifico di sensore verrà individuato una volta noto il diametro di progetto della tubazione di drenaggio.

Come riportato in Fig. 83, l'interdistanza fra i flussimetri varierà fra 150 m e 250 m circa, in modo da permettere di apprezzare il contributo al drenaggio totale dei singoli tratti di galleria.

Per quanto riguarda il monitoraggio radar interferometrico da satellite, verranno utilizzati congiuntamente dati derivanti dall'elaborazione periodica delle immagini radar satellitari della costellazione italiana COSMO-SkyMed dell'ASI e della costellazione Sentinel-1 del progetto europeo *Copernicus* finanziata dall'ESA. Le immagini acquisite in entrambe le orbite (ascendente e discendente) da entrambe le costellazioni satellitari saranno elaborate mediante tecnica interferometrica multi-temporale.

Una stima indicativa dei costi relativi alle attività di monitoraggio necessarie per la progettazione e la verifica dell'efficacia delle opere strutturali di mitigazione del rischio è riportata in Tabella 18.

<b>Strumento</b>	<b>Costo (€)</b>
Monitoraggio radar satellitare	240.00,00
Stazione meteorologica	10.000,00
Piezometri	220.000,00
Colonne multiparametriche	610.000,00
Idrometri	25.000,00
Misuratori di portata (Flussimetri)	125.000,00
<b>TOTALE</b>	<b>1.230.000,00</b>

**Tabella 18 - Quadro economico del sistema di monitoraggio finalizzato agli interventi.**

Sempre in tema di indagini e monitoraggi e dei relativi costi, si ribadisce l'opportunità che già a partire da questa fase programmatoria, le attività di cui all'articolo 17 dell'Ordinanza del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 1180 del 2026, in capo al Commissario delegato – Presidente della Regione Siciliana ai sensi dell'articolo 1 della stessa OCDPC, che vedono come Soggetto Attuatore il Dipartimento Regionale della Protezione Civile, tengano opportunamente conto di quanto a tal proposito indicato ed anche cartografato nel presente programma, al fine di evitare contraddizioni tecnico-operative e duplicazioni di costi.

## **5.8 Quadro economico complessivo degli interventi**

Il quadro economico complessivo degli interventi è illustrato in Tabella 19, dove sono indicati nelle colonne:

- gli identificativi degli interventi;
- l'importo dei lavori stimati parametricamente;

- l'importo delle indagini per l'acquisizione degli elementi necessari per procedere alla progettazione di fattibilità tecnico-economica;
- la previsione a livello di quadro economico globale che prende in considerazione anche le restanti voci delle cosiddette somme a disposizione dei soggetti attuatori (imposte, imprevisti e spese tecniche).

Settore	Elenco interventi	Importo dei lavori	Importo indagini	Importo dell'intervento
Frana Nord	FN.1	€ 10.100.000,00	€ 335.500,00	€ 14.100.000,00
	FN.2	€ 2.860.000,00	€ 103.700,00	€ 4.000.000,00
	FN.3	€ 2.550.000,00	€ 73.200,00	€ 3.550.000,00
	FN.4	€ 460.000,00	-	€ 650.000,00
	<b>Totale Frana Nord</b>	<b>€ 15.970.000,00</b>	<b>€ 512.400,00</b>	<b>€ 22.300.000,00</b>
Frana Centrale	FC.1	€ 5.750.000,00	€ 213.500,00	€ 8.050.000,00
	FC.2	€ 6.350.000,00	€ 280.600,00	€ 8.950.000,00
	FC.3	€ 710.000,00	€ 317.200,00	€ 1.300.000,00
	FC.4	€ 2.250.000,00	€ 18.300,00	€ 3.100.000,00
	FC.5	€ 2.250.000,00	€ 67.100,00	€ 3.150.000,00
	FC.6	€ 2.050.000,00	€ 36.600,00	€ 2.850.000,00
	<b>Totale Frana Centrale</b>	<b>€ 19.360.000,00</b>	<b>€ 933.300,00</b>	<b>€ 27.400.000,00</b>
Frana Sud	FS.1	€ 1.360.000,00	€ 67.100,00	€ 1.950.000,00
	FS.2	€ 740.000,00	€ 36.600,00	€ 1.050.000,00
	FS.3	€ 720.000,00	€ 67.100,00	€ 1.100.000,00
	FS.4	€ 2.350.000,00	€ 36.600,00	€ 3.250.000,00
	<b>Totale Frana Sud</b>	<b>€ 5.170.000,00</b>	<b>€ 207.400,00</b>	<b>€ 7.350.000,00</b>
Torrente Benefizio	BE.1	€ 9.180.000,00	€ 79.300,00	€ 12.500.000,00
	BE.2	€ 1.440.000,00		€ 1.950.000,00
	BE.3	€ 1.440.000,00		€ 1.950.000,00
	<b>Totale Benefizio</b>	<b>€ 12.060.000,00</b>	<b>€ 79.300,00</b>	<b>€ 16.400.000,00</b>
Monitoraggio	Piano di Monitoraggio	€ 1.230.000,00	€ 0,00	€ 1.550.000,00
<b>TOTALE</b>		<b>€ 53.790.000,00</b>	<b>€ 1.732.400,00</b>	<b>€ 75.000.000,00</b>

Tabella 19 - Quadro economico complessivo degli interventi.

## 5.9 Scala di priorità

La filosofia della proposta d'intervento è principalmente quella della preventiva limitazione delle cause che innescano gli eventi per poi procedere a gradualri ripristini.

L'analisi della situazione ha consentito di individuare quali elementi essenziali in termini di cause d'innescio le circolazioni idriche all'interno dei corpi di frana (prevalentemente in direzione nord-sud/sud-ovest), responsabili dell'incremento delle pressioni interstiziali, e i fenomeni di erosione ed instabilità delle sponde del torrente Benefizio, che costituiscono il piede delle frane denominate "Centrale" e "Sud"; ulteriori cause che contribuiscono all'aggravio della situazione sono le regimazioni delle acque afferenti al centro abitato della città sia in termini di fognatura bianca sia di ottimizzazione della rete acquedottistica in termini di riduzione delle perdite. Questi elementi determinano la priorità massima (priorità 1 nel prospetto che segue) riguardo all'attuazione del piano proposto.

Poiché gli interventi caratterizzati dalla priorità 1 dovrebbero portare al conseguimento di risultati apprezzabili riguardo al raggiungimento di un equilibrio più stabile e affidabile della zona in frana, si potranno poi eseguire gli interventi di priorità 2 (generalmente ripristini nel reticolo idrografico e di regimazione delle acque superficiali con integrazione di sistemi di drenaggio anche profondi) e quelli di priorità 3 (generalmente interventi sui pendii a valle del movimento principale).

Ne risulta il prospetto riportato in Tabella 20.

Id.	Titolo	Ambito	Priorità
	Programma di monitoraggio	Tutti	1
AB.1	Adeguamento sistema fognario	Abitato di Niscemi	
AB.2	Adeguamento rete acquedottistica	Abitato di Niscemi	
FC.1	Galleria drenante, L≈700 m	Frana Centrale	
FC.2	Galleria drenante, L≈900 m	Frana Centrale	
FC.3	Realizzazione pozzi per il monitoraggio della piezometrica	Frana Centrale	
FN.1	Galleria drenante, L≈1500 m	Frana Nord	
FS.1	Ripristino Strada Provinciale SP10	Frana Sud	
BE.1	Ripristino della quota di fondo, sistemazione spondale e del tratto di monte	Torrente Benefizio	
FC.4	Riqualificazione recapiti di valle	Frana Centrale	
FN.4	Regimazione acque superficiali con canali di gronda	Frana Nord	
FS.2	Ripristino reticolo idrografico e realizzazione drenaggi profondi	Frana Sud	
BE.2	Ripristino delle zone limitrofe in destra idraulica al torrente Benefizio	Torrente Benefizio	
BE.3	Ripristino delle zone limitrofe in sinistra idraulica al torrente Benefizio	Torrente Benefizio	3
FC.5	Riprofilatura pendii	Frana Centrale	
FC.6	Interventi diffusi per la sutura delle lesioni e il ripristino del reticolo idraulico	Frana Centrale	
FN.2	Riprofilatura pendii	Frana Nord	
FN.3	Interventi diffusi per la sutura delle lesioni e il ripristino del reticolo idraulico	Frana Nord	
FS.3	Riprofilatura pendii	Frana Sud	
FS.4	Interventi diffusi per la sutura delle lesioni	Frana Sud	

**Tabella 20 - Scala di priorità degli interventi.**

Come già anticipato nel capitolo 2, qualora sia certificata l'esigenza di avviare un intervento ritenuto di particolare urgenza, si procederà nell'attuazione dello stesso nelle more

dell'approvazione del presente programma da parte del Consiglio dei Ministri così come previsto dal comma 3 dell'art. 15 del citato decreto legge. Analogamente, se dopo l'approvazione del programma dovesse verificarsi l'eventualità di dover accelerare l'esecuzione di un intervento di priorità inferiore, si procederà in tal senso dando immediato avvio al relativo procedimento di appalto.

Inoltre l'attuazione degli interventi del presente programma non potrà non tener conto di quanto previsto dall'altra linea di programmazione di cui all'art.15 comma del decreto legge n. 25/2026, cioè quella riguardante gli interventi di demolizione degli edifici, pubblici e privati, rientranti nell'area di frana e nella fascia di rispetto perimetrata sulla base delle analisi e delle indagini geologiche, geotecniche e di monitoraggio strumentale.

IL COMMISSARIO STRAORDINARIO

Fabio Ciciliano