



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PRESIDÈNZIA
PRESIDENZA
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Piano di gestione del rischio di alluvioni

secondo ciclo di pianificazione

**I principali eventi alluvionali
recenti in Sardegna**
Vol. 7 di 7



**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

PRESIDÈNZIA
PRESIDENZA
AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA SARDEGNA

Autorità di Bacino della Sardegna

DIREZIONE GENERALE DELL'AGENZIA REGIONALE DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SARDEGNA

Direttore Generale: Antonio Sanna

Direttore del Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni: Marco Melis

Coordinamento tecnico-amministrativo: Gianluigi Mancosu

Coordinamento operativo: Luisa Manigas

Elaborazioni GIS: Gian Luca Marras

Gruppo di lavoro: Giuseppe Canè, Piercarlo Ciabatti, Nicoletta Contis, Andrea Lazzari, Giovanni Luise, Maria Antonietta Murru Perra, Michela Olivari, Alessandra Pillai, Corrado Sechi, Riccardo Todde

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI – Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura

Responsabile Scientifico: Giovanni Maria Sechi

Elaborazioni GIS: Giovanni Cocco

Gruppo di lavoro: Alessio Cera, Clorinda Cortis, Pino Frau, Saverio Liberatore, Mauro Piras, Emanuela Sassu

Con il contributo, per le parti di competenza, di:

DIREZIONE GENERALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

Direttore Generale: Antonio Pasquale Belloi

Direttore del Servizio pianificazione e gestione delle emergenze: Mauro Merella

Direttore del Servizio previsione rischi e dei sistemi informativi, infrastrutture e reti: Federico Ferrarese Ceruti

Gruppo di lavoro: Salvatore Cinus, Daniela Pani, Fabrizia Soi, Antonio Usai.

DIREZIONE GENERALE DEI LAVORI PUBBLICI

Direttore Generale: Piero Dau

Direttore del Servizio opere idriche e idrogeologiche: Costantino Azzena

Gruppo di lavoro: Roberta Daino, Alberto Spano

Il presente documento costituisce un elaborato del Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) della Sardegna aggiornato per il Secondo ciclo di pianificazione. Come meglio illustrato nella premessa, il presente elaborato integra e aggiorna i contenuti del corrispondente elaborato facente parte della prima stesura del PGRA, che è stata oggetto di approvazione con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino regionale della Sardegna n. 2 del 15/3/2016 e con DPCM del 27 ottobre 2016 (GURI n. 30 del 6 febbraio 2017).

Per tutti gli approfondimenti: www.regione.sardegna.it/pianogestionerischioalluvioni



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



Valutazione delle criticità e
delle condizioni di rischio residuo
in corrispondenza dell'abitato di Bitti (NU)
a seguito dell'evento calamitoso
del 28 novembre 2020



Accordo triennale 2019-2021
con: Dipartimento della Protezione Civile

Firenze, 7 dicembre 2020

Responsabile del progetto

Prof. Nicola CASAGLI

Gruppo di lavoro

Prof. Giovanni GIGLI

Dott. Massimiliano NOCENTINI

TAVOLA DEI CONTENUTI

1	INTRODUZIONE	5
2	DESCRIZIONE DELL'EVENTO	6
3	CRITICITÀ OSSERVATE.....	9
3.1	IMPLUVI	9
3.2	RETICOLO IDROGRAFICO NEL CENTRO ABITATO	14
3.3	FRANE.....	24
3.4	AREE INONDABILI – MAPPA DI SINTESI	29
3.5	ALTRE CRITICITÀ.....	30
4	RISCHIO RESIDUO E CONSIDERAZIONI FINALI	32

1 Introduzione

A seguito dell'intenso evento meteorologico del 28 novembre 2020 che ha colpito l'abitato di Bitti in provincia di Nuoro causando tre vittime ed ingenti danni sia all'abitato che alle relative infrastrutture, il personale del Centro per la Protezione Civile dell'Università di Firenze (CPC-Unifi) ha effettuato, su incarico del Dipartimento Nazionale della Protezione Civile (DPC), una serie di sopralluoghi nell'area interessata dai dissesti, con lo scopo di esaminare lo stato dei luoghi, al fine di valutare le principali condizioni di criticità di natura idrogeologica presenti e, conseguentemente, quelle di rischio residuo.

Il presente documento riassume le osservazioni e le considerazioni emerse da detti sopralluoghi, che si sono svolti nei giorni 3 e 4 dicembre 2020 alla presenza di professionisti locali incaricati dal Comune e di personale del DPC, dell'azienda SOGESID e del Genio Civile di Nuoro.

2 Descrizione dell'evento

La conformazione del nucleo abitativo di Bitti (Figura 1) segue principalmente la morfologia del reticolo idrografico condizionato dalla presenza del rio Cuccureddu, che scorre con direzione prevalente da S verso N e del rio Giordano, con direzione prevalente da E verso O. Dopo la loro confluenza il corso d'acqua assume la denominazione di rio Podda.

Sia il rio Cuccureddu che il rio Giordano presentano un regime torrentizio. In particolare, il bacino del rio Cuccureddu a monte del centro abitato, sebbene di dimensioni molto limitate (< 1 km²), presenta pendenze molto elevate, che si traducono in tempi di corrivazione estremamente ridotti e, in occasione di eventi meteorici estremi, portate elevate e molto concentrate in corrispondenza delle aste principali.

All'interno dell'area edificata e delle porzioni limitrofe, ampi tratti di questi corsi d'acqua, nel tempo, sono stati progressivamente sostituiti da sezioni tombate artificialmente, realizzate con geometrie e materiali non omogenei nelle varie attuazioni.

L'altitudine media dell'abitato si attesta sui 550 m s.l.m., mentre i terreni affioranti appartengono alla Unità intrusiva di Bitti costituita nella zona di interesse da tonaliti da granodioritiche a quarzodioritiche.



Figura 1. Immagine aerea tratta da Google Earth del centro abitato di Bitti.

Dallo ietogramma relativo ai dati acquisiti presso la stazione di Bitti si può osservare come l'evento pluviometrico principale (quasi 300 mm) si sia concentrato nella fascia oraria 00.00-9.30 ed abbia raggiunto, al termine di questa, picchi di intensità di oltre 18 mm / 15 min. Le precipitazioni, sebbene con intensità molto ridotta, sono proseguite fino al pomeriggio (Figura 2). Tali dati (non ancora validati) sono stati forniti dalla Struttura del Commissario di governo contro il dissesto idrogeologico (decreto legge n. 133 del 12 settembre 2014 art. 7, comma 2).

Come conseguenza di tale evento meteorico, già dalle primissime ore della mattinata il centro abitato è stato invaso dall'acqua proveniente dal reticolo idrografico di monte. Le portate sono progressivamente aumentate fino al picco sopra citato, durante il quale le eccessive pressioni all'interno dei condotti tombati hanno provocato in più punti alla locale rottura di questi ultimi; l'energia in corrispondenza degli impluvi che recapitano l'acqua all'interno del paese ha permesso il trasporto di un'ingente quantità di detriti, anche grossolani, che hanno portato all'intasamento dei canali tombati in più punti e all'ulteriore conseguente incremento di trasporto liquido e solido all'interno del centro abitato.

Come conseguenza di tutto ciò si sono registrate 3 vittime ed ingenti danni alle infrastrutture del paese (Figura 3 e Figura 4).

L'area in oggetto è stata già colpita dall'evento alluvionale del 18 novembre 2013, che aveva causato diffusi allagamenti nel centro urbano, mettendo in luce l'inadeguatezza delle opere idrauliche esistenti. A seguito di tale evento erano stati effettuati alcuni lavori di ripristino e di adeguamento delle porzioni di opere maggiormente danneggiate.

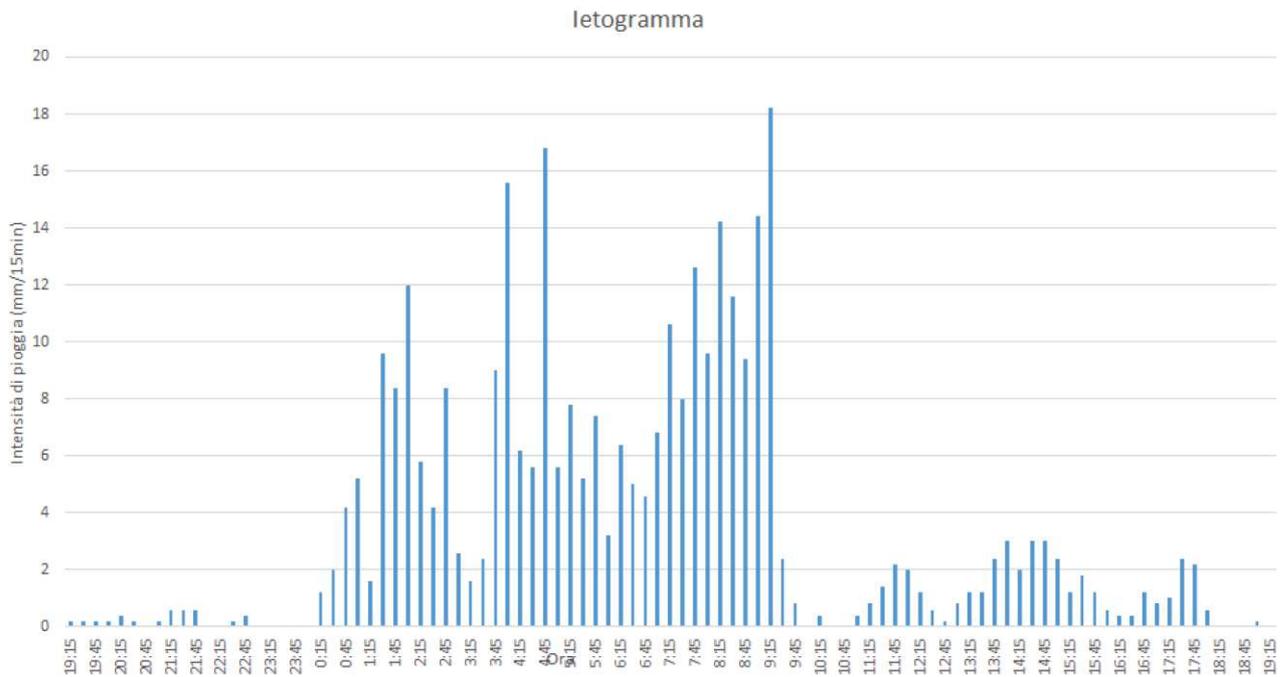


Figura 2. Ietogramma relativo ai dati acquisiti presso la stazione di Bitti fra il 27 e il 28 novembre 2020.



Figura 3. Accumulo detritico di spessore plurimetrico in corrispondenza di Via Cavallotti, nella parte alta del Paese, lungo la direttrice principale del rio Cuccureddu (foto Geol. Ena).



Figura 4. Accumulo detritico in corrispondenza di Via A. Moro, lungo la direttrice del rio secondario Abba Luchente (foto Geol. Ena).

3 Criticità osservate

In questa sezione vengono riportate le principali criticità riscontrate dagli scriventi in occasione del sopralluogo sui luoghi interessati dagli eventi calamitosi.

In particolare, è stata misurata, mediante ricevitore GNSS, la posizione dei principali impluvi che recapitano le acque all'interno del centro abitato, dei principali fenomeni franosi osservati, che hanno interferenza diretta con gli elementi a rischio, nonché dei tratti di canali sotterranei maggiormente danneggiati.

I dati osservati, rappresentati sotto forma di mappe nelle sezioni seguenti, sono con ogni probabilità non esaustivi; vista l'elevata concentrazione delle criticità osservate, si ritiene infatti probabile che possano sussistere fenomeni non visibili perché obliterati dai manufatti o che non sono stati segnalati, che potrebbero tuttavia costituire importanti criticità per la pubblica incolumità.

3.1 Impluvi

Le criticità principali legate agli impluvi che insistono direttamente sul centro abitato sono legate al fatto che la maggior parte di essi, specialmente quelli in corrispondenza dei versanti occidentali e sud-orientali dell'abitato, presentano pendenze rilevanti. Le limitate dimensioni dei bacini, unite alla sfavorevole collocazione geomorfologica dell'abitato fanno sì che, in occasione di eventi meteorici estremi, venga recapitata contemporaneamente, da più punti, una grande quantità di acqua e di detriti all'interno dell'abitato. Questo fatto, unito alla presenza di un esteso sistema di canali sotterranei che di norma regolano la circolazione idrica nel centro abitato, è responsabile dei fenomeni alluvionali che si sono verificati nel 2013 e il 28 novembre 2020.

La posizione dei principali impluvi è riportata in Figura 5, e di seguito si commentano le evidenze in corrispondenza dei punti più critici di recapito delle acque all'interno del paese.

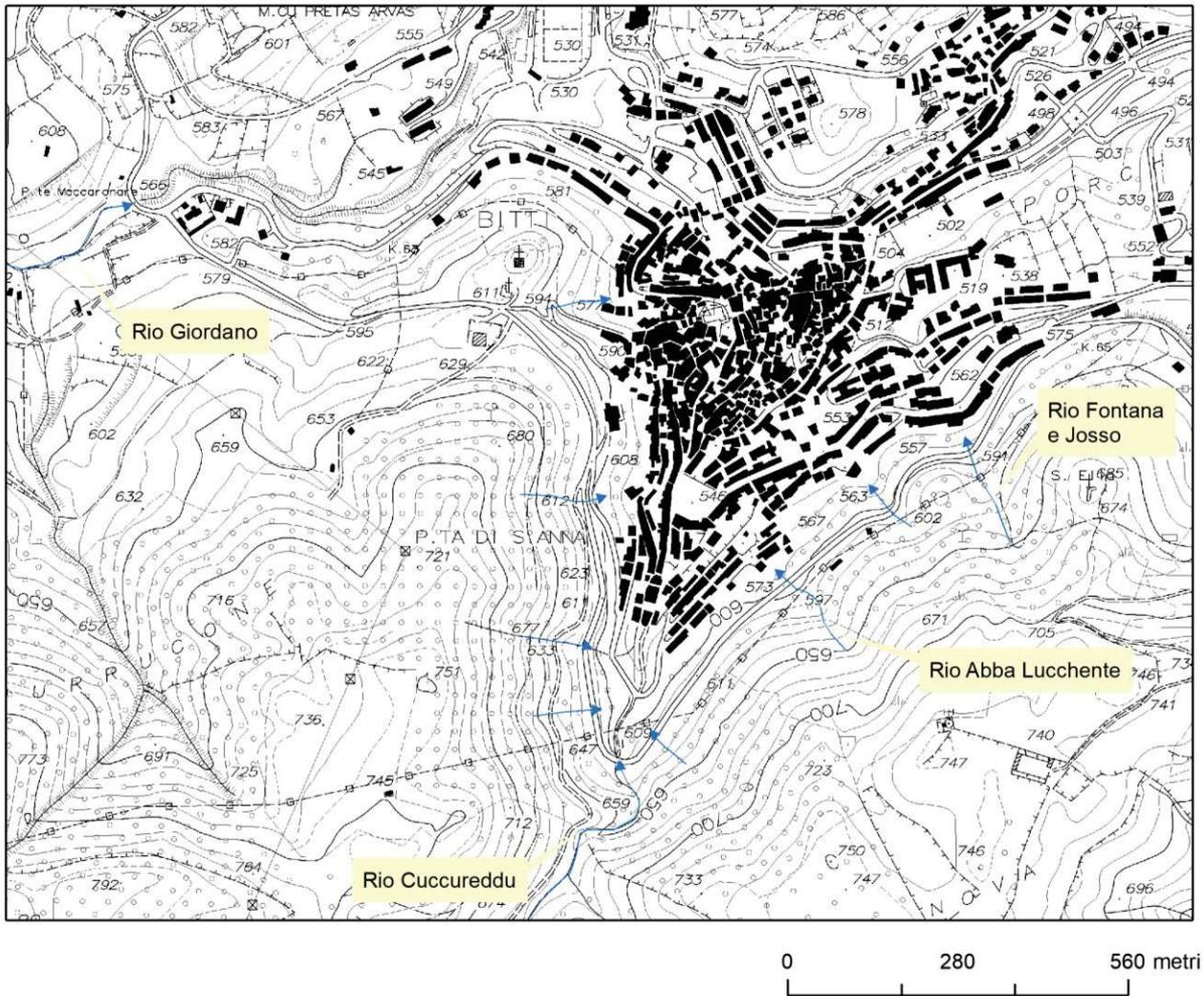


Figura 5. Localizzazione dei principali impluvi che recapitano le acque all'interno dell'abitato di Bitti.

Come già accennato, a causa delle elevate pendenze dei versanti, le immissioni di portate idriche e solide più critiche per il paese provengono dal rio Cuccureddu e dai suoi affluenti in destra e sinistra idrografica.

In Figura 6 è riportata la porzione terminale del tratto naturale del rio Cuccureddu immediatamente a monte della circonvallazione. Come si può vedere, le pendenze sono molto elevate, per cui in occasione di eventi di piena il rio è in grado di trasportare abbondante materiale solido, anche di elevata pezzatura, che nel caso dell'evento del 28 novembre 2020 è stato in grado di sfondare la briglia selettiva ivi presente (Figura 7). È stato inoltre effettuato un sopralluogo in corrispondenza della porzione superiore del bacino del rio Cuccureddu, che ha confermato la formazione, in occasione dell'evento dello scorso 28 novembre, di accentuate tracce di erosione, anche se limitate alle principali aste di drenaggio, nonché di abbondante materiale in alveo potenzialmente rimobilizzabile nell'eventualità di nuovi eventi estremi (Figura 8).

Anche in corrispondenza di quasi tutti gli affluenti del rio Cuccureddu è stata riscontrata la presenza di abbondante materiale, anche di grossa pezzatura, rimobilizzabile (Figura 9 e Figura 10) e di evidenti tracce di erosione localizzata, che localmente ha causato danni diretti alle infrastrutture viarie (Figura 10 e Figura 11).

Oltre al rio Cuccureddu, l'altro impluvio principale che recapita le acque all'interno del centro abitato è il rio Giordano, il cui bacino di alimentazione, pur ricoprendo un'area maggiore rispetto a quella del Cuccureddu, presenta una morfologia generale più dolce. Nonostante ciò, si sono tuttavia riscontrate anche in questo caso evidenze di erosione concentrata e presenza di abbondante materiale mobilizzato dall'evento del 28 novembre 2020 (Figura 12).



Figura 6. Porzione terminale del tratto naturale del rio Cuccureddu immediatamente a monte della circonvallazione.



Figura 7. Vista da monte del tratto terminale del rio Cuccureddu a monte della circonvallazione, subito prima del suo tombamento.

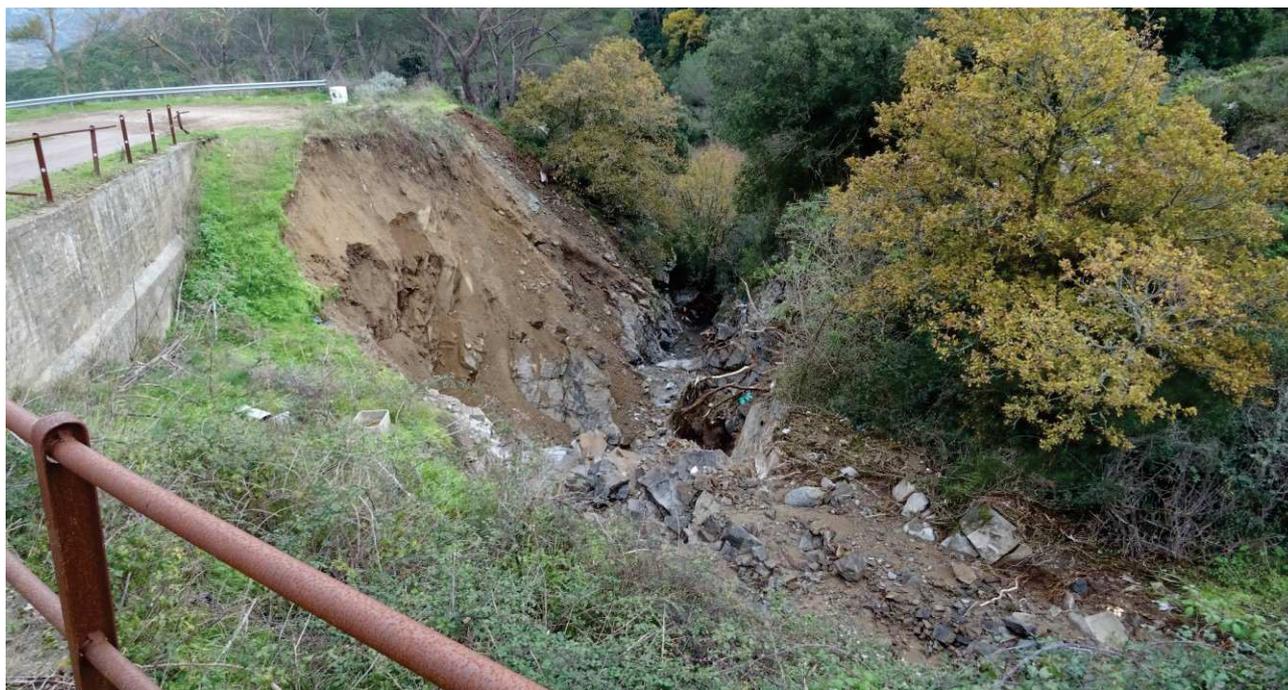


Figura 8. Evidenze di incisione dell'alveo del rio Cuccureddu nel bacino a monte dell'abitato di Bitti e presenza di materiale rimobilizzabile in alveo.



Figura 9. Blocchi lapidei di grosse dimensioni mobilizzati lungo l'asta del rio Abba Luchente, immediatamente a monte della circonvallazione.



Figura 10. Evidenze di incisione dell'alveo e dissesti di sponda del rio Abba Luchente nel tratto fra la circonvallazione e l'abitato di Bitti.



Figura 11. Dissesto sul versante a valle della circonvallazione causato dall'erosione del rio Funtana 'e Josso.



Figura 12. Tratto terminale del rio Giordano immediatamente a monte del suo tombamento con evidenze di erosione, dissesti spondali e abbondante trasporto solido grossolano.

3.2 Reticolo idrografico nel centro abitato

Come già introdotto nelle sezioni precedenti, all'interno del centro abitato, subito a valle della circonvallazione, l'acqua scorre prevalentemente all'interno di canali tombati (Figura 13).

Tale sistema sotterraneo è stato realizzato (e periodicamente adeguato) in varie fasi nel corso degli anni, per cui presenta una certa disomogeneità strutturale e morfologica, che costituisce un fattore di criticità che si va ad aggiungere a quella, intrinseca, relativa alla presenza di una tombatura in un centro abitato.

In queste condizioni, in occasione di eventi meteorici particolarmente estremi, si possono infatti generare delle pressioni concentrate che possono portare a locali fenomeni di erosione, fino a danneggiamenti strutturali gravi. Tali pressioni in eccesso possono essere causate/amplificate da cambiamenti della sezione idraulica del tombamento e locali intasamenti causati dall'eccessivo trasporto solido. Nel caso di collasso della struttura del collettore, si possono verificare problemi di erosione del terreno, con la conseguente formazione di vuoti sotterranei, e/o problemi strutturali in corrispondenza delle strutture adiacenti (strade, edifici, sottoservizi). È importante sottolineare che tali problemi, ad eccezione del caso di eclatanti evidenze di superficie (che come illustrato nelle figure seguenti si sono diffusamente verificate nel caso in oggetto), sono difficilmente rilevabili, a meno di specifiche ispezioni sotterranee e/o indagini geofisiche.

La mappa di Figura 14 riporta le principali criticità riscontrate in corrispondenza dei tratti tombati dei canali all'interno del centro abitato.

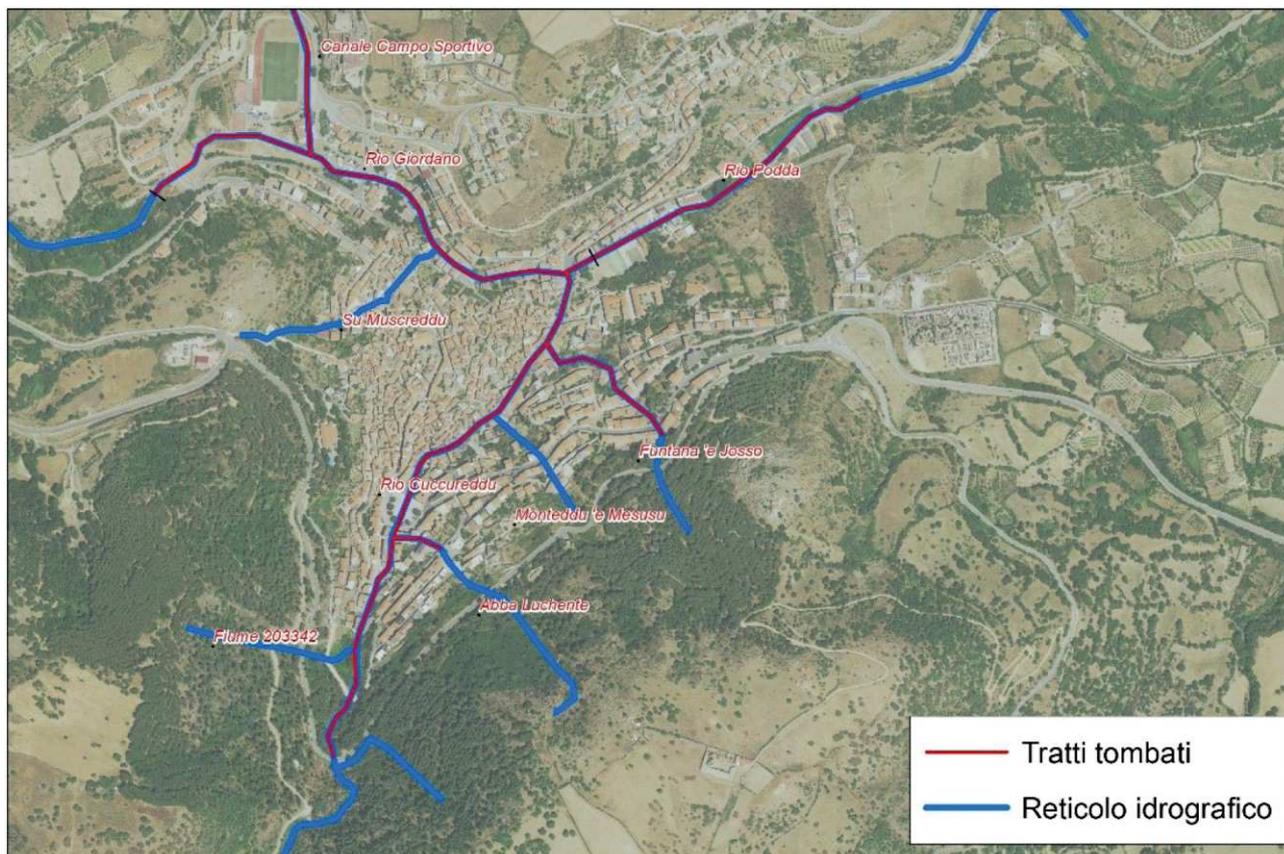


Figura 13. Mappa del reticolo idrografico principale all'interno del centro abitato di Bitti (da SOGESID, 2020 – interventi di mitigazione del rischio idrogeologico nel comune di Bitti).

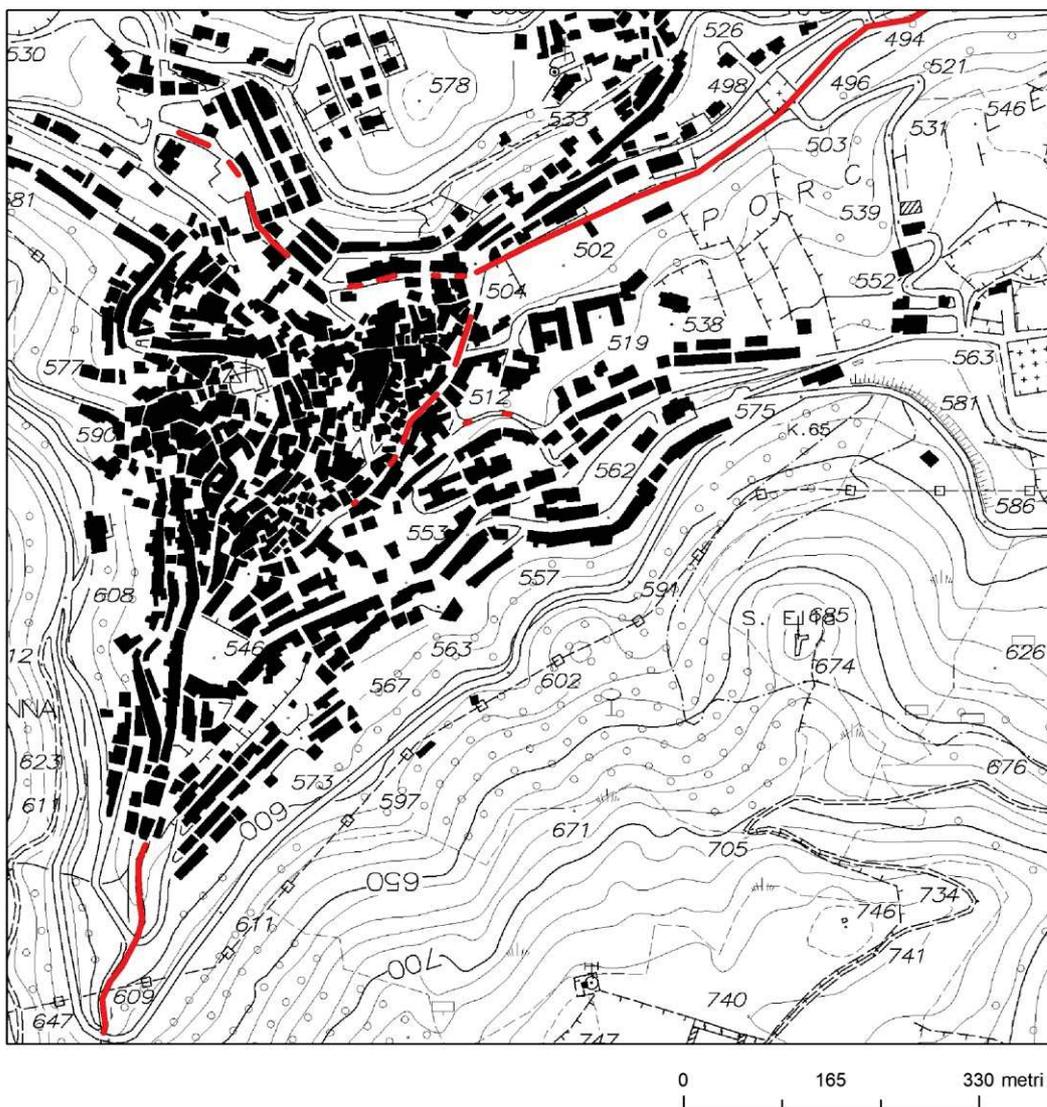


Figura 14. Localizzazione dei tratti di canali tombati gravemente danneggiati.

In Figura 15 sono riportati i dissesti in corrispondenza del primo tratto tombato del rio Cuccureddu, immediatamente a valle della circonvallazione. Come si può vedere, il collettore è stato severamente danneggiato in più punti a causa dell'elevata portata liquida e solida. Questo fatto ha provocato un elevato ruscellamento all'esterno del collettore con la presa in carico di un'ingente quantità di materiale come testimoniato dall'intensa erosione avvenuta (si tenga presente che il collettore era originariamente completamente interrato). L'elevato trasporto solido è stato responsabile, inoltre, di fenomeni di intasatura del collettore stesso, come testimoniato dalla Figura 16. Di conseguenza, allo stato attuale, il tratto di tombatura del rio Cuccureddu a monte del paese è completamente inutilizzabile, e le acque provenienti da monte vengono recapitate nel collettore proprio all'ingresso del paese (località Lampiones), con una sezione che è tuttavia in grado di smaltire portate massime piuttosto limitate (Figura 17).

Anche il tratto di rio Cuccureddu che scorre sotto il paese ha causato in più punti, in via Brigata Sassari, ingenti danni alla tombatura ed alle strutture ad essa adiacenti (Figura 18 e Figura 19).



Figura 15. Dissesti in corrispondenza del primo tratto tombato del rio Cuccureddu.



Figura 16. Intasatura da parte dei detriti e conseguente scoperchiamento della porzione terminale del tratto tombato riportato nella figura precedente.



Figura 17. Tombatura del rio Cuccureddu in corrispondenza dell'ingresso nel centro abitato

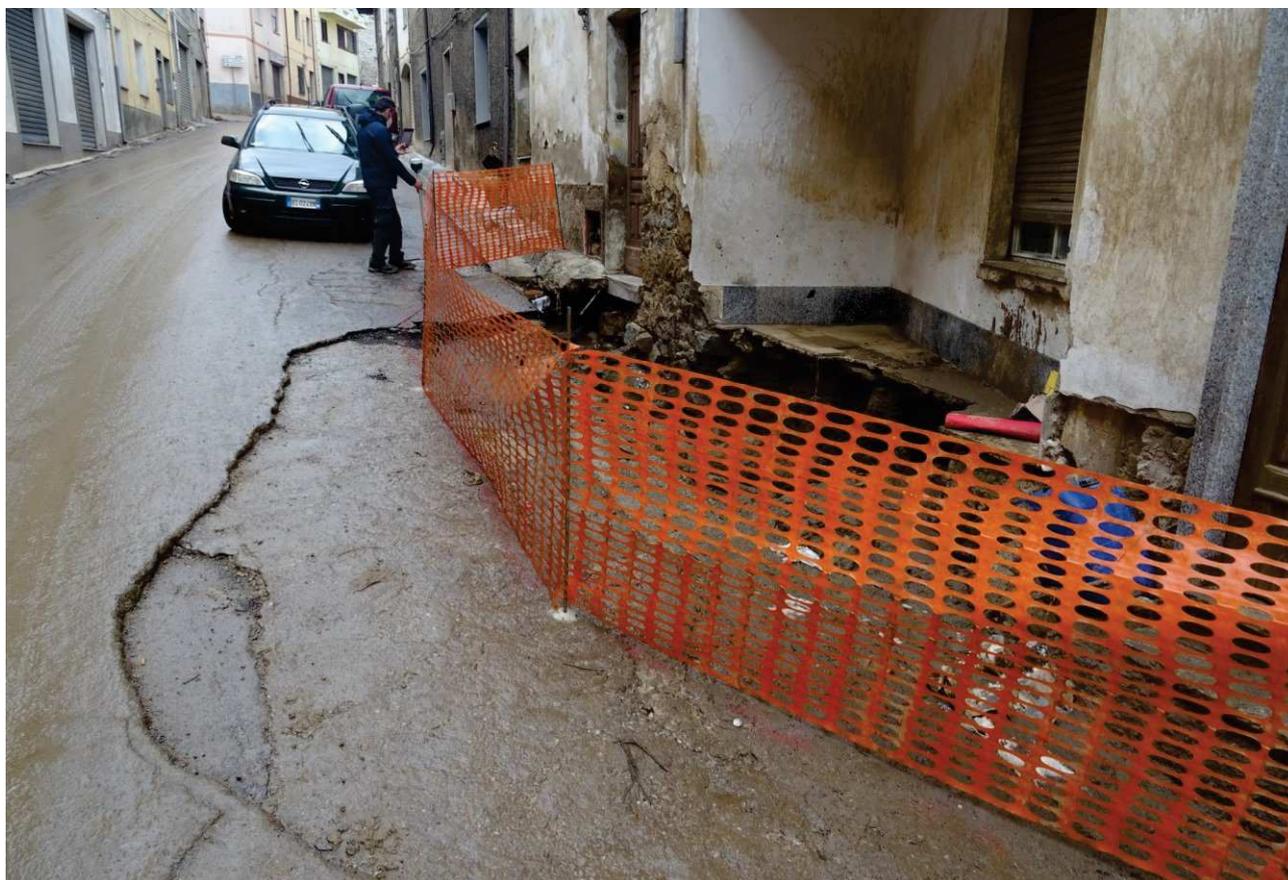


Figura 18. Lesioni al manto stradale e agli edifici adiacenti al tratto di tombatura del rio Cuccureddu di via Brigata Sassari.



Figura 19. Lesioni al manto stradale e agli edifici adiacenti al tratto di tombatura del rio Cuccureddu di via Brigata Sassari.

Per quanto riguarda il rio Giordano, si sono osservate, in corrispondenza dell'imbocco della tombatura, evidenze di dissesto dovute all'azione erosiva del corso d'acqua, che ha raggiunto in occasione della piena del 28 novembre, quote ben superiori rispetto alla sommità del collettore. Fortunatamente, sebbene si siano riscontrati gravi problemi al collettore stesso più a valle (vedi figure successive), il drenaggio è stato comunque sempre consentito, il che ha impedito un ulteriore innalzamento del livello idrico, che avrebbe anche potuto portare alla tracimazione del terrapieno, con possibili conseguenze molto gravi, legate anche alla stabilità del terrapieno stesso.

I danni alla tombatura ed alle adiacenti strutture in corrispondenza del tratto sotterraneo del rio Giordano in via Brescia sono tuttavia evidenti e diffusi (Figura 14, Figura 21, Figura 22 e Figura 23).

L'incidente che coinvolge il mezzo dei Vigile del Fuoco riportato in Figura 22 testimonia la possibile presenza di cavità sotterranee sconosciute dovute a locali fenomeni di scavernamento da parte dell'acqua in adiacenza ai tratti tombati danneggiati.

Anche in corrispondenza del punto di confluenza fra i tratti tombati del rio Cuccureddu e del rio Giordano (Figura 24), nonché a valle lungo il tratto tombato del rio Podda (Figura 25, Figura 26 e Figura 27), sono evidenti i fenomeni di dissesto causati dalle pressioni in eccesso e dall'azione erosiva dell'acqua.

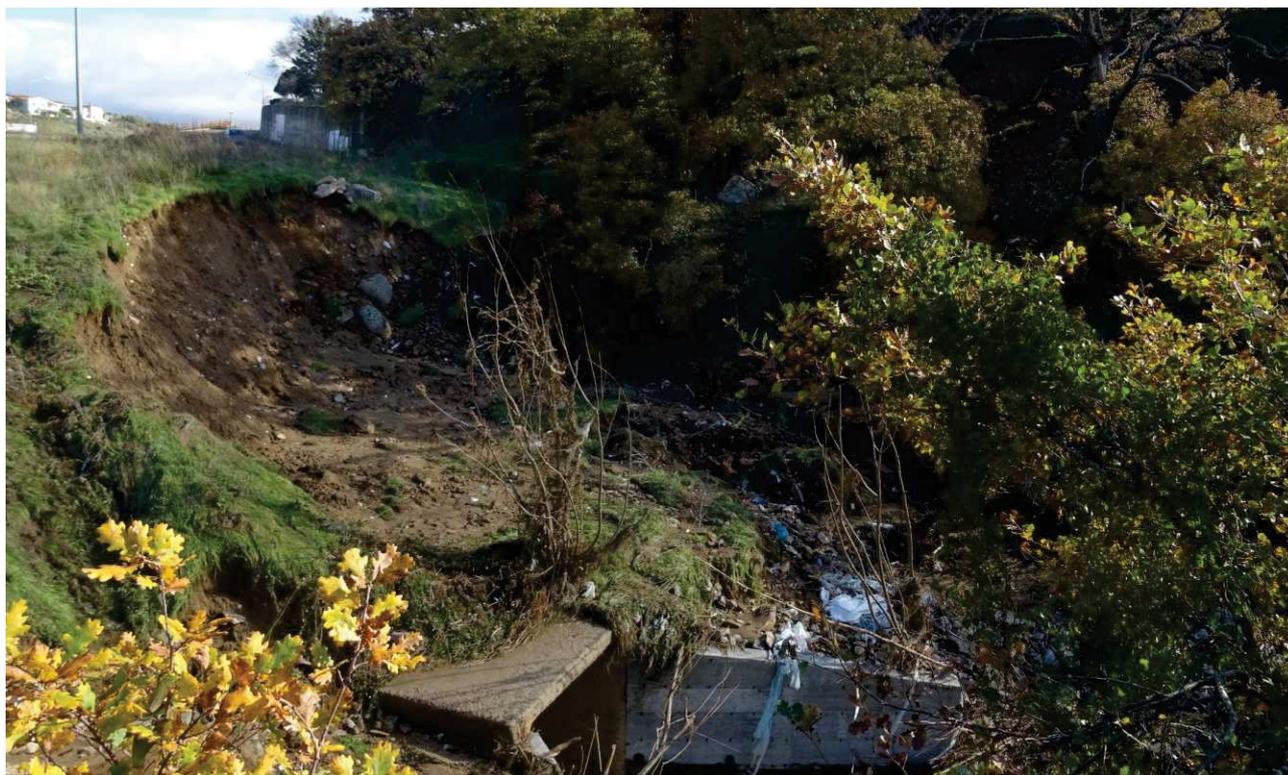


Figura 20. Imbocco della tombatura del rio Giordano. Sono ben visibili evidenze di dissesto dovute all'azione erosiva del corso d'acqua che ha raggiunto quote ben superiori della sommità del collettore.



Figura 21. Fenomeno di dissesto causato da eccessive pressioni in corrispondenza del tratto di tombatura del rio Giordano in via Brescia.



Figura 22. Fenomeni di dissesto causati da eccessive pressioni in corrispondenza del tratto di tombatura del rio Giordano in via Brescia.



Figura 23. Fenomeni di dissesto causati da eccessive pressioni in corrispondenza del tratto di tombatura del rio Giordano in via Brescia.



Figura 24. Fenomeno di dissesto causato da eccessive pressioni in corrispondenza del punto di confluenza in piazza S. Giovanni fra i tratti tombati del rio Cuccureddu e del rio Giordano.



Figura 25. Fenomeni di dissesto causato da eccessive pressioni in corrispondenza del tratto di tombatura del rio Podda a valle di Piazza S. Giovanni.



Figura 26. Sventramento causato da eccessive pressioni in corrispondenza del tratto di tombatura del rio Podda a valle di Piazza S. Giovanni.



Figura 27. Fenomeni di dissesto causati da eccessive pressioni e dell'azione erosiva dell'acqua in corrispondenza del tratto di tombatura del rio Podda (visibile nella parte sinistra della foto) nella zona industriale di Bitti.

3.3 Frane

I fenomeni di dissesto di tipo gravitativo costituiscono un altro elemento di criticità importante dell'area in esame per la presenza di versanti acclivi, talvolta di natura artificiale, anche all'interno del centro abitato. Tali versanti risultano costituiti da materiali con caratteristiche geomeccaniche scadenti, legate sia alla presenza, talvolta, di materiale da riporto, sia all'elevato grado di alterazione del substrato roccioso.

In seguito all'evento meteorico del 28 ottobre scorso si sono verificati alcuni dissesti che hanno interessato direttamente importanti elementi a rischio (viabilità principale e abitazioni).

In Figura 28 sono riportati i fenomeni osservati, i più significativi dei quali vengono presentati nelle figure seguenti (Figura 29 - Figura 36).

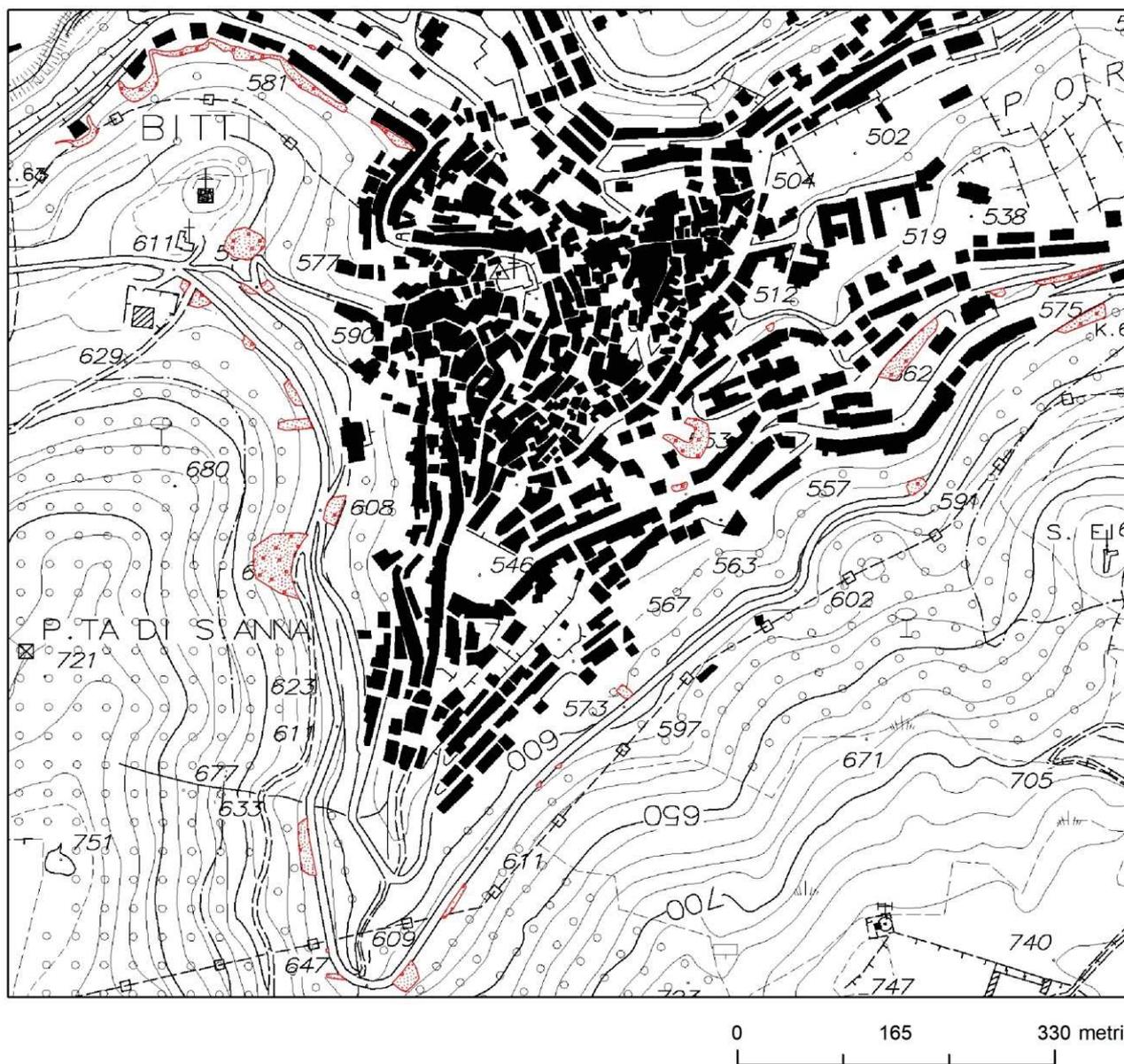


Figura 28. Mappa dei fenomeni franosi osservati in corrispondenza del centro abitato di Bitti in seguito all'evento calamitoso del 28 novembre 2020.



Figura 29. Fenomeno franoso principale sul versante a monte della circonvallazione.



Figura 30. Fenomeno franoso principale sul versante a monte di via G. Galilei.



Figura 31. Fenomeno franoso principale sul versante fra via S. Tommaso e via Deffenu.

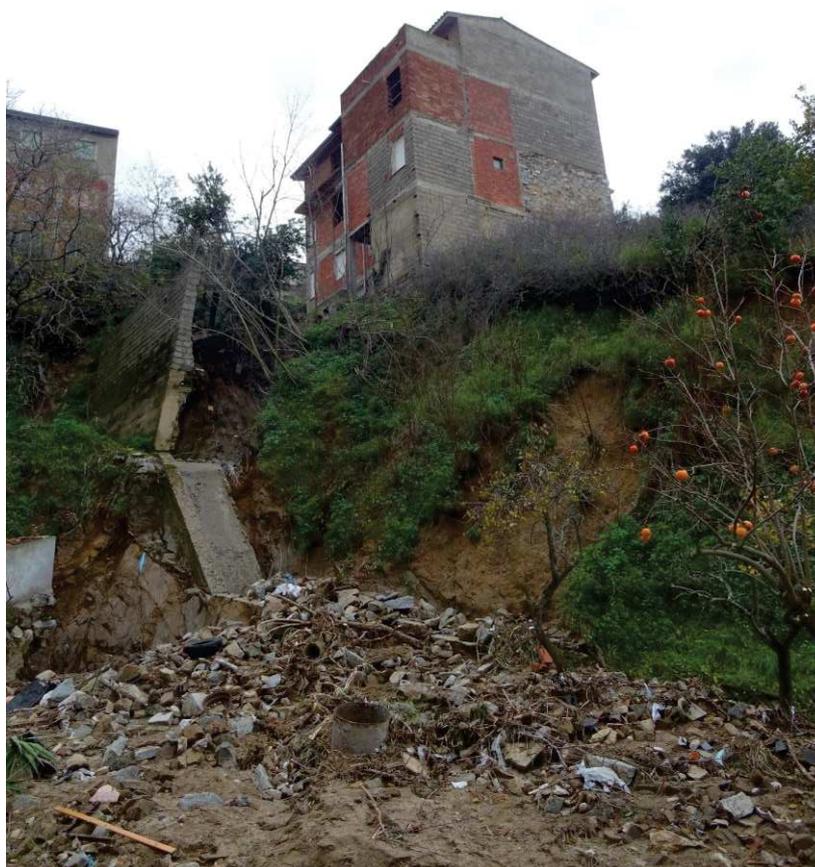


Figura 32. Fenomeno franoso principale sul versante fra via S. Tommaso e via Deffenu.



Figura 33. Indizi di fenomeno franoso incipiente su via S. Tommaso. Il cerchio indica un foro nel manto stradale attraverso il quale si intuisce la presenza di una cavità di forma e dimensioni indefinite.



Figura 34. Indizi di fenomeno franoso incipiente su via S. Tommaso. La fessurazione nel terreno a fianco del guard rail corrisponde alla linea rossa marcata nella figura precedente.



Figura 35. Fenomeno franoso principale sul versante a monte della fila di case che si affacciano su Corso V. Veneto.



Figura 36. Fenomeno franoso principale sul versante a monte della fila di case che si affacciano su Corso V. Veneto, con intervento di gradonatura.

3.4 Aree inondabili – mappa di sintesi

Sulla base delle osservazioni effettuate durante i sopralluoghi e della mappa della pericolosità idraulica redatta nell'ambito del PAI è stata prodotta una mappa delle aree inondabili, riportata in Figura 37. È importante sottolineare che tale mappa fornisce delle indicazioni qualitative sulle aree che potrebbero essere interessate da nuovi fenomeni alluvionali, dal momento che la situazione di danneggiamento diffuso delle tombature sotto il centro abitato rende difficile prevedere il comportamento di eventuali flussi.

In Figura 37 sono riportate anche le principali criticità riscontrate in sede di sopralluogo e discusse nelle sezioni precedenti.

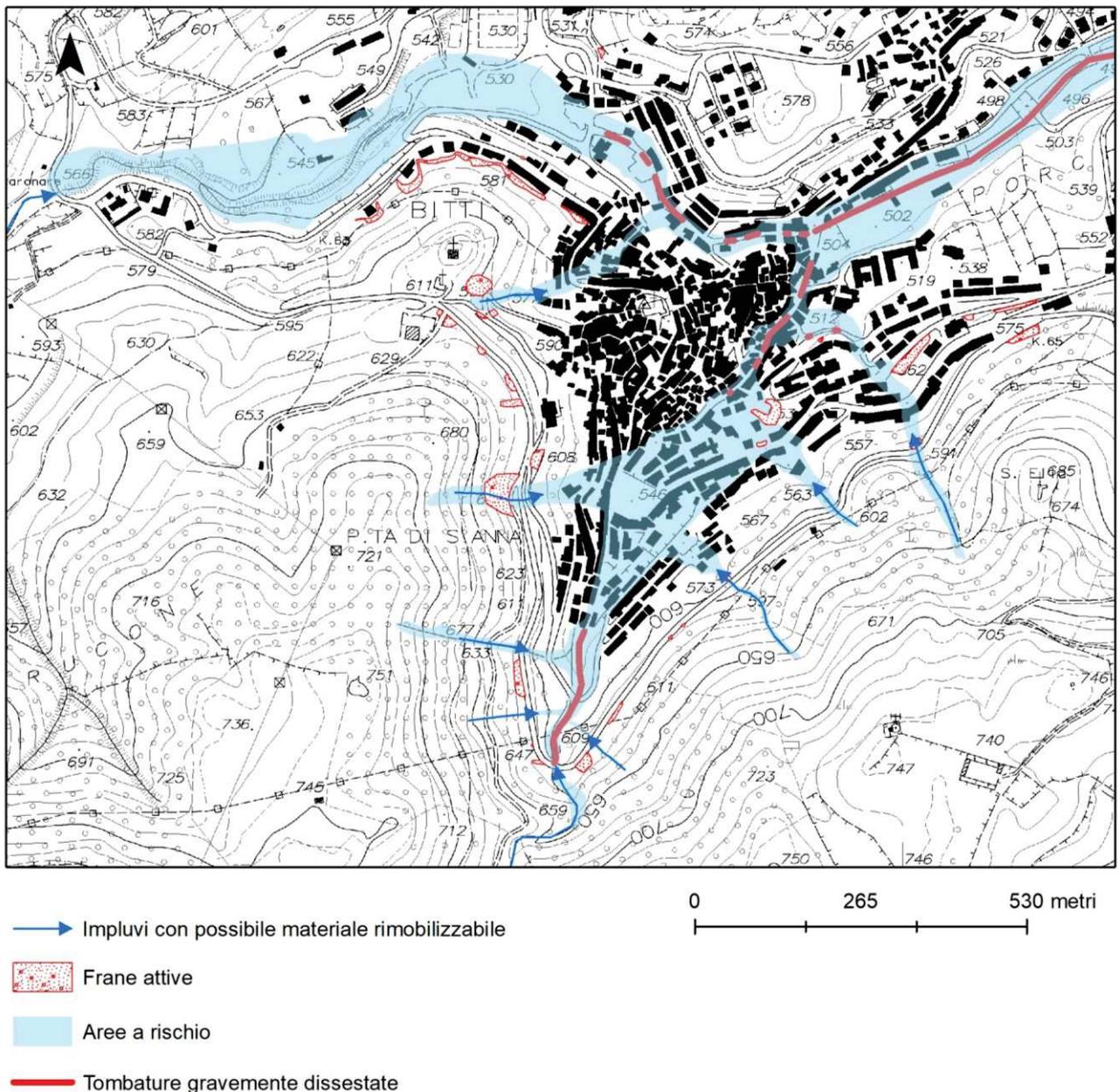


Figura 37. Mappa di sintesi con le criticità riscontrate e le aree potenzialmente inondabili.

3.5 Altre criticità

In questa sezione si riportano brevemente alcune osservazioni effettuate in corrispondenza di dissesti oggetto di sopralluogo situati all'esterno del centro abitato.

Nello specifico, lungo la SP Bitti – Sologo, nel settore di monte del bacino del rio Giordano, sono evidenti ripetuti fenomeni di dissesto in corrispondenza dei tagli stradali, con conseguente danneggiamento delle reti in aderenza (Figura 38).



Figura 38. Fenomeni di dissesto con danneggiamento delle reti in aderenza in corrispondenza dei tagli stradali lungo la SP Bitti – Sologo

In corrispondenza del tratto stradale di collegamento fra la SP15 e la SP 40, in località Lughei, si è osservato il crollo del terrapieno a ridosso del ponte sul rio S. Giovanni a causa dell'elevata energia della corrente (Figura 39).

Infine, su segnalazione di un cittadino, è stato riscontrato un fenomeno franoso di dimensioni limitate sul tratto di versante a ridosso di un'abitazione privata in via C. Palmas, la cui ubicazione è riportata in Figura 40.



Figura 39. Crollo del terrapieno a ridosso del ponte sul rio S. Giovanni in località Lughei.

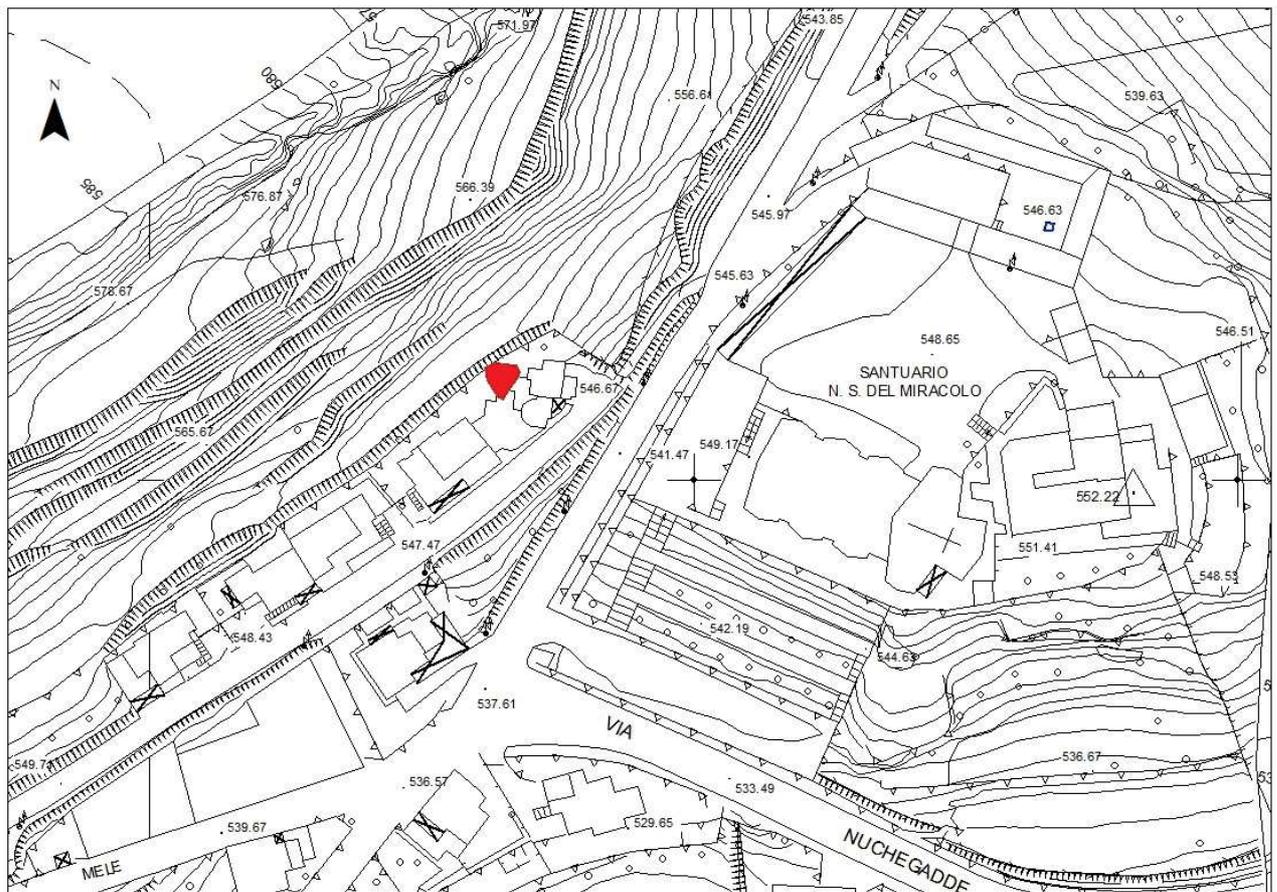


Figura 40. Fenomeno di dissesto a ridosso di un'abitazione privata in Via C. Palmas, località Miracolo.

4 Rischio residuo e considerazioni finali

I sopralluoghi effettuati nei giorni 3-4 dicembre nell'area dell'abitato di Bitti interessata dai dissesti legati all'evento del 28 novembre 2020, sono stati condotti con lo scopo di individuare le principali criticità presenti e fornire una valutazione speditiva del rischio residuo. Tale valutazione risulta estremamente complicata e affetta da un buon margine di incertezza in relazione alla completa tombatura del reticolo idrografico all'interno dell'abitato. Infatti, seppur risultano evidenti zone in cui le tombature sono completamente danneggiate, non può essere valutato lo stato complessivo delle opere sotterranee basandosi solo sulle evidenze esterne. Risultano necessarie ispezioni (attualmente in corso) di tutti i canali sotterranei al fine di valutarne l'integrità anche in relazione a possibili sifonamenti delle aree a ridosso di eventuali rotture e lesioni.

Tuttavia, si può asserire che il rischio residuo di natura idraulica e idrogeologica risulta estremamente elevato per i seguenti motivi:

- sfavorevoli condizioni geomorfologiche intrinseche dell'area, caratterizzata da elevate pendenze dei versanti e tempi di corrivazione estremamente ridotti per le aste fluviali principali e secondarie che arrivano in paese;
- disponibilità di materiale in parte mobilitato dall'evento recente a monte delle aste fluviali che convergono nell'abitato;
- danneggiamento più o meno grave e diffuso dei canali sotterranei e ostruzioni causate dall'accumulo del materiale detritico;
- possibile presenza di vuoti sotterranei nelle aree limitrofe ai canali tombati come conseguenza di rotture degli stessi con conseguenti fenomeni di sifonamento;
- -presenza di frane a ridosso di abitazioni con la possibilità che ulteriori fenomeni di riattivazione possano coinvolgere, come già avvenuto, direttamente gli edifici.

Sulla base di quanto sopra si ritiene pertanto che eventi pluviometrici, anche meno estremi di quello del 28 novembre 2020 possano creare ingenti problemi per l'incolumità delle persone oltre che per gli edifici e le infrastrutture dell'abitato.

In base alle evidenze e a quanto valutato si ritengono necessari i seguenti interventi immediati (alcuni già in fase di realizzazione al momento della stesura del presente documento) per la riduzione del rischio residuo:

- completamento delle ispezioni ed eventuali indagini geofisiche sulle tombature con lo scopo di valutare l'integrità dei canali e l'eventuale presenza di vuoti adiacenti;
- ripristino completo del sistema di deflusso delle acque del reticolo idrografico che attraversa il paese;
- rimozione del materiale mobilitato nelle aste principali e minori con lo scopo di limitare al massimo il trasporto solido che potrebbe creare nuove ostruzioni dei canali e del reticolo;
- monitoraggio idrometrico del rio Cuccureddu e del rio Giordano in relazione anche ai ridotti tempi di corrivazione. Il monitoraggio risulta particolarmente importante per il rio Giordano in relazione a possibili episodi di tracimazione del Ponte Macaronare sulla strada statale 389;
- realizzazione di terrazzamenti a monte delle abitazioni di Corso Vittorio Veneto per evitare possibili fenomeni di riattivazione;
- definizione di un piano di sicurezza per gli operatori al lavoro nel centro abitato, in relazione alla necessità individuare percorsi sicuri per personale e mezzi e di pianificare luoghi ove mettere al sicuro gli operatori e ripiegare i mezzi in previsione di afflussi meteorici intensi.

Sul medio termine e comunque da realizzare quanto prima, rimane di fondamentale importanza il ripristino dei canali a cielo aperto considerata come la soluzione più efficace per la riduzione del rischio residuo nell'abitato. Qualora questo intervento non fosse realizzabile dovrà essere tenuto in considerazione un adeguato ampliamento delle sezioni dei canali oltre a prevedere un numero congruente di zone che possano consentire l'ispezione e la rimozione del materiale di accumulo dai canali. È in fase di progettazione da parte di SOGESID il riadeguamento del sistema di canali, tale progetto dovrà essere opportunamente revisionato

alla luce degli eventi occorsi il 28 novembre. A monte dell'abitato, in corrispondenza dei principali impluvi, dovranno essere realizzate delle briglie selettive con lo scopo di ridurre il trasporto solido a valle. Si suggerisce inoltre di procedere con la riprofilatura e la realizzazione interventi di sistemazione sui versanti instabili a ridosso delle abitazioni e lungo la circonvallazione.

Infine, sulla base dei nuovi scenari di rischio, si dovrà procedere all'aggiornamento del piano di protezione civile comunale, ponendo particolare attenzione all'attività di informazione alla popolazione, anche alla luce dei ridottissimi tempi di corrivazione e dell'intrinseca difficoltà nell'attività di allertamento per bacini di ridotte dimensioni come quelli in questione.