

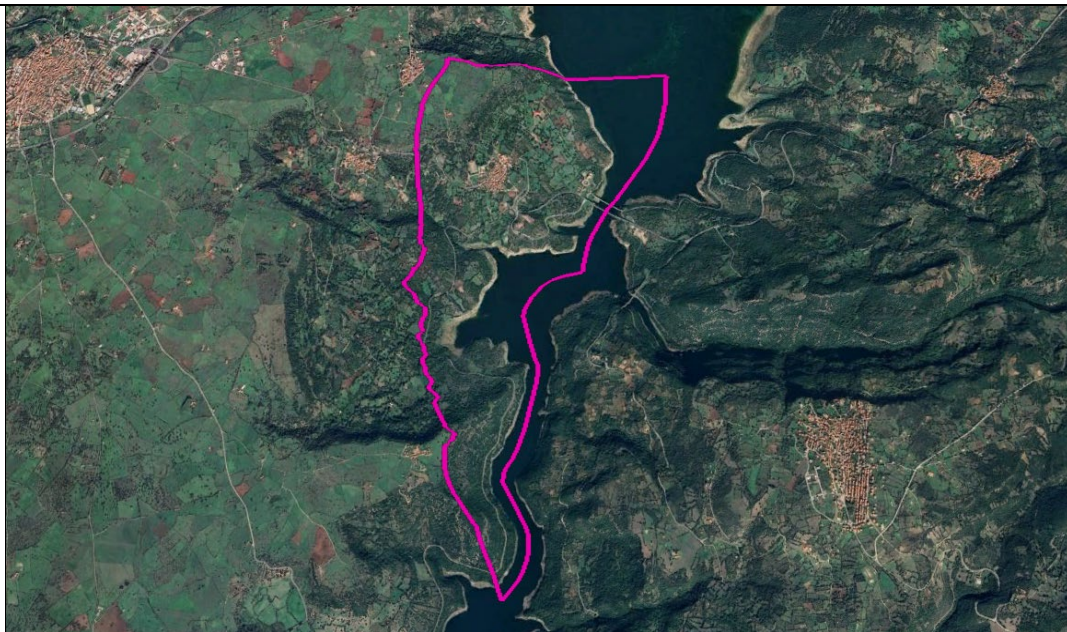
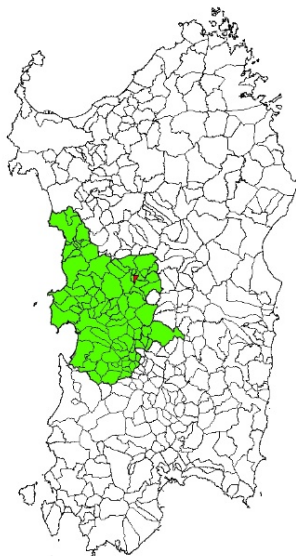


COMUNE DI TADASUNI

PROVINCIA DI ORISTANO

Via San Michele, 09080, Tadasuni (OR)

STUDIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – IN CONFORMITÀ AGLI ARTICOLI 8 E 37 DELLE NTA DEL PAI



SOCIETÀ INCARICATA		PROFESSIONISTI		COMMITTENTE	
<div><p>territorio - ambiente - servizi</p></div> <div>SEDE OPERATIVA: VIA MICHELANGELO N.17/C, 09023, MONASTIR (SU) TEL. 070-4619002 INFO@GEOLOGIKA.EU - GEOLOGIKA@PEC.IT</div> <div>GEOLOGIKA srls S.L. Via Cuba 20 09038 Serramanna (SU) S.OP. Via Michelangelo 17/C Monastir (SU) Tel. 348 5425302 - 328 1699466 CF/P.IVA 03612320923</div>		<div>GEOL. FABRIZIO CALLAI</div> <div></div>		<div>COMUNE DI TADASUNI</div> <div>VIA SAN MICHELE SNC, 09080, TADASUNI (OR)</div>	
		<div>GEOL. FABIO FANELLI</div> <div></div>		<div>RESPONSABILE DEL SERVIZIO TECNICO</div>	
		<div>ING. ANDREA LIANAS</div> <div></div>		<div>GEOM. GRAZIANO PIRAS</div>	
<div></div>		<div>COLLABORATORI:</div> <div>DOTT. MARCO COSTA</div>			
ELABORATO		TITOLO ELABORATO			
1024-RIF-02-2-GEO		RELAZIONE ILLUSTRATIVA STUDIO GEOMORFOLOGICO			
2	INTEGRAZIONI	18.03.2025	FANELLI F. COSTA M.	LIANAS A. FANELLI F.	CALLAI F.
1	INTEGRAZIONI	23.10.2024	FANELLI F. COSTA M.	LIANAS A. FANELLI F.	CALLAI F.
0	PRIMA EMISSIONE	05.06.2024	FANELLI F. COSTA M.	LIANAS A. FANELLI F.	CALLAI F.
REV	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	GENERALITÀ	4
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE	5
3	INQUADRAMENTO NEI PIANI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	6
4	OBBIETTIVI E METODOLOGIE DI LAVORO	11
4.1	PROCEDURA PER LA PERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA.....	11
5	ANALISI STORICA DEI DISSESTI	15
5.1	DOCUMENTAZIONE STORICA.....	15
5.2	AVI - AREE VULNERABILI ITALIANE	15
5.3	IFFI - INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN ITALIA.....	15
5.4	PAI - FRANE CENSITE DAL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO	15
6	ELABORAZIONE CARTOGRAFICA DEL DATO GEOLOGICO	16
6.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	17
6.2	CARATTERI GEOLOGICI DELLE FORMAZIONI E DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE CARTOGRAFATE.....	20
6.3	COMPLESSO VULCANICO OLIGO-MIOCENICO DELLA SARDEGNA CENTRO-SETTENTRIONALE..	20
6.3.1	DISTRETTO VULCANICO DI OTTANA	20
6.4	SUCCESSIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DEL BACINO DEL TIRSO.....	23
6.5	BASALTI DEI PLATEAU – BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA	25
6.6	DEPOSITI QUATERNARI DELL'AREA CONTINENTALE	25
6.7	ATTRIBUZIONE DEI PESI ALLE CLASSI LITOLOGICHE	27
7	ELABORAZIONE CARTOGRAFICA DELL'USO DEL SUOLO	29
7.1	ANALISI DELL'USO DEL SUOLO	30
8	ELABORAZIONE CARTOGRAFICA DELLA PENDENZA DEI VERSANTI	31
8.1	ATTRIBUZIONE DEI PESI.....	31
9	ELABORAZIONE DELLA CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE.....	33
9.1	ANALISI CRITICA DELLA CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE.....	34
10	ELABORAZIONE CARTOGRAFICA DEL DATO MORFOLOGICO E DELLA FRANOSITÀ.....	36

10.1	ASSETTO GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE.....	37
10.2	DINAMICHE DI EVOLUZIONE DEI VERSANTI E DEI PROCESSI FRANOSI	39
10.2.1	FRANE DA CROLLO E RIBALTAMENTO	39
10.2.2	FRANE DA SCIVOLAMENTO E/O SCORRIMENTO	44
11	DEFINIZIONE DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA	46
12	DEFINIZIONE DELLA CARTA DEL DANNO POTENZIALE	48
13	DEFINIZIONE DELLA CARTA DEL RISCHIO GEOLOGICO.....	51

1 GENERALITÀ

Il COMUNE DI TADASUNI, nell'ambito della "REDAZIONE DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE IN ADEGUAMENTO AL PPR E AL PAI", ha affidato, con la Determina n. 43 del 06.05.2024, alla società GEOLOGIKA S.R.L.S., con sede legale in Via Cuba 20 a Serramanna e sede operativa in Via Michelangelo 17/C a Monastir, P. IVA 03612320923, l'incarico professionale per la predisposizione dello **"STUDIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO AI SENSI DELL'ART. 8, COMMA 2 E 2-BIS, NONCHÉ DELL'ART. 37 COMMA 3 DELLE NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE DEL PAI"**.

Lo studio di assetto idrogeologico è accompagnato dalla **"REVISIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO AI SENSI DELL'ART. 30 TER DELLE NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE DEL PAI"**.

Il presente elaborato, **RELAZIONE ILLUSTRATIVA – STUDIO GEOMORFOLOGICO**, illustra dettagliatamente le modalità e i criteri utilizzati per definire il rischio da frana su tutto il territorio comunale di Tadasuni.

Il processo di valutazione del rischio da frana è stato articolato in diverse fasi, comprendendo l'analisi geologica e geomorfologica, nonché l'identificazione delle aree a maggiore vulnerabilità.

La redazione del presente studio si basa sulle disposizioni relative alla pianificazione urbanistica esplicate nell'art. 8, commi 2 e 2 bis, delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI (di seguito NTA). Tale norma prescrive che, in sede di adozione dei nuovi strumenti urbanistici generali e di varianti generali agli strumenti urbanistici generali vigenti, è obbligatorio procedere alla redazione degli studi comunali di assetto idrogeologico.

Come previsto dall'art. 37, comma 3, gli studi comunali di assetto idrogeologico eseguiti da enti locali, di cui all'articolo 8, commi 2 e 2 bis, sono da considerarsi a tutti gli effetti varianti al PAI.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L'area geografica di indagine è ubicata nella Sardegna centro-occidentale, nell'area storico-geografica del Guilcier-Barigadu, più precisamente nel Comune di Tadasuni, il cui territorio si estende nella sponda occidentale del Lago Omodeo, formatosi a seguito dello sbarramento artificiale del Fiume Tirso nel 1924.

Il territorio comunale si estende su una superficie di circa 4,62 km², ad una quota media di circa 180 m s.l.m., con una popolazione stimata di circa 138 abitanti (fonte ISTAT, 2023). Posizionato sul versante orientale dell'altopiano di Abbasanta, il Comune di Tadasuni confina a nord con Ghilarza, a est con Boroneddu e Ghilarza, e a sud e ovest con Ardauli e Sorradile. Il territorio è caratterizzato da una rigogliosa vegetazione tipica della macchia mediterranea, ed è prevalentemente sfruttato per attività agricole.

TERRITORIO	
PROVINCIA	Oristano
COMUNE	Tadasuni
COMUNI CONFINANTI	Boroneddu, Ghilarza, Ardauli, Sorradile
CARTOGRAFIA	
I.G.M. SCALA 1:25.000	Foglio 515 Sezione I – Ghilarza, Foglio 515 Sezione II – Busachi
C.T.R.N. SCALA 1:10.000	Sezione 515 070 – Ghilarza, Sezione 515 110 – Santa Chiara

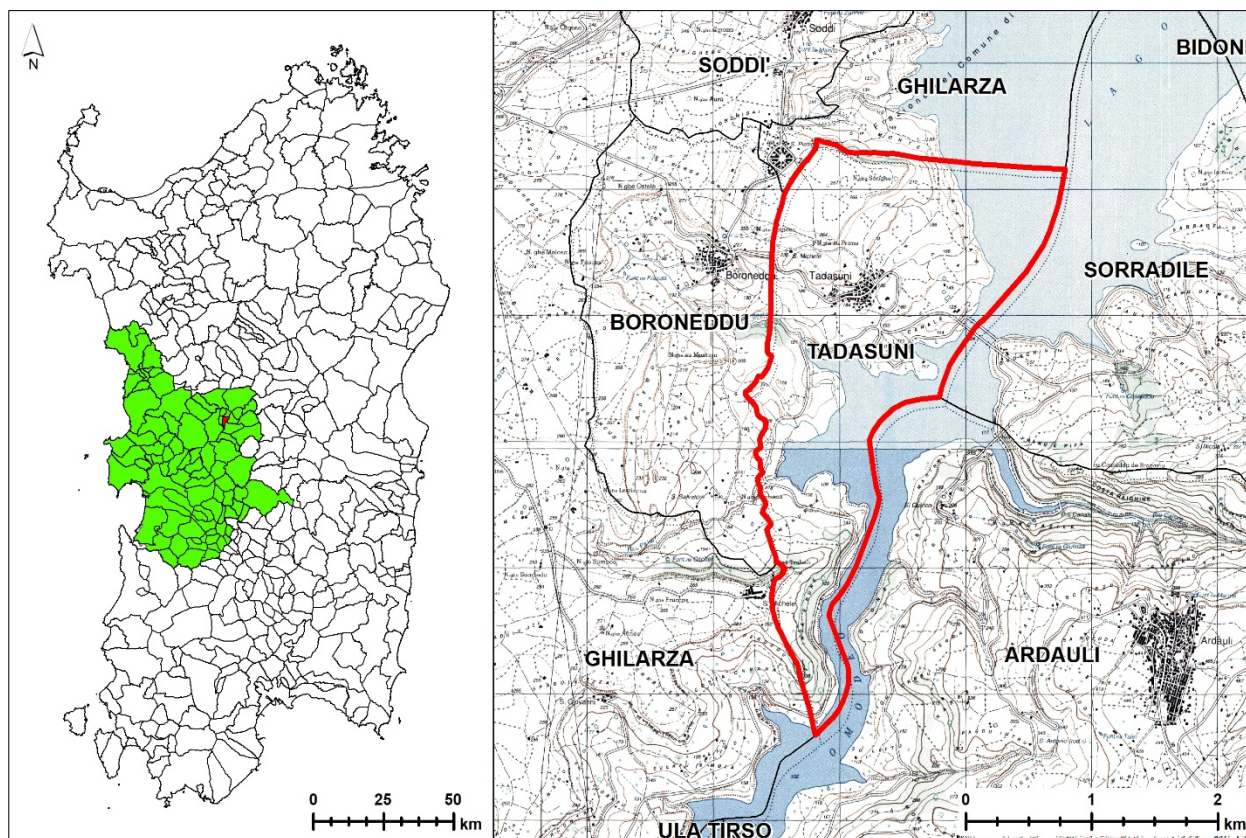


Figura 1 - Inquadramento territoriale del Comune di Tadasuni.

3 INQUADRAMENTO NEI PIANI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Con la delibera n. 45/57 datata 30 ottobre 1990, la Giunta Regionale ha suddiviso il Bacino Unico Regionale in sette Sub-Bacini. Ogni Sub-Bacino è caratterizzato da omogeneità geomorfologiche, geografiche e idrologiche generali, ma presenta anche notevoli differenze in termini di estensione territoriale.

Sulla base di questa suddivisione, il territorio comunale di Tadasuni è compreso nel Sub-Bacino 2 – Tirso (Figura 2).

In data 11.03.2005 viene pubblicato sul B.U.R.A.S. il Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici n. 3 del 21.02.2005 con il quale è stata resa esecutiva la Deliberazione n. 54/33 assunta in data 30.12.2004 dalla Giunta Regionale, in qualità di Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino, con cui è stato adottato il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (in seguito denominato PAI), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, all'interno del quale il territorio settentrionale del Comune di Tadasuni veniva perimetrato, per pericolosità da frana, nelle tavole n. B2Hg031-2/49 e n. B2Hg031-3/49, riportate in Figura 3 e in Figura 4.

Successivamente, in data 27.05.2011, viene pubblicato sul B.U.R.A.S. la Deliberazione n. 8/5, con il quale è stata resa esecutiva l'adozione, in via definitiva, ai sensi dell'art. 31 della L.R. n. 19/2006, in conformità all'art. 37, commi 2 e 3 – lett. b, delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI, la proposta di variante presentata dal Comune di Ghilarza, riguardante anche la porzione meridionale del Comune di Tadasuni.

All'interno dei limiti comunali di quest'ultimo, non viene apportata nessuna modifica dei livelli di pericolosità, come mostrato in Figura 5.

Con la Delibera n. 10 del 19 Giugno 2018 l'Autorità di Bacino approva lo "STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA E GEOLOGICA GEOTECNICA", predisposto a supporto del "PIANO PARTICOLAREGGIATO DEL CENTRO DI ANTICA E PRIMA FORMAZIONE DEL COMUNE DI TADASUNI", ai sensi dell'art. 8 delle NTA del PAI, che sostanzialmente non modifica i livelli di pericolosità dell'area urbana, come riportato in Figura 6.

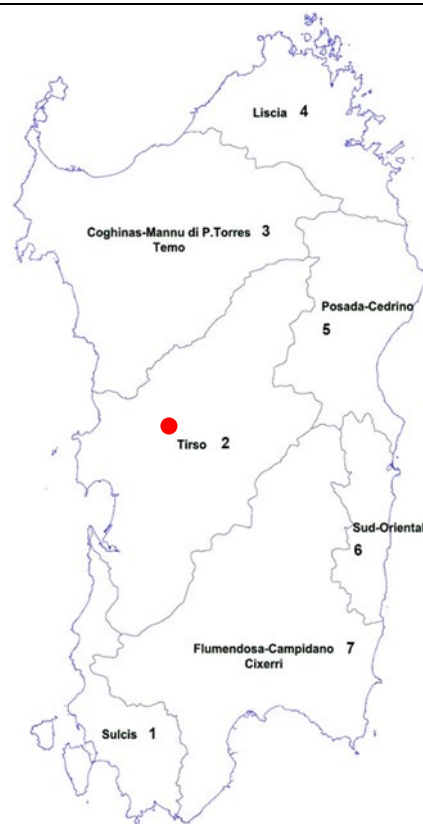


Figura 2 - Suddivisione del territorio Regionale in Sub-Bacini. Il punto rosso indica il Comune di Tadasuni.

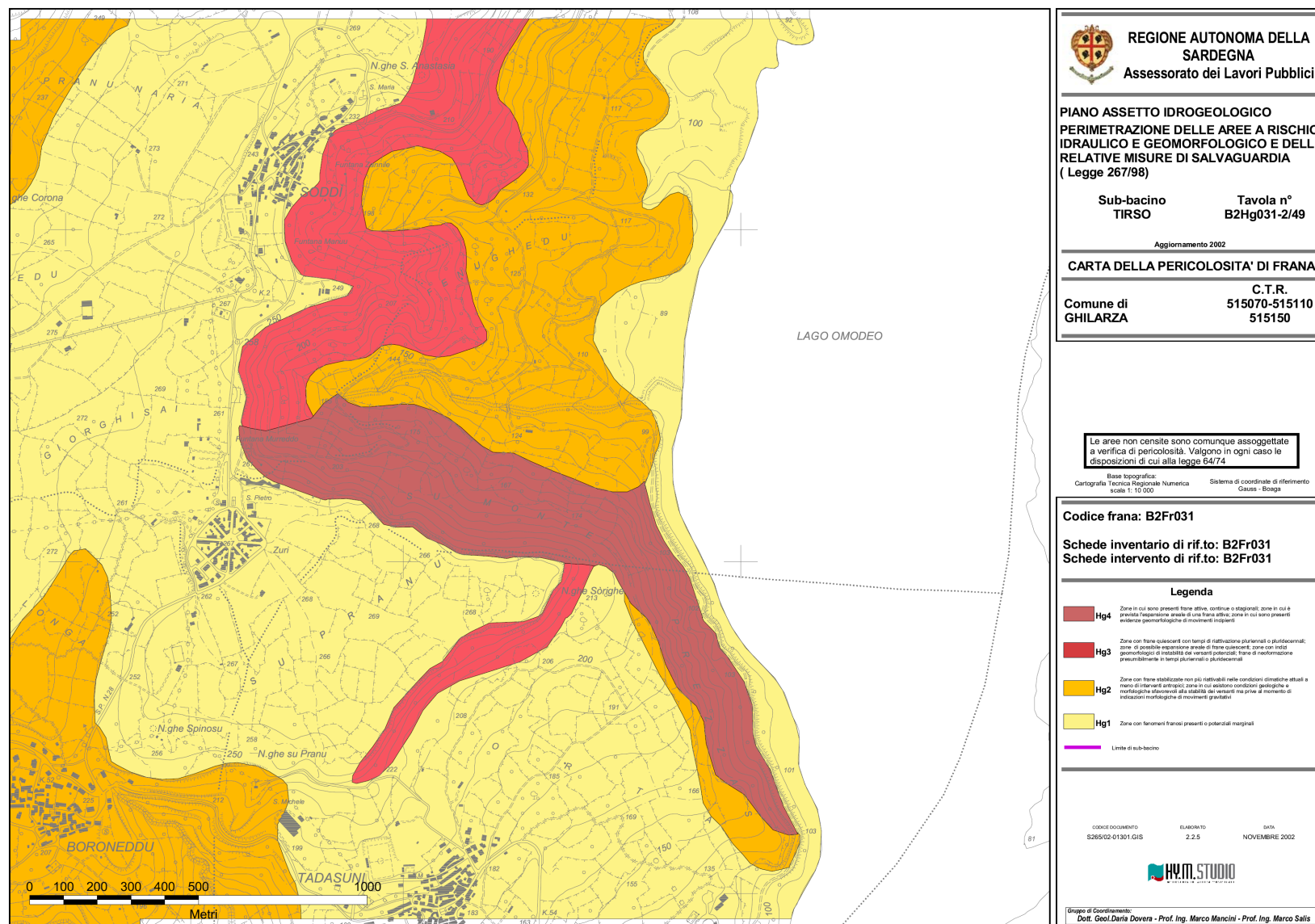
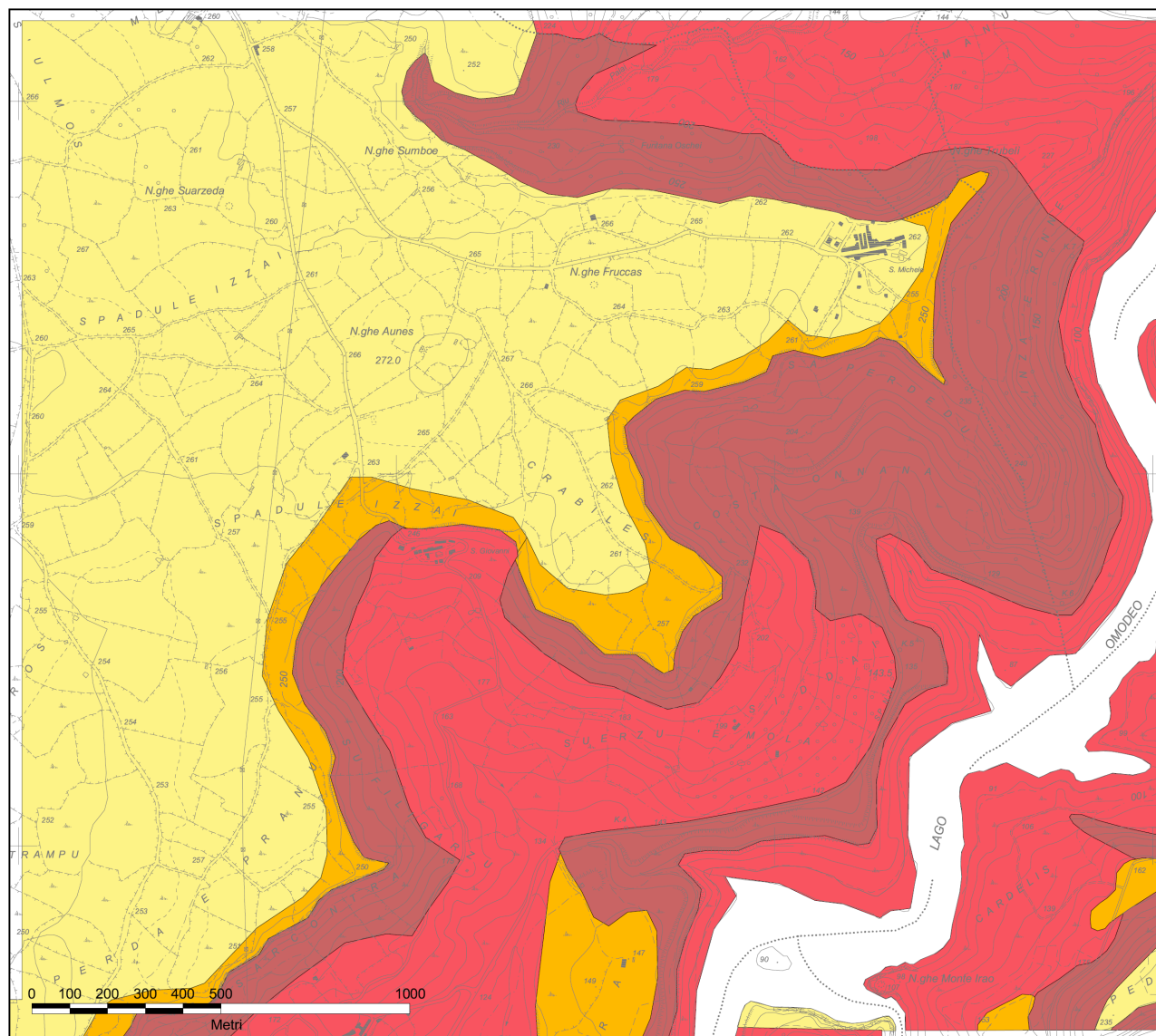


Figura 3 – Tavola B2Hg031-2/49 relativa alla pericolosità da frana, raffigurante la porzione settentrionale del Comune di Tadasuni.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
Assessorato dei Lavori Pubblici

PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO
PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO E GEOMORFOLOGICO E DELLE RELATIVE MISURE DI SALVAGUARDIA
(Legge 267/98)

Sub-bacino TIRSO Tavola n° B2Hg031-3/49

Aggiornamento 2002

CARTA DELLA PERICOLOSITA' DI FRANA

Comune di GHILARZA C.T.R. 515070-515110 515150

Le aree non censite sono comunque assoggettate a verifica di pericolosità. Valgono in ogni caso le disposizioni di cui alla legge 64/74

Base topografica:
Cartografia Tecnica Regionale Numerica
scala 1:10.000

Sistema di coordinate di riferimento:
Gauss - Boaga

Codice frana: B2Fr031

Schede inventario di rif.to: B2Fr031
Schede intervento di rif.to: B2Fr031

Legenda

- Hg4** Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali; zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti ingiuntivi
 - Hg3** Zone con frane quiescenti con tempi di riattivazione pluriennali o pluridecennali; zone di possibile espansione areale di frane quiescenti; zone con indizi geomorfologici di instabilità dei versanti potenziali; frane di riattivazione presumibilmente a tempi pluriennali o pluridecennali
 - Hg2** Zone con frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici; zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive di momento di instaurazione morfologica di movimenti ingiuntivi
 - Hg1** Zone con fenomeni franosi presenti o potenzialmente marginali
- Limite di sub-bacino

CODICE DOCUMENTO: S265/02-01301 GIS ELABORATO: 2.2.5 DATA: NOVEMBRE 2002

HVM.STUDIO
H.M. STUDIO

Gruppo di Coordinamento:
Dott. Geol. Daria Dovere - Prof. Ing. Marco Mancini - Prof. Ing. Marco Salis

Figura 4 - Tavola B2Hg031-3/49 relativa alla pericolosità da frana, raffigurante la porzione meridionale del Comune di Tadasuni.

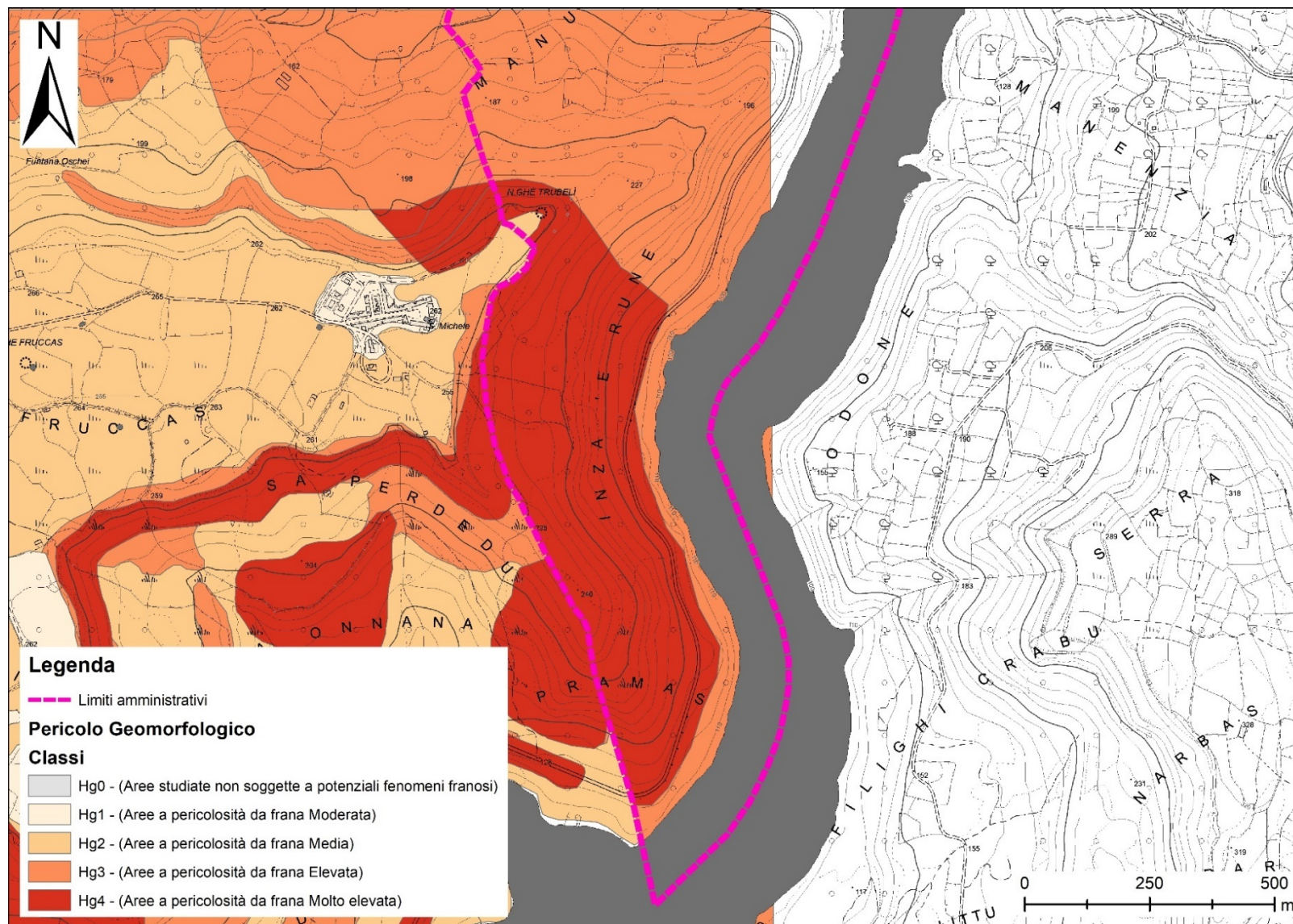


Figura 5 – Stralcio della cartografia PAI in scala 1:10.000 relativa alla pericolosità da frana nella porzione meridionale del Comune di Tadasuni, approvata con Delibera 8/5 del 15.02.2011.

Legenda

— Centro di Antica e Prima Formazione

Pericolo Art. 8 c.2

- Hg1 Pericolosità Moderata
- Hg2 Pericolosità Media
- Hg3 Pericolosità Elevata
- Hg4 Pericolosità Molto Elevata

Pericolo Approvato RAS

- Hg1 Pericolosità Moderata
- Hg2 Pericolosità Media
- Hg3 Pericolosità Elevata
- Hg4 Pericolosità Molto Elevata





COMUNE DI TADASUNI
Provincia di ORISTANO

**PIANO PARTICOLAREGGIATO
DEL CENTRO DI ANTICA E PRIMA FORMAZIONE**

Allegato alla Delibera del Consiglio Comunale n. ... del ...

PROGETTAZIONE

 **ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA DI CAGLIARI**
N. 8072
Dott. Ing. MAURO PIRAS

 **ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA**
Sezione A
N. 5911
Geol. GIUSEPPE NIEDDU

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. Giovanni Antonio Mura
Integrazione prestazioni specialistiche

Arch. Salvatore Iai
Geom. Alberto Belleroli
Ing. Roberto Barmasi

Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica

Ing. Mauro Piras
Geol. Giuseppe Nieddu

Il Sindaco
Mauro Porcu

Il Responsabile del procedimento
Ing. Francesca Meloni

**1g - Allegato all'elaborato 1c
Pericolosità da frana Art. 8 Comma 2**

PROGETTO	RESPONSABILE	CODICE ELABORATO	SCALA	Varie
MT1104	S.Iai	MT1104 D 01EG 1GTAV A		

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	Prima emissione	LUGLIO 2017	M.Piras	F.Barmasi	G.Mura

Metasociati S.r.l. - CISA 10891 - Corso Firenze 10/A 040301997 - Via C. Della Vite - 08100 MACOMEDIO S-S - Tel. 070 750414 Fax 070 750420
Via Roma, 221 - 09023 CAGLIARI (CA) - Tel. 070 7913273 Fax 070 7913273 - info@metasociati.com - metasociati@metasociati.com



Figura 6 – Elaborato MT1104-D-01EG-1GTAV-A allegato allo “Studio di Compatibilità Idraulica, Geologica e Geotecnica” approvato Delibera n. 10 del 19.06.2018, raffigurante la pericolosità da frana nel centro abitato di Tadasuni.

4 OBIETTIVI E METODOLOGIE DI LAVORO

Lo studio è stato predisposto per conformarsi alle indicazioni contenute nelle NTA del PAI. L'analisi dell'assetto geomorfologico finalizzata all'aggiornamento della pianificazione di settore a scala di dettaglio, è stata estesa a tutto il territorio comunale di Tadasuni, in conformità all'art. 8, comma 2 bis delle NTA del PAI.

4.1 PROCEDURA PER LA PERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA

Per quanto concerne la metodologia adottata per pervenire alla perimetrazione delle aree a pericolosità da frana, è stata utilizzata la procedura definita dalle LINEE GUIDA PER L'ADEGUAMENTO DEI PIANI URBANISTICI AL PPR E AL PAI, in conformità a quanto stabilito dalle Norme Tecniche di Attuazione del PAI.

Sono state individuate e definite le aree caratterizzate da una propensione al dissesto franoso, analizzando in dettaglio i potenziali dissesti al fine di individuare le condizioni in cui essi si verificano allo scopo di valutare l'influenza che tali condizioni rivestono sul territorio. Le risultanze di queste osservazioni sono riportate nella **CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO**, in scala 1:10.000, che descrive la pericolosità del territorio esaminato fornendo un quadro delle condizioni di stabilità complessiva e definendo i fenomeni di dissesto in atto e i fattori che determinano la suscettività dei versanti al verificarsi di movimenti gravitativi. Per determinare la **CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO** (elaborato **1024-CPF-11-2-GEO**) è stato necessario elaborare le seguenti cartografie tematiche:

CARTA GEOLITOLOGICA (elaborato **1024-GEO-07-0-GEO**): elaborata sulla base della "CARTA GEOLOGICA DI BASE DELLA SARDEGNA IN SCALA 1:25.000" predisposta dalla Regione Autonoma della Sardegna (in seguito indicata come RAS), questa carta è stata rivista e modificata in funzione dell'aumento di scala (1:10.000) riportando le risultanze dello specifico rilevamento geologico. Le differenti litologie rilevate sono state anche valutate dal punto di vista fisico-meccanico al fine di definire la loro influenza in termini di franosità potenziale. Pertanto ad ogni singola litologia è stato assegnato un peso con un valore che va da 1 a 9 in relazione alle caratteristiche litologiche secondo le indicazioni riportate nella Tabella 12 delle L. G. del PAI.

CARTA DELL'USO DEL SUOLO (elaborato **1024-UDS-08-0-GEO**): è stata predisposta utilizzando come base la "CARTA DELL'USO DEL SUOLO" in scala 1:25.000 predisposta dalla RAS, con riferimento alle Linee Guida del progetto Corine Land Cover. A ciascuna classe di uso del suolo è stato attribuito un peso in base alla loro impedenza al dissesto idrogeologico, con un valore minimo -2 (impedenza nulla) ad un valore massimo di +2 (impedenza massima). L'obiettivo di questa carta è quello di delineare un quadro conoscitivo delle caratteristiche vegetazionali e d'uso del suolo, utile per le procedure atte alla definizione dell'instabilità potenziale del territorio.

CARTA DELLE ACCLIVITÀ (elaborato **1024-CDA-06-0-GEO**): è stata ricavata a partire dal Modello Digitale del Terreno (DTM) messo a disposizione dalla RAS per il territorio regionale, elaborato tramite strumenti di analisi informatica in tre dimensioni che consentono di ottenere per ogni singola cella un valore di pendenza. L'elaborazione della carta delle pendenze, ha restituito un *raster* che, per ogni cella, restituisce il valore di *slope* calcolato, e che può essere riclassificato in classi di pendenza per fornirne una rappresentazione più facilmente leggibile. Le 5 classi di pendenze ottenute sono state "pesate" attribuendo a ciascuna classe un valore compreso tra - 2 e +2, così come previsto dalle L. G. del PAI (Tabella 11, pagina 25), ottenendo l'equivalenza intervalli di acclività/pesi.

CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE (elaborato **1024-CIP-10-0-GEO**): è una carta ottenuta dalla sommatoria (*overlay mapping*) dei pesi attribuiti ai diversi tematismi: **CARTA GEOLITOLOGICA + CARTA DELL'USO DEL SUOLO + CARTA DELLE ACCLIVITÀ = CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE**. Tale carta, in relazione alla relativa scala di valori definita dalle L. G. del PAI nella Tabella 14 (5 classi di instabilità potenziale con valori decrescenti di gravità), rappresenta la potenziale tendenza dei versanti a favorire l'insorgere di fenomeni di instabilità per frana.

CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI FENOMENI FRANOSI (elaborato **1024-CGM-09-2-GEO**): è stata sviluppata sulla base delle risultanze di un rilevamento delle forme e dei relativi processi morfodinamici attivi e in grado di innescare fenomeni franosi, effettuato attraverso sopralluoghi nel territorio comunale, supportati da una preventiva attività di fotointerpretazione condotta sulle ortofotografie della RAS, le foto satellitari di Google Earth e attraverso l'analisi DTM passo 10 m e 1 m della RAS. Le informazioni scaturite dal rilevamento delle forme distinte in funzione dei processi morfogenetici che le hanno prodotte sono state riportate sulla base piano altimetrica 10K (scala 1:10.000) della CTRN della Regione autonoma della Sardegna.

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO (elaborato **1024-CPF-11-2-GEO**): è il tematismo che conclude formalmente la procedura di analisi del territorio comunale ai sensi dell'art.8, comma 2 bis delle NA del PAI, nella quale tutti i settori non ancora censiti vengono distribuiti nelle classi di pericolosità secondo quanto definito dalle L. G. del PAI. Questa carta deriva dall'analisi critica dei tematismi precedentemente descritti e fornisce un quadro delle condizioni di stabilità complessiva e definendo i fenomeni di dissesto in atto e i fattori che determinano la suscettività dei versanti al verificarsi di movimenti gravitativi. Il tematismo, così come previsto dalle L. G. del PAI, deve rappresentare le condizioni di pericolosità del territorio attraverso il parametro Hg, secondo i quattro livelli di pericolosità descritti in Tabella 1. L'aggiornamento della pianificazione di settore a scala di dettaglio sancisce che per le aree urbane venga predisposta la **CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO – CENTRO ABITATO** (elaborato **1024-CPC-12-2-GEO**), che definisce nel dettaglio le aree a pericolosità da frana

all'interno del centro urbano, riportando le varie perimetrazioni su base topografica di dettaglio su scala 1:2.000.

CLASSE	INTENSITÀ	DESCRIZIONE
Hg0	Assente	Aree non soggette a fenomeni franosi con pericolosità assente e con pendenze < 20 %.
Hg1	Moderata	I fenomeni franosi presenti o potenziali sono marginali.
Hg2	Media	Zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetto di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento); zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi.
Hg3	Elevata	Zone in cui sono presenti frane quiescenti per la cui riattivazione ci si aspettano presumibilmente tempi pluriennali o pluridecennali; zone di possibile espansione di frane attualmente quiescenti; zone in cui sono presenti indizi geomorfologici di instabilità dei versanti e in cui si possono verificare frane di neoformazione presumibilmente in un intervallo di tempo pluriennale o pluridecennale.
Hg4	Molto elevata	Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali; zone in cui è prevista l'espansione di areale di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti.

Tabella 1 - Definizione dei livelli di pericolosità del territorio. (Fonte: Linee Guida del PAI - Vers. Agosto 2000 e Linee Guida per l'adeguamento dei PUC al PAI come Deliberazione n. 3 del 18.07.2007 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino).

CARTA DEL DANNO POTENZIALE DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO (elaborato **1024-CDP-13-1-GEO**): che rappresenta uno degli elaborati fondamentali per il completamento dello studio proposto, riporta tutti gli elementi a rischio ai sensi del DPCM 29.09.1998. Il tematismo descrive le condizioni di pericolosità del territorio attraverso il parametro E, che distingue quattro classi di elementi a rischio a cui viene assegnato un peso compreso tra 0.25 e 1.00 in funzione della sensibilità degli elementi descritti. Nella cartografia dovranno essere quindi rappresentati tutti gli elementi nei quali è ipotizzabile una qualche forma di danno per l'incolumità delle persone, gli agglomerati urbani, le infrastrutture a rete e le vie di comunicazione.

CARTA DEL RISCHIO DA FRANA DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO (elaborato **1024-CRF-14-2-GEO**): costituisce l'elaborato conclusivo dello studio ai sensi dell'art.8 comma 2 bis delle NTA del PAI; sulla base delle risultanze riportate nella carta della pericolosità da frana e nella carta degli elementi a rischio si può definire il rischio geologico come il prodotto fra la pericolosità **Hg**, gli elementi a rischio **E** e la loro vulnerabilità **V** secondo la seguente espressione:

$$R_g = H_g E V$$

La Carta del Rischio, così come predisposto dalle Linee Guida del PAI, dovrà rappresentare le condizioni di pericolosità del territorio attraverso il parametro **Rg** secondo i quattro livelli di rischio descritti nella tabella sottostante.

L'aggiornamento della pianificazione di settore a scala di dettaglio sancisce che per le aree urbane venga predisposta la **CARTA DEL RISCHIO DA FRANA DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO - CENTRO ABITATO** (elaborato **1024-CRC-15-2-GEO**).

CLASSE	RISCHIO
Rg1	Moderato
Rg2	Medio
Rg3	Elevato
Rg4	Molto elevato

Tabella 2 - Classi di rischio definite secondo il parametro Rg.

5 ANALISI STORICA DEI DISSESTI

L'analisi storica dei dissesti rappresenta il primo passo verso la comprensione delle dinamiche e dell'evoluzione dei fenomeni franosi che hanno interessato e che tuttora insistono sul territorio del comune di Tadasuni. I fenomeni franosi più significativi conosciuti sono stati censiti nell'ambito dei seguenti progetti.

5.1 DOCUMENTAZIONE STORICA

L'analisi della documentazione storica in possesso dell'Amministrazione Comunale di Tadasuni non ha evidenziato la presenza di eventi franosi di rilevante interesse.

5.2 AVI - AREE VULNERABILI ITALIANE

Curato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche, che negli anni tra 1991 ed il 1992, elaborò il censimento delle aree del paese colpite da frane e da inondazioni per il periodo 1918-1990, successivamente esteso agli anni dal 1991 al 1994. Nonostante le numerose limitazioni, dovute alla complessità del territorio italiano, alla diversa sensibilità e conoscenza sia attuale che storica dell'impatto che le frane e le inondazioni hanno sul territorio, ed alle risorse limitate, il censimento rappresenta il più completo ed aggiornato archivio di notizie su frane e inondazioni avvenute in questo secolo mai realizzato in Italia.

La ricerca condotta negli archivi AVI per il territorio comunale di Tadasuni non ha evidenziato la presenza di fenomeni franosi censiti.

5.3 IFFI - INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN ITALIA

Progetto realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome d'Italia, fornisce un quadro dettagliato sulla distribuzione dei fenomeni franosi sul territorio italiano, con un inventario che ad oggi ha censito oltre 620.808 fenomeni franosi. Tutti i fenomeni franosi sono dotati di un Punto Identificativo del Fenomeno Franoso (PIFF) che, per convenzione, coincide con il Punto a quota più alta del coronamento della frana stessa nel punto di quota maggiore. Nel caso in cui il fenomeno non è cartografabile, ovvero rappresentato solo con un punto, il PIFF coincide con il punto stesso.

La ricerca condotta negli archivi IFFI per il territorio comunale di Tadasuni non ha evidenziato la presenza di fenomeni franosi censiti.

5.4 PAI - FRANE CENSITE DAL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Nell'ambito del progetto PAI nel territorio del Comune di Tadasuni non sono stati individuati e pertanto censiti eventi franosi.

6 ELABORAZIONE CARTOGRAFICA DEL DATO GEOLOGICO

Per la caratterizzazione geologica del territorio in studio si è fatto riferimento alla “Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000” predisposta dalla RAS in collaborazione con la Progemisa Spa, che ha messo a disposizione il suo patrimonio cartografico (Ricerche Minerarie di Base, 1980-1999; Progetto CARG, 1993-2008), le conoscenze geologiche e la professionalità. Tale cartografia, che copre l’intero territorio regionale, nasce con l’obiettivo di supportare i comuni nell’adeguamento dei propri strumenti urbanistici al Piano Paesaggistico Regionale (PPR) ed al Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI).

La cartografia di base è stata attentamente analizzata attraverso un esame critico avvalendosi delle competenze degli operatori e delle consulenze degli esperti nel campo della geologia della Sardegna. In questa fase, la revisione della carta geologica di base si è avvalsa sia delle informazioni derivanti dalla fotointerpretazione sia dalle indicazioni ottenute attraverso sopralluoghi mirati condotti dai geologi facenti parte del gruppo di lavoro che da anni operano nel contesto regionale.

L’analisi fotointerpretativa è stata realizzata mediante l’utilizzo di postazioni fotogrammetriche digitali dotate di software e hardware idoneo alla visione stereoscopica delle immagini unitamente alla possibilità di gestire i dati acquisiti tramite software GIS. Ciò ha consentito di integrare e/o correggere i contatti tra le differenti unità litostratigrafiche. In particolare, l’analisi ha permesso di arricchire la cartografia con l’inserimento delle coperture di età quaternaria che vengono generalmente trascurate nella cartografia a piccola scala, ma che risultano di fondamentale importanza nella definizione del modello geologico finalizzato alla definizione delle aree a pericolosità da frana. Per la predisposizione della legenda si è seguito il criterio adottato dalla RAS in accordo con la normativa del Servizio Geologico d’Italia e con il Progetto CARG nonché delle norme per l’adeguamento del PUC al PPR.

In accordo con la normativa definita dal Servizio Geologico d’Italia con il Progetto CARG, per la Legenda della Carta Geologica vale il criterio litostratigrafico, e per i depositi quaternari quello delle UBSU (o Sintemi); alcune formazioni sono riunite in gruppi e/o suddivise in membri; in alcune formazioni sono presenti particolari litofacies che sono state cartografate separatamente.

Per una migliore fruibilità ed una lettura appropriata la legenda è stata strutturata secondo una gerarchia che include in ordine discendente:

- I. Ere;
- II. Periodi;
- III. Successioni, Complessi, Zone strutturali, secondo la distribuzione geografica in Sardegna;
- IV. Gruppi di formazioni, Distretti vulcanici, Unità tettoniche;
- V. Unità cartografiche, costituite da formazioni, membri, litofacies.

Infine, per la simbologia dei tematismi si è cercato, per quanto possibile, di seguire quella adottata dal Progetto CARG, secondo quanto definito nei Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, Serie III e successive integrazioni.

6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

Il contesto geologico dell'area in studio si è evoluto in stretto rapporto con i più importanti eventi tettonici e vulcanici manifestatisi nell'Isola nell'ambito dell'evoluzione geodinamica cenozoica del Mediterraneo occidentale.

Nell'arco temporale Oligocene-Burdigaliano, l'area geografica corrispondente all'attuale Sardegna insieme alla Corsica, era parte del margine meridionale della placca euroasiatica. In questa fase, la crosta oceanica appartenente alla placca di Adria, sub-unità della più estesa placca africana, subiva un processo di subduzione al di sotto di tale margine. Questo fenomeno di convergenza tettonica tra le due placche tettoniche ha portato alla formazione della catena Nord-Appenninica, con l'orogenesi delle Alpi Apuane, di cui la micro placca sardo-corsa rappresenta il retropaese.

Con l'avanzamento della subduzione, caratterizzata da un movimento verso nord-ovest, si è generato un arco vulcanico su crosta continentale nell'area che corrisponde alla Sardegna attuale. In questo contesto, si sono formati diversi bacini intra-arco con orientazioni variabili, influenzate dalle precedenti strutture tettoniche regionali, ad orientamento NE-SW nel settentrione (con i bacini di Chilivani-Berchidda, Castelsardo, Ottana, ecc.) e NW-SE nel meridione (Sarcidano, Trexenta e Marmilla).

La persistenza del regime convergente tra la placca europea e Adria, associata a un arretramento flessurale verso sudest della placca subdotta, ha determinato nel Burdigaliano (circa 21 Ma) il distacco della microplacca sardo-corsa dal continente europeo, seguito da una rotazione antioraria compresa tra 35° e 45°. Questo processo ha portato, nel Langhiano (circa 16 Ma), alla configurazione spaziale odierna tra l'Europa occidentale e il blocco sardo-corso.

Nel corso di questa fase, il margine sud-europeo è stato soggetto a un'estensione tettonica che ha portato a un significativo assottigliamento della crosta continentale, evolvendo verso una crosta di tipo intermedio. Questo ha favorito lo sviluppo progressivo di un bacino retro-arco, corrispondente all'odierno Mediterraneo occidentale, denominato bacino Algero-Provenzale. In questo contesto, si sono formate nuove strutture bacinali intra-arco orientate circa N150 (tra cui i bacini di Porto Torres e Logudoro nel nord della Sardegna, e quelli di Campidano, Trexenta e Marmilla nel sud), che intersecavano le precedenti formazioni bacinali legate alla convergenza iniziale.

Queste prime due fasi geodinamiche sono state caratterizzate da un'intensa attività vulcanica di tipo calcalalino.

La prima fase ha visto la prevalenza di effusioni laviche di composizione andesitica, mentre la seconda fase è stata dominata da flussi piroclastici di composizione riolitico-dacitica. L'apice dell'attività vulcanica si colloca tra i 21 e i 18 Ma, sovrapponendosi parzialmente alla fase di massima estensione crostale associata alla formazione del bacino Algero-Provenzale, situata tra i 21 e i 16 Ma.

Nell'area circostante il Lago Omodeo, i prodotti del vulcanismo oligo-miocenico sono evidenziati dalle Unità del Distretto Vulcanico di Ottana, le quali si distinguono per la presenza di depositi di flusso piroclastico di natura pomiceo-cineritica, in associazione con sedimenti di origine fluvio-lacustre.

La sequenza piroclastica, che si presenta prevalentemente in facies ignimbritica con chimismo tendenzialmente riolitico, trova la sua espressione iniziale nell'Unità di Nughedu San Vittoria (NVT). Quest'ultima è caratterizzata dalla presenza di depositi piroclastici che variano da mediamente a fortemente saldati, presentando una struttura che evolve da vitroclastica a eutaxitica. A questi si affiancano i sedimenti fluvio-lacustri dell'omonima litofacies (NVTa). Proseguendo nella successione, si incontra l'Unità di Ardauli (DUL), distinta da depositi di flusso piroclastico anch'essi in facies ignimbritica, ma con una composizione chimica riodacitica e una struttura etuaxitica. La chiusura della sequenza vulcanica è segnata dalle piroclastiti dell'Unità di Sedilo (EDI), anch'esse caratterizzate da un chimismo riodacitico, che rappresentano l'ultimo episodio di questa significativa attività vulcanica.

Le formazioni vulcaniche sono sovrastate dai depositi appartenenti alla successione sedimentaria oligo-miocenica del bacino del Tirso. Alla base di questa sequenza sedimentaria si collocano le Arenarie di Sedilo (SEI), caratterizzate da strati di arenarie conglomeratiche. Queste sono seguite dalle Arenarie di Dualchi (DAL), che presentano una composizione simile ma si distinguono per particolari caratteristiche litologiche. Proseguendo nella stratigrafia, si incontrano i conglomerati e le formazioni marne-arenacee appartenenti alla Formazione di Tadasuni (TDI). La successione sedimentaria si completa con le Arenarie di Boroneddu (RDU), che rappresentano l'apice di questa sequenza. L'intero insieme di questi depositi sedimentari si colloca cronologicamente in un intervallo che va dal Burdigaliano superiore fino al Pliocene medio-superiore, sebbene esistano incertezze specifiche riguardo la precisa datazione di alcune di queste unità.

A partire dal Tortoniano superiore, la migrazione retrograda (roll-back) della placca subdotta, ha indotto la formazione del bacino del Mar Tirreno. Inizialmente, la configurazione settentrionale di questo bacino comprendeva l'area della Corsica e l'arcipelago toscano, per poi estendersi verso la formazione del Tirreno meridionale. Quest'ultimo processo ha lasciato una significativa impronta tettonica anche in Sardegna, con la generazione di molteplici sistemi di faglie prevalentemente orientati in direzione nord-sud. Questi ultimi sono evidenziati anche dall'andamento della costa orientale dell'isola, con la fossa del Campidano che emerge come la struttura geologica più prominente, la cui configurazione sembra rispecchiare la

dinamica e la cinematica di strutture simili identificate attraverso indagini sismiche anche in mare. Il contesto distensivo delineato ha facilitato un'intensa attività vulcanica durante il Plio-Pleistocene, nonché fenomeni vulcanici attuali, nell'area del Tirreno meridionale. I prodotti di queste fasi vulcaniche sono osservabili in varie località della Sardegna, inclusi Marmilla, Monte Arci, Montiferro, Campeda. Nell'area in studio, le manifestazioni vulcaniche riconducibili al magmatismo del Plio-Quaternario emergono principalmente nella parte occidentale del Lago Omodeo, contribuendo alla formazione dell'unità fisiografica denominata Plateau di Abbasanta. Questa area è distintiva per la presenza delle andesiti basaltiche appartenenti alla Subunità di Dualchi (BPL2), le quali sono parte integrante dell'Unità dei Basalti della Campeda-Planargia.

La tettonica associata alla fase distensiva che caratterizza il Plio-Quaternario ha interessato in modo particolare il sud-ovest dell'isola, mentre nella regione centrale ha determinato una riattivazione parziale dei principali sistemi di faglia. In questo contesto, si evidenziano significativi fenomeni di cattura fluviale che hanno provocato la deviazione dei principali corsi d'acqua di origine miocenica, accompagnata dal trasporto e dalla deposizione di notevoli volumi di materiale alluvionale. Questi processi di rimodellamento morfodinamico hanno continuato ad operare nel corso del Quaternario, influenzati dall'alternarsi di periodi glaciali e interglaciali, con le conseguenti fluttuazioni del livello marino.

Nel Pleistocene ha luogo una sedimentazione prevalentemente continentale modulata dall'alternanza di fasi glaciali e interglaciali e relative variazioni del livello del mare. Si riattivano quindi i processi morfogenetici di versante che portano alla formazione di conoidi alluvionali e alla deposizione, lungo i fondovalle delle principali aste fluviali, di depositi conglomerati incisi in diversi ordini di terrazzi (I e II ordine) durante il Pleistocene e l'Olocene. Nell'ambito dell'area esaminata, i sedimenti olocenici si manifestano sotto forma di coltri eluviali discontinue (b2), risultanti dall'accumulo di detriti generati dall'alterazione in loco del substrato roccioso. Questi detriti, composti da clasti di dimensioni variabili inseriti in una matrice argillosa o arenitica, testimoniano la diversità dei processi erosivi e di trasporto che hanno caratterizzato l'area nel tempo. Parallelamente, si osservano depositi colluviali e di versante (a), costituiti da materiali di dimensioni eterogenee, con clasti grossolani derivanti prevalentemente da processi gravitativi lungo i pendii. Inoltre, le frane attive o in fase di attivazione (a1), delineano aree di instabilità dove si rilevano accumuli disordinati di materiale eterogeneo, indicativi di dinamiche di movimento del terreno in atto. La presenza di zone urbane e periurbane, come nel caso dell'area di Tadasuni, implica una modifica del paesaggio geologico naturale, a causa dell'intervento antropico. Il substrato geologico, in tali contesti, tende a essere occultato da depositi di origine antropica (h1r), quali riporti e materiali inerti utilizzati in ambito edilizio, che riflettono l'interazione tra le attività umane e l'ambiente geologico locale.

6.2 CARATTERI GEOLOGICI DELLE FORMAZIONI E DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE CARTOGRAFATE

Riferendoci all'elaborato **1024-GEO-07-0-GEO**, procederemo ora alla descrizione delle principali caratteristiche macroscopiche delle formazioni e delle unità litostratigrafiche individuate e rappresentate nell'area oggetto di studio. Questa analisi dettagliata mira a fornire una comprensione approfondita della stratigrafia e della composizione litologica del territorio esaminato, basandosi sull'accurata mappatura geologica effettuata.

6.3 COMPLESSO VULCANICO OLIGO-MIOCENICO DELLA SARDEGNA CENTRO-SETTENTRIONALE

Il ciclo oligo-miocenico è caratterizzato da un'intensa attività esplosiva, come suggerito dai grandi volumi di ignimbriti messi in posto, e da una più modesta attività effusiva, che presentano affinità composizionale con la serie calcalina e, in minore misura, con quelle tholeitica e peralcalina.

Nell'area del Lago Omodeo si osserva una successione vulcanica di circa 300 metri di spessore giacente in discordanza sul basamento paleozoico e/o, localmente, copre o è intercalata con i conglomerati rossastri, continentali e poligenici comunemente attribuiti alla Formazione di Ussana. Questa sequenza è formata da diverse unità di flussi piroclastici saldati, con lenti locali di sedimenti continentali composti da conglomerati (spessore di 3 m; tra i villaggi di Sorradile e Nughedu Santa Vittoria) e depositi tufacei che mostrano strutture a grana diretta e inversa.

La successione vulcanica diminuisce di spessore verso est ed è frammentata da una fitta rete di faglie che danno origine a un paesaggio dominato da blocchi inclinati. Sono stati osservati due principali sistemi di faglie, uno con orientamento N30-N70 e l'altro approssimativamente orientato verso NS.

Alla scala dell'affioramento si osserva, nelle ignimbriti saldate, un articolato sistema di discontinuità prodotte dalla contrazione dell'ammasso roccioso durante il raffreddamento dei flussi piroclastici (T circa 600-700 °C), e in un secondo momento, legate al movimento delle lineazioni tettoniche collegate alle faglie di importanza regionale che interessano il centro Sardegna.

6.3.1 DISTRETTO VULCANICO DI OTTANA

NVT-NVTa - Unità di Nughedu S. Vittoria (Età: Burdigaliano): è costituita da una successione di piroclastiti di flusso, in facies ignimbritica e caratterizzate da un marcato chimismo riolitico. Questi flussi, da mediamente a fortemente saldati, esibiscono una gamma di texture da vitroclastiche a eutaxitiche, con una presenza significativa di fenocristalli liberi di plagioclasio (Pl), sanidino (Sa), anfibolo (Am) e biotite (Bt). Si osservano livelli arricchiti in litici di natura andesitica che conferiscono alla roccia un carattere estremamente eterogeneo. I prodotti di questa unità sono riconoscibili per l'elevato grado di saldatura e per il caratteristico colore bruno-rossastro che li contraddistingue.

L'Unità si rinviene nella porzione meridionale del territorio comunale, in un affioramento con spessore massimo osservato di circa 40 m, a valle della S.P. 74, in posizione basale lungo il versante che digrada verso il lago Omodeo. In questo contesto le piroclastiti, fortemente saldate, dell'Unità di Nughedu S. Vittoria, danno luogo ad un tratto di costa alta che si estende per circa 2 km, con altezze che variano da un minimo di 10 metri a un massimo di 20 metri. Le rocce in affioramento sono interessate da un articolato sistema di discontinuità variamente orientato, legato, alle contrazioni dei depositi piroclastici in fase di raffreddamento, e agli effetti prodotti dalla geodinamica della fitta rete di faglie che interessa l'area.

Associata all'Unità di Nughedu S. Vittoria si riscontra la presenza di una litofacies, fluvio-lacustre costituita da un'alternanza ritmica di livelli centimetrici di sabbie ciottolose alluvionali e argille di colore variabile tra il grigio chiaro e il grigio scuro, con rari livelli conglomeratici identificata in carta dalla sigla NVTa. Localizzata al tetto dell'Unità di Nughedu S. Vittoria, affiora con uno spessore massimo osservato di circa 50 m lungo il versante a monte della S.P. 74.

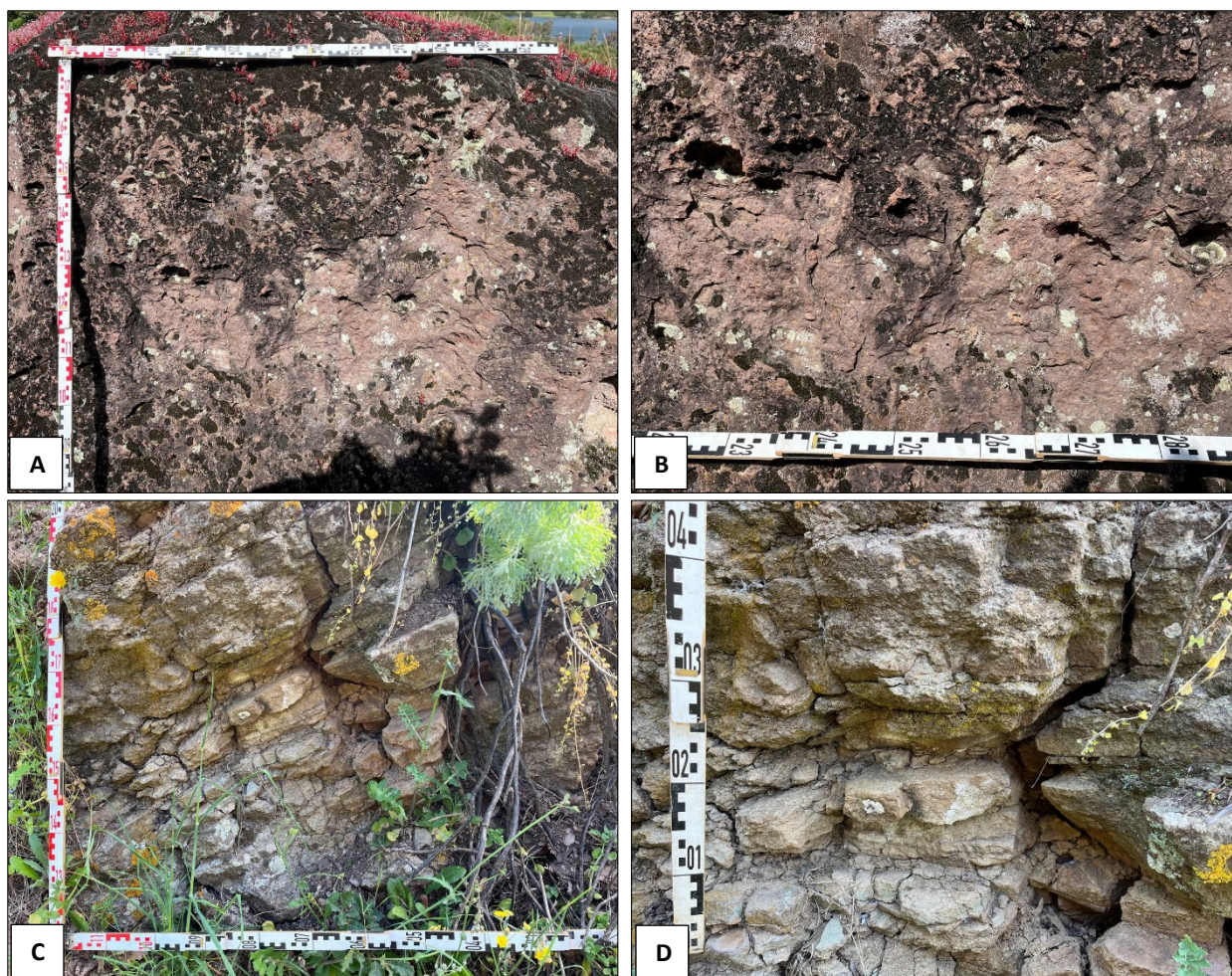


Figura 7 – (A-B) Piroclastiti di flusso in facies ignimbritica (NVT) affioranti a valle della SP74. (C-D) Alternanza ritmica di livelli di sabbie argille appartenenti alla Litofacies nell'Unità NVT, identificata con la sigla NVTa.

DUL – Unità di Ardauli (Età: Burdigaliano): è costituita da una sequenza di piroclastiti in facies ignimbrítica stratificate per flusso, saldate, coerenti, compatte, di colore rossastro, a chimismo riodacitico.

La struttura predominante è eutassitica, con la presenza di cristalli liberi di plagioclasio (Pl), sanidino (Sa) e anfibolo (Am), la porzione basale risulta spesso vetrosa. Questi depositi presentano gli aspetti giacitureali macroscopici tipici delle coltri ignimbrítiche, come la mancanza di scorie sia a letto che a tetto e la presenza di strutture di saldatura come fiamme schiacciate e allungate, con dimensioni che vanno dal centimetro al decimetro. L’affioramento principale, il cui spessore massimo osservato è di circa 80 metri, è localizzato nel settore meridionale del Comune di Tadasuni, a monte della S.P. 74, in località Inza ‘e Rune; è delimitato a nord da una faglia diretta che mette le ignimbriti dell’Unità di Ardauli a diretto contatto con le Arenarie di Sedilo (SEI) facenti parte della successione sedimentaria oligo-miocenica del bacino del tirso. In affioramento, le ignimbriti dell’Unità di Tadasuni si presentano molto simili alle litologie dell’Unità di Nughedu S. Vittoria.

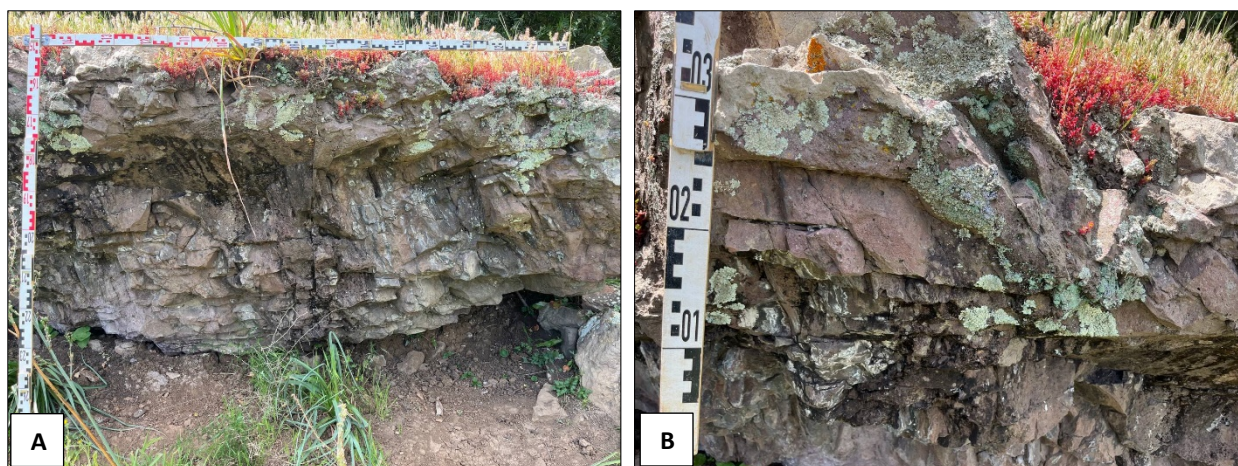


Figura 8 – (A-B) Piroclastiti in facies ignimbrítica stratificate affioranti in località Inza ‘e Rune.

EDI – Unità di Sedilo (Età: Burdigaliano): è caratterizzata da depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, con una colorazione tra il biancastro e il beige, a prevalente chimismo riodacitico. Presentano una matrice pomiceo-cineritica, debolmente saldata e frequentemente argillificata. Sono particolarmente ricchi in pomici e includono cristalli distinti di plagioclasio (Pl), sanidino (Sa), biotite (Bt) e quarzo (Qz). La facies basale è costituita da cineriti a granulometria fine, debolmente saldate, che gradatamente passano ad una facies sommitale di tipo pomicea, dall’aspetto massivo e colore variabile dal giallastro al nocciola, in cui si evince un’abbondante presenza di pomici biancastre, con dimensioni fino a 6-7 cm. L’Unità di Sedilo affiora limitatamente nel settore meridionale del territorio comunale, in località Manurra e costituisce l’unità terminale, della successione vulcanica oligo-miocenica che interessa il territorio comunale di Tadasuni. Le ignimbriti dell’Unità di Sedilo possiedono un minore grado di saldatura,

risultando dunque più facilmente erodibili. Questa caratteristica si manifesta negli affioramenti, dove le ignimbriti, essendo più facilmente erodibili, hanno generato forme del terreno più morbide.

6.4 SUCCESIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DEL BACINO DEL TIRSO

SEI – Arenarie di Sedilo (Età: Chattiano Sup.? – Burdigaliano Inf.): sono costituite da arenarie grossolane conglomeratiche, ad elementi paleozoici e subordinatamente vulcanici. Poggiano in discordanza sulle vulcaniti, segnando l'inizio del ciclo sedimentario post-ignimbritico. Hanno una tessitura eterogenea, e la granulometria è prevalentemente quella delle sabbie molto grosse. Il feldspato rosa si rinviene tra i componenti principali. Le sabbie, generalmente di colore rossastro, sono caratterizzate da una stratificazione parallela, spesso si rinvengono anche con stratificazione incrociata. Le facies affioranti nel bacino del Lago Omodeo, decisamente più grossolane, costituiscono veri e propri banchi conglomeratici, molto compatti, con caratteri strutturali e giaciture tipici dell'ambiente fluviale. In corrispondenza degli strati sommitali, le Arenarie di Sedilo sono caratterizzate da un'abbondante flora fossile. L'unità poggia in discordanza sugli ultimi prodotti del vulcanismo oligo-miocenico, segnando l'inizio del ciclo sedimentario post-ignimbritico. I principali affioramenti sono localizzati nel settore meridionale del comune, in corrispondenza della località Manurra, e in buona parte del bacino del lago Omodeo. Inoltre, risulta delimitata a sud da una faglia diretta.

DAL – Arenarie di Dualchi (Età: Burdigaliano): sono caratterizzate da un'alternanza di strati arenaceo-conglomeratici e argillosi, appartenenti a facies che vanno dalla fluvio-lacustre alla fluvio-deltizia, con estensione fino alla facies di litorale. All'inizio della sequenza, si osserva un'arenaria-conglomeratica di vario colore, che spazia dal rossastro al grigiastro, contenente elementi paleozoici e una fauna fossile limitata, principalmente rappresentata da piccoli pettinidi. Man mano che ci si sposta verso la parte superiore della sequenza, si assiste a un graduale passaggio a conglomerati fossiliferi. La stratificazione delle Arenarie di Dualchi è principalmente parallela, ma si possono trovare anche esempi di stratificazione incrociata. L'unità possiede una granulometria che varia da media a grossolana, la cui classazione va crescendo da E verso W e da N verso S nell'area di deposizione. I principali affioramenti sono localizzati nelle località Prezzas e Su Cantaru. Questa formazione mostra una transizione quasi continua ai depositi della soprastante Formazione di Tadasuni.

TDI – Formazione di Tadasuni (Età: Burdigaliano Medio-Sup. – Langhiano): è caratterizzata da un conglomerato basale, a componente arenacea, con un'abbondante presenza di faune a molluschi (Ostrea, Cardium, e Pecten) ed echinodermi. La transizione verso l'alto evidenzia una sequenza marnoso-arenacea, con colorazioni che spaziano dal giallo al grigio-verdastro. La sequenza è organizzata in banchi con potenza variabile da metrici a decimetrici in giacitura sub-orizzontale, con intercalati strati centimetrici marnoso-carbonatici. Il contenuto di macro e micro-fossili risulta abbondante. Nei termini più sabbiosi, sono

frequentemente visibili laminazioni piano-parallele e ondulazioni dovute a variazioni granulometriche e tessiturali. L'ambiente deposizionale della formazione è di tipo marino di piattaforma interna.

La Formazione affiora estesamente in tutto il settore centro-settentrionale del comune, comprendendo anche parte dell'areale in cui sorge l'abitato, risultando ben visibile in corrispondenza delle trincee stradali.

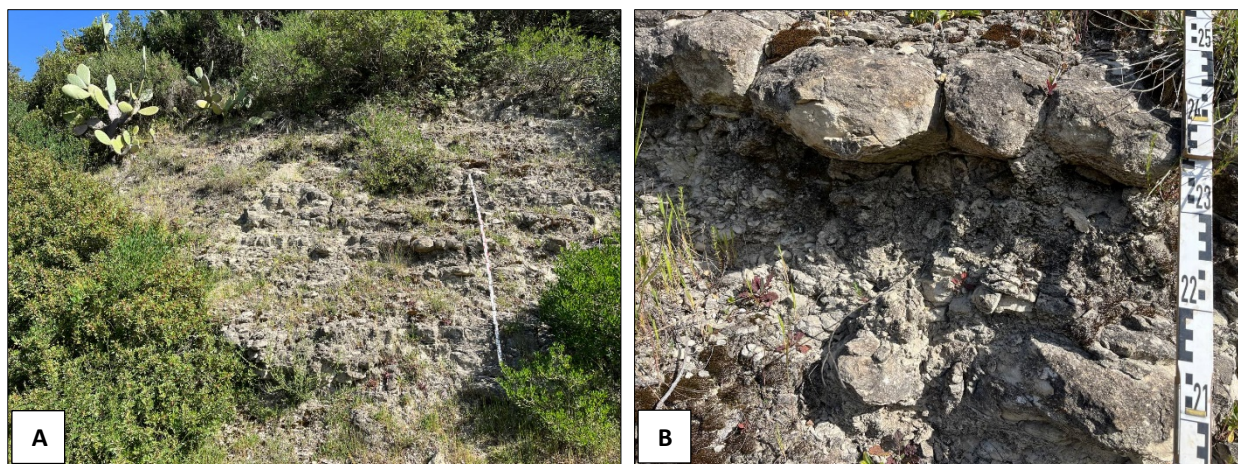


Figura 9 – (A-B) Affioramento della Formazione di Tadasuni in facies marnoso-arenacea in località Sos Funtaneddos.

RDU - Arenarie di Boroneddu (Età: Burdigaliano Sup. – Langhiano): sono costituite da strati arenacei con spessori variabili da centimetrici a decimetrici, caratterizzati da una colorazione grigio-giallastra e una stratificazione presente solo localmente. Questi strati sono ricchi di componenti micacei, il che suggerisce un'intensa attività di erosione e di trasporto di sedimenti. La combinazione di sterilità fossile e la presenza di intercalazioni argillose e conglomeratiche riflette una dinamica deposizionale variabile, alternando condizioni di bassa e alta energia deposizionale. Tali condizioni indicano un ambiente deposizionale fluttuante tra litorale e fluvio-deltizio, tipico di zone costiere dinamiche dove i processi fluviali e marini interagiscono frequentemente.



Figura 10 – (A-B) Affioramento delle Arenarie di Boroneddu in una scarpata artificiale nei pressi del campo sportivo di Tadasuni.

6.5 BASALTI DEI PLATEAU – BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA

BPL2 – Sub-Unità di Dualchi (Età: Pliocene Medio-Sup. - ?Pleistocene Inf.): è costituita prevalentemente da andesiti basaltiche subalcaline e trachibasalti, oltre a basalti debolmente alcalini. Le rocce si caratterizzano per la loro tessitura porfirica, con una presenza marcata di fenocristalli di plagioclasio (Pl), clinopirosseno (Cpx), ortopirosseno (Opx) e olivina (Ol). La tessitura porfirica e la composizione dei fenocristalli indicano una cristallizzazione sotto condizioni di raffreddamento rapido, tipico degli ambienti vulcanici subaerei. Le colate basaltiche si caratterizzano per una vescicolazione evidente nelle parti basale e sommitale delle colate, che talvolta presentano una sottile foliazione per flusso magmatico planare. Sono presenti strutture deformative della foliazione primaria legate a movimenti post-messa in posto. Un denso reticolo di discontinuità di raffreddamento, che possono estendersi per diverse decine di metri, sottolinea un rapido raffreddamento del magma con conseguenti processi di fratturazione e autobrecciatura. Questi fenomeni hanno portato alla formazione di un ammasso roccioso con caratteristiche strutturali disomogenee, delineando blocchi di varie dimensioni e superfici di scivolamento inclinate. I principali affioramenti, che formano importanti tavolati delimitati da cornici, sono localizzati a monte dell'abitato di Tadasuni presso la località Su Pranu, e nella porzione meridionale del territorio comunale, in corrispondenza del Nuraghe Trubeli.

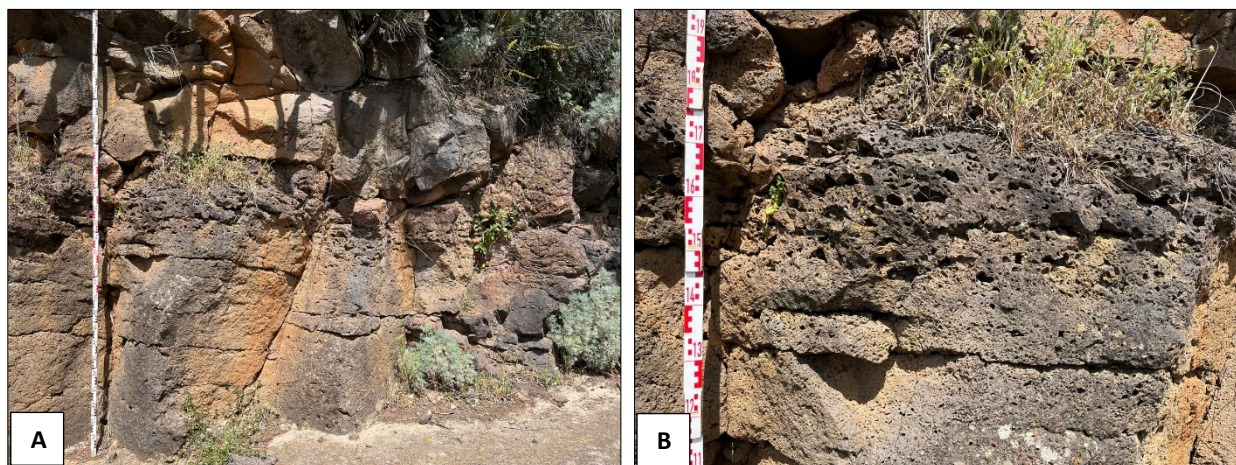


Figura 11 – (A-B) Andesiti basaltiche in affioramento lungo un taglio stradale nei pressi della chiesa campestre di San Michele.

6.6 DEPOSITI QUATERNARI DELL'AREA CONTINENTALE

a₁ - Depositi di frana (Età: Olocene):

i depositi di frana olocenici sono il risultato di processi gravitativi recenti e/o attivi, spesso innescati da agenti atmosferici come piogge intense e prolungate, alternanza di cicli di gelo e disgelo di modesta entità. Questi depositi si formano quando il materiale roccioso si distacca dalle pareti più acclivi, accumulandosi alla base. Possono includere una vasta gamma di materiali, dai blocchi di roccia alle particelle fini di suolo e sedimento, e si osservano soprattutto nelle aree caratterizzate da forti pendenze.

Il materiale che costituisce i depositi di frana è tipicamente eterogeneo, composto da blocchi rocciosi, frammenti angolari di varia grandezza, detrito fine e materiale argilloso o sabbioso. Lo spessore varia a seconda dell'area e del tipo di frana, ma generalmente i depositi di frana olocenici non sono molto spessi rispetto a quelli di altre epoche, proprio per la loro formazione recente e il continuo rimodellamento.

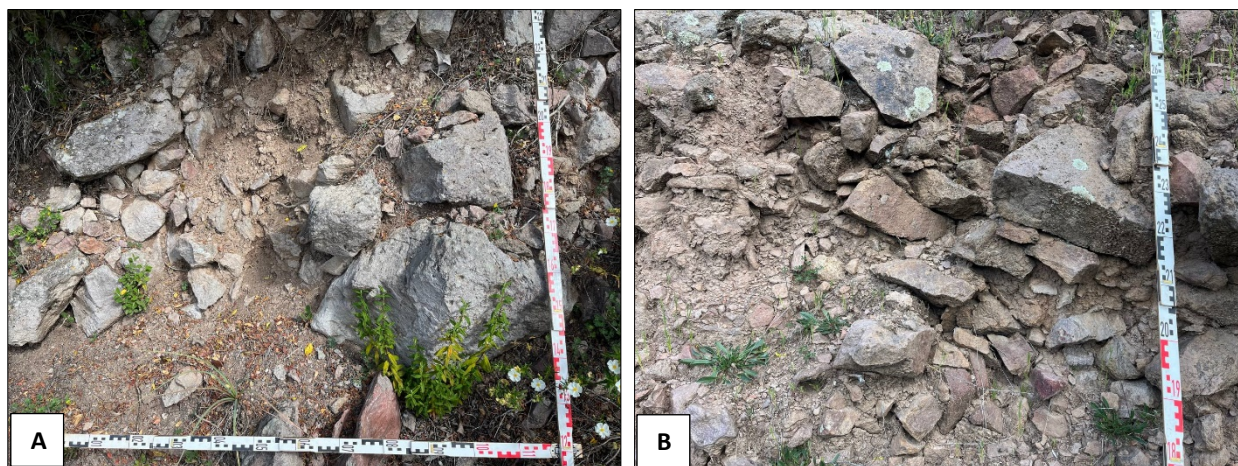


Figura 12 – (A-B) Depositi di frana visibili in corrispondenza di una scarpata artificiale in località Inza e' Rune.

a - Depositi di versante (Età: Olocene): si tratta di coperture detritiche di varia genesi, con prevalenza per quelli dovute alla gravità ed in subordine a fenomeni di ruscellamento areale. Sono costituiti prevalentemente da coltri detritiche con scheletro clastico a spigoli vivi e a granulometria generalmente variabile, da subcentimetrica a decimetrica, localmente associato ad una matrice costituita da sabbie limo-argillose e/o limi e argille in varie proporzioni, distribuite in modo irregolare lungo tutta la fascia che contorna gli altopiani basaltici. Nella realtà tale coltre è ben più diffusa rispetto a quanto riportato nella **CARTA GEOLITOLOGICA (1024-GEO-07-0-GEO)** nella quale sono state privilegiate le aree di maggior spessore e continuità, derivanti dai rilievi eseguiti lungo la rete di strade e sentieri che attraversano il territorio comunale: in ogni caso questa unità è stata indubbiamente estesa rispetto a quanto presente nella cartografia geologica ufficiale proprio per l'importanza connessa con le potenzialità di questi depositi di favorire fenomenologie franose.

b₂ - Coltri eluvio-colluviali (Età: Olocene): si tratta di depositi derivanti dall'alterazione della roccia madre in situ e dal trasporto dei prodotti dell'alterazione da parte della gravità e del ruscellamento diffuso lungo i versanti. Hanno uno spessore variabile compreso tra poche decine di centimetri (0,20 ÷ 0,5 m) ed alcuni metri (1,0 ÷ 2,0 m). Hanno una tessitura da sabbiosa franca a franco sabbiosa, buona permeabilità, un contenuto in scheletro clastico variabile, costituito da ciottoli di dimensioni centimetriche, spigoli vivi, immersi in una matrice prevalentemente limo-sabbiosa e limo-argillosa, un colore da giallo scuro a beige. Nell'area in studio gli affioramenti più interessanti si rinvencono lungo il fondovalle. Le caratteristiche complessive dei terreni eluvio-colluviali, a causa del mediocre addensamento e della assenza di legante,

favoriscono l'attivazione di processi d'erosione lineare e areale da parte di acque di ruscellamento, facilitate dalla acclività crescente e da pratiche agricole non adeguate (es: arature a ritocchino su versanti a pendenza maggiore del 20 %). Risultano invece stabili nei settori sub-pianeggianti. La tipologia di franosità prevalente capace di coinvolgere questi depositi è pertanto di tipo essenzialmente corticale.

h_{1r} – Depositi antropici (Età: Olocene): data la forte antropizzazione che ha caratterizzato e che caratterizza l'area in studio, è inevitabile che il substrato geologico descritto sia localmente ricoperto dai depositi dell'attività antropica derivanti soprattutto dall'accumulo di materiali di riporto e aree di bonifica. Tali depositi possiedono una coltre ben più diffusa rispetto a quanto indicato nella cartografia geologica (**1024-GEO-07-0-GEO**), dove sono state enfatizzate sole le zone con strati più spessi e omogenei. Questa selezione si è basata principalmente sui dati raccolti lungo le principali arterie stradali e sentieri che attraversano il territorio comunale di Tadasuni.

6.7 ATTRIBUZIONE DEI PESI ALLE CLASSI LITOLOGICHE

Le differenti litologie rilevate e riportate nell'elaborato cartografico **1024-GEO-07-0-GEO**, ampiamente descritte nei paragrafi precedenti, sono state anche valutate dal punto di vista fisico-meccanico al fine di definire la loro influenza in termini di franosità potenziale.

Secondo le Linee Guida PAI, la scala dei valori numerici da applicare per ciascuna litologia va da 1 a 9 in base alle caratteristiche di resistenza, compattezza e alterazione delle litologie studiate: pertanto, in riferimento alla tabella indicativa riportata nelle Linee Guida, sulla base dell'esperienza e soprattutto sulle informazioni a carattere litotecnico raccolte per ogni singola unità litostratigrafica presente nel territorio in studio, sono stati assegnati i pesi a ciascuna unità litostratigrafica cartografata e riportati in Tabella 2.

Risulta evidente che le classi litologiche a cui è stato attribuito un coefficiente numerico, non siano rappresentative della variabilità dei litotipi presenti sul territorio regionale.

Questo, in generale, rappresenta un parziale elemento di criticità che non consente di valutare in modo accurato e razionale l'incidenza del dato geologico in relazione ai fattori che contribuiscono alla predisposizione al dissesto dell'intero territorio sardo.

Nell'ambito del presente studio i coefficienti numerici da utilizzare ai fini della valutazione del dato geologico sono stati attribuiti in modo tale da soppesare in maniera quanto più precisa possibile l'incidenza dell'assetto geologico locale.

TIPO	SIGLA	DESCRIZIONE UNITÀ	PESO
DEPOSITI QUATERNARI DELL'AREA CONTINENTALE			
AMBIENTE CONTINENTALE – SEDIMENTI LEGATI ALLA GRAVITÀ			
AA0_008	h _{1r}	Depositi antropici. Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE	3
AA1_001	b ₂	Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE	3
AA1_002	a	Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE	1
AA1_003	a ₁	Depositi di frana. Corpi di frana. OLOCENE	1
SUCCESSIONE VULCANO-SEDIMENTARIA PLIO-PLEISTOCENICA			
COMPLESSO VULCANICO PLIO-PLEISTOCENICO			
BASALTI DEI PLATEAU			
BA1_011	BPL ₂	Subunità di Dualchi (BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA). Andesiti basaltiche subalcaline, porfiriche per fenocristalli di Pl, Cpx, Opx, Ol; in estesi espandimenti. Trachibasalti e basalti debolmente alcalini, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx; in estese colate. PLIOCENE SUP.	7
SUCCESSIONE VULCANO-SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA			
SUCCESSIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DELLA SARDEGNACENTRO-SETTENTRIONALE			
SUCCESSIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DEL BACINO DEL TIRSO			
CA2_001	RDU	ARENARIE DI BORONEDDU. Sabbie grigio-giallastre, localmente stratificate, sterili, a componente micacea abbondante, con locali intercalazioni argillose e conglomeratiche. Ambiente da litorale a fluvio-deltizio. BURDIGALIANO SUP? - PLIOCENE MEDIO-SUP.?	4
CA2_003	TDI	FORMAZIONE DI TADASUNI. Conglomerato basale, a componente arenacea variabile, con faune a molluschi (Ostrea e.m., Cardium, Pecten) ed echinodermi, passante verso l'alto ad arenarie. Alternanze marnoso-arenacee, in banchi decimetrici più o meno compatti. Abbondanti macro- e micro-fossili. ("Serie marnoso-arenacea di Tadasuni"). Ambiente marino di piattaforma interna. BURDIGALIANO MEDIO-SUP. - LANGHIANO?	4
CA2_005	DAL	ARENARIE DI DUALCHI. Sabbioni conglomeratici rossastri e grigiastri, ad elementi paleozoici e vulcanici, localmente fossiliferi (scarsi e piccoli pettinidi), passanti verso l'alto a conglomerati fossiliferi. Ambiente fluvio-deltizio e litorale. BURDIGALIANO	4
CA2_006	SEI	ARENARIE DI SEDILO. Sabbioni conglomeratici, generalmente rossastri, ad elementi prevalentemente paleozoici e subordinatamente vulcanici. Abbondante flora fossile negli strati sommitali. Ambiente continentale. CHATTIANO SUP.? - BURDIGALIANO INF.	4
COMPLESSO VULCANICO OLIGO-MIOCENICO DELLA SARDEGNA CENTRO-SETTENTRIONALE			
DISTRETTO VULCANICO DI OTTANA			
CB5_001	EDI	UNITÀ DI SEDILO. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, a chimismo riodacitico, pomiceo-cineritici, debolmente saldati, spesso argillificati, ricchi in pomici, con cristalli liberi di Pl, Sa, Bt, Qtz. (K/Ar 19,4 ± 1 Ma: Lecca et alii, 1997). BURDIGALIANO	6
CB5_005	DUL	UNITÀ DI ARDAULI. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, a chimismo riodacitico, con struttura eutaxitica e cristalli liberi di Pl, Sa, Am; porzione basale vetrosa. BURDIGALIANO	6
CB5_012	NVT	Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, a chimismo riolitico, da mediamente a fortemente saldati, con strutture da vitroclastiche ad eutaxitiche, con cristalli liberi di Pl, Sa, Am, Bt. BURDIGALIANO	6
CB5_013	NVT _a	Litofacies nell'UNITÀ DI NUGHEDU S. VITTORIA. Deposito sedimentario ritmico, di ambiente fluvio-lacustre. BURDIGALIANO	4

Tabella 2 – Litologie individuate sul territorio comunale di Tadasuni, con attribuzione dei relativi pesi.

7 ELABORAZIONE CARTOGRAFICA DELL'USO DEL SUOLO

Per la predisposizione della **CARTA DELL'USO DEL SUOLO** (elaborato **1024-UDS-08-0-GEO** in scala 1:10.000) del territorio comunale di Tadasuni si è fatto riferimento alla "CARTA DELL'USO DEL SUOLO IN SCALA 1:25.000" predisposta dalla RAS nel 2003 per l'intero territorio regionale, ed aggiornata nel 2008.

Un'analisi preliminare dei dati ha evidenziato come alcune classi d'uso del suolo riportate nella cartografia di base della RAS siano variate nel corso degli anni, con potenziali effetti stabilizzanti e/o destabilizzanti per ciò che concerne le aree a rischio di frana. Pertanto ai fini del presente studio si è ritenuto opportuno modificare e aggiornare la cartografia di base in funzione delle informazioni fornite dalle foto satellitari (fonte AGEA 2019 e Google Earth 2022), che nonostante non siano aggiornate a circa due anni fa, consentono di apportare un sostanziale miglioramento nell'informazione territoriale; i dati sono stati inoltre integrati dalle osservazioni dirette sul territorio condotte principalmente sulle aree a maggiore pericolosità.

Le classi d'uso del suolo sono state definite sulla base della legenda della Carta dell'Uso del Suolo della RAS (derivante a sua volta dalla Legenda del Corine Land Cover) che si fonda su 5 classi principali (Superfici artificiali, Territori agricoli, Territori boscati ed altri ambienti seminaturali, Territori umidi, Corpi idrici) e si sviluppa per successivi livelli di dettaglio, con un massimo di 5, in funzione della scala di rappresentazione.

LE PRINCIPALI MODIFICHE APPORTATE ALLA CARTA RIGUARDANO:

- **Superfici artificiali**: adeguamento del perimetro delle zone urbanizzate alla reale espansione residenziale, inserimento delle principali vie di comunicazione stradale principali e secondarie;
- **Territori agricoli e Aree boscate**: accorpamento di celle contigue con medesima classe d'uso del suolo e ridefinizione di alcuni poligoni le cui classi d'uso sono variate nel corso degli anni;
- **Corpi idrici**: inserimento in cartografia di invasi artificiali ed aggiornamento del perimetro delle zone umide interne;
- **Analisi delle aree percorse da incendio**: grazie al database multiprecisione della RAS che riporta le perimetrazioni delle aree percorse da incendio negli anni compresi tra il 2004 e il 2014 è stato possibile valutare le condizioni di rinaturalizzazione e/o il ripristino dell'uso del suolo alle condizioni precedenti l'incendio delle aree degradate. Sulla base di queste considerazioni sono stati soppesati i punteggi (pesi) da attribuire alle varie classi di uso del suolo. Inoltre la Carta dell'Uso del Suolo è integrata con l'aggiunta dello strato informativo relativo alle aree percorse da incendio negli ultimi 10 anni.

7.1 ANALISI DELL'USO DEL SUOLO

Le formazioni vegetali rappresentano un efficace mezzo di difesa nei confronti dell'erosione superficiale, proteggono il suolo dall'azione battente dell'acqua piovana, favoriscono l'infiltrazione, regimano e rallentano i deflussi superficiali, con effetti positivi in termini di protezione fisica e idrologica dei suoli. La vegetazione, eventualmente combinata con elementi strutturali, contribuisce naturalmente al controllo dei processi di instabilità, soprattutto superficiali, dei pendii naturali e delle scarpate artificiali. La copertura vegetale costituisce un importante fattore di protezione del terreno dall'azione erosiva esercitata dagli agenti esogeni ed un efficace azione di consolidamento del terreno esercitata attraverso l'apparato radicale. Pertanto a ciascuna classe di uso del suolo è stato attribuito un peso in base alla loro impedenza al dissesto idrogeologico, con un valore minimo -2 (impedenza nulla) ad un valore massimo di +2 (impedenza massima), utilizzando come riferimento la tabella indicativa riportata nelle L. G. del PAI, che riporta i pesi relativi a 25 classi d'uso del suolo presenti nel territorio sardo. I dati proposti dal PAI sono stati valutati criticamente sulla base dell'esperienza e soprattutto sulla base delle informazioni raccolte in situ. Nella Tabella 3 sono rappresentati i pesi corrispondenti alle classi d'uso del suolo presenti nel territorio in studio.

UDS_COD	DESCRIZIONE	PESO
3.2.1	Aree a pascolo naturale	0
3.2.4.1	Aree a ricolonizzazione naturale	1
2.4.4	Aree agroforestali	-1
2.4.3	Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti	-2
3.1.1.1	Bosco di latifoglie	2
2.4.1.1	Colture temporanee associate all'olivo	0
2.2.3	Oliveti	0
2.1.1.2	Prati artificiali	-1
2.1.1.1	Seminativi in aree non irrigue	-2
3.1.1.2.2	Sugherete	2
1.1.2.1	Tessuto residenziale rado e nucleiforme	0
3.2.3.2	Gariga	1
1.4.2.1	Aree ricreative e sportive	0
3.2.3.1	Macchia mediterranea	1
2.4.2	Sistemi colturali e particellari complessi	-1
1.1.1.1	Tessuto residenziale compatto e denso	0
1.2.2.1	Reti stradali e spazi accessori	-1
1.4.3	Cimiteri	0
2.1.2.4	Colture in serra	0

Tabella 3 - Classi d'uso del suolo individuati sul territorio comunale di Tadasuni con attribuzione dei pesi.

8 ELABORAZIONE CARTOGRAFICA DELLA PENDENZA DEI VERSANTI

La **CARTA DELLE ACCLIVITÀ** (elaborato **1024-CDA-06-0-GEO** in scala 1:10.000) è un elaborato di grande importanza per la valutazione della stabilità dei versanti. Questo elaborato è stato realizzato avvalendosi del DTM (Digital Terrain Model) che rappresenta la distribuzione delle quote del terreno privo di elementi antropici o vegetazionali. I dati di partenza sono quelli relativi al DTM passo 10 m che rappresenta la morfologia del terreno tramite struttura a griglia con maglie regolari quadrate di dimensioni pari a dieci metri per dieci, integrati con i dati del DTM passo 1 m (dove disponibile). Per omogenizzare i dati e renderli funzionali agli obiettivi del lavoro i dati di partenza sono stati ricampionati riportandoli ad una maglia 5 x 5 m che descrive in maniera esaustiva le peculiarità del territorio in studio.

L'elaborazione del DTM attraverso strumenti informatici per l'analisi delle superfici, ha consentito di calcolare il tasso di variazione tra il valore di una cella e quello delle celle contigue, ovvero il massimo rapporto tra la differenza di quota e la distanza, ottenendo così delle celle con un valore di pendenza espresso in percentuale, utile a rappresentare con una buona approssimazione l'acclività di tutta l'area in studio. Il progressivo aumento della pendenza di un versante corrisponde in molti casi ad un aumento del suo grado di instabilità, favorisce l'azione erosiva delle acque superficiali e facilita il trasporto verso valle di porzioni di suolo e di materiale detritico, agevola inoltre il distacco ed il crollo di rocce poco coerenti o intensamente fratturate. La difesa naturale che impedisce il verificarsi di tali fenomeni è rappresentata principalmente dalla copertura vegetale il cui sviluppo diviene comunque difficoltoso con l'aumentare della pendenza e può essere fortemente influenzato dal pascolo intensivo e dai periodici incendi che ritardano la rinaturalizzazione dei luoghi. Dall'analisi della carta delle pendenze si ricava la conformazione morfologica del territorio di Tadasuni, prevalentemente collinare caratterizzata da un tabulato basaltico pianeggiante delimitato da versanti con pendenza da moderate a molto elevate, che localmente si configurano come scarpate caratterizzate da un'acclività >50 %. Poiché a parità di altre condizioni l'acclività favorisce l'insorgere di dissesti ad opera della gravità, dall'analisi della carta geotematica in essere e dalla distribuzione dei colori rappresentativi delle differenti classi di pendenza (quest'ultima cresce dal verde al rosso) è logico aspettarsi che la dinamica dei versanti sia localizzata, in prevalenza, lungo i versanti con valori di acclività media >35 %.

8.1 ATTRIBUZIONE DEI PESI

Le 5 classi di pendenze ottenute sono state "pesate" attribuendo a ciascuna classe un valore compreso tra -2 e +2, così come previsto dalle L. G. del PAI, ottenendo l'equivalenza intervalli di acclività-pesi così come riportato nella seguente tabella.

CLASSI DI PENDENZA (%)	CLASSI DI PENDENZA (°)	PESO
0-10 %	0÷5.5°	+2
11-20 %	5.6÷12°	+1
21-35 %	13÷20°	0
36-50 %	21÷27°	-1
>50 %	>27°	-2

Tabella 4 - Classi di pendenza adottate ed attribuzione dei pesi.

9 ELABORAZIONE DELLA CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE

La valutazione della instabilità potenziale è stata condotta secondo l'approccio indicato dall'Assessorato ai Lavori Pubblici della Regione Sardegna nelle Linee guida – Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia (D.L. 180 e Legge 267 del 3-08-1998), che mira alla realizzazione di una carta di sintesi elaborata con criteri di oggettività ed omogeneità, basata sull'attribuzione di diversi “pesi” ai fattori della franosità secondo un approccio sostanzialmente euristico di indicizzazione delle cause.

Sono quindi stati utilizzati i fattori di franosità rappresentati nelle altre “cartografie intermedie” realizzate (litologia, pendenza dei versanti, uso del suolo) alle quali sono stati applicati i coefficienti indicati nelle suddette linee guida.

L'elaborazione dei tre tematismi di base è stata realizzata attraverso il criterio dell'*overlay mapping*, metodo di calcolo automatico realizzato in ambiente GIS che permette di sommare i pesi assegnati a ciascun tematismo, e di riprodurre il risultato nell'elaborato cartografico che rappresenta l'instabilità potenziale dei versanti indagati.

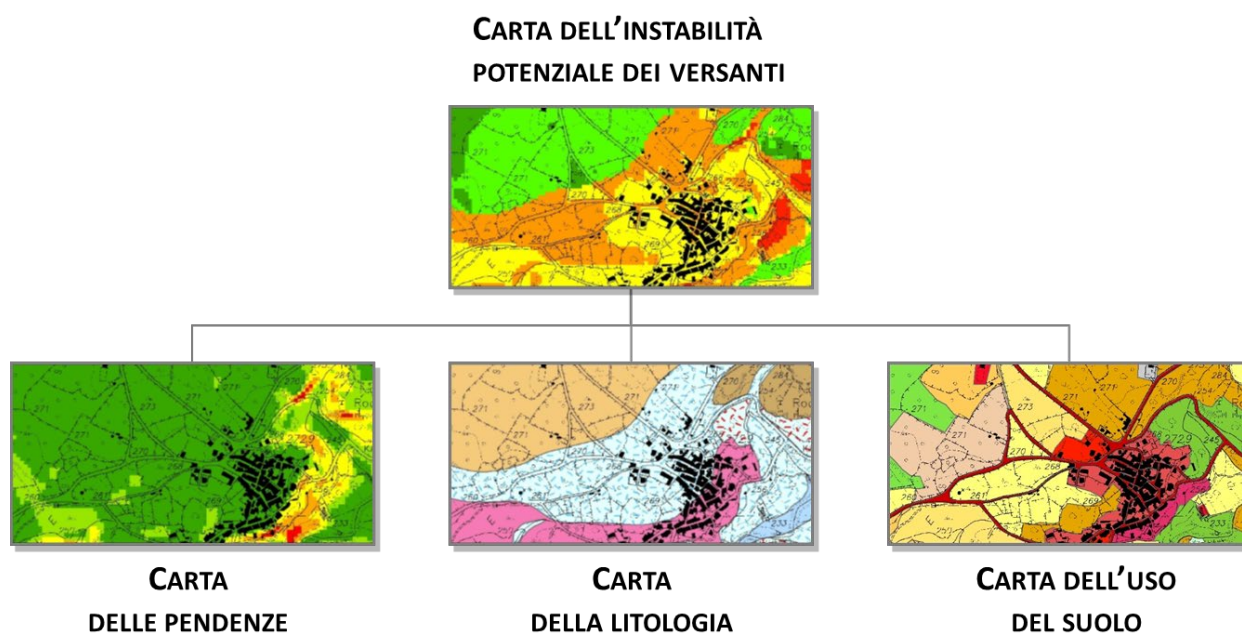


Figura 13 – Diagramma di flusso che indica i passaggi per la redazione della Carta dell'instabilità potenziale.

Le Linee Guida PAI propongono 5 classi di instabilità potenziale, con valore decrescente di gravità. La classe di maggiore instabilità è quella corrispondente ai valori più bassi dei pesi (sono quindi ridotte le qualità dei fattori considerati) mentre un pendio stabile è rappresentato dai valori più alti (i fattori che contribuiscono hanno buone caratteristiche di tenuta e si definiscono “fattori di protezione”). Le classi proposte secondo le Linee Guida PAI sono riportate in Tabella 5 del presente documento.

CLASSE DI INSTABILITÀ	DESCRIZIONE	PESI	
		DA	A
1	Situazione potenzialmente stabile	10	12
2	Instabilità potenziale limitata	7	9
3	Instabilità potenziale media	4	6
4	Instabilità potenziale forte	1	3
5	Instabilità potenziale massima	-3	0

Tabella 5 – Classi di instabilità potenziale.

La **CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE** (elaborato **1024-CIP-10-0-GEO** in scala 1:10.000) rappresenta la potenziale tendenza dei versanti a favorire l'innescio di fenomeni di instabilità per frana, a prescindere dalla tipologia stessa di dissesto o della loro frequenza/magnitudo. Costituisce pertanto un indice teorico di instabilità che deve essere rimodulato nella determinazione della pericolosità reale in funzione di un'analisi territoriale atta ad individuare, oltre alle differenti modalità attraverso le quali può manifestarsi il dissesto (tipologia di frana e stato di attività), la reale condizione morfodinamica dei luoghi studiati. La metodologia utilizzata, frutto di un mero calcolo matematico, non tiene però conto del reale assetto morfodinamico dei luoghi, pertanto al fine di ottenere una CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO, che rispecchi le reali condizioni di pericolosità del territorio, la CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE ottenuta è stata analizzata e discussa in modo critico soprattutto sulla base delle risultanze fornite dalla CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI FENOMENI FRANOSI, che riporta un quadro più attendibile dei processi morfodinamici attivi sul territorio in studio.

9.1 ANALISI CRITICA DELLA CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE

Dall'analisi critica della Carta dell'Instabilità Potenziale si evidenzia come il PAI, allo stato attuale, non contempli e definisca appieno tutte le tipologie di dissesto e come alcuni tematismi, usati arbitrariamente senza essere debitamente contestualizzati, possano produrre un considerevole aumento dell'instabilità potenziale. L'uso del suolo gioca un ruolo predominante nella determinazione delle classi di instabilità potenziale; tale parametro ha una variazione temporale molto ristretta, talvolta anche annuale (territori colpiti da incendi, la ripresa ed il tipo di lavorazioni agricole o il loro abbandono, disboscamento, realizzazione di piste e stradelli di penetrazione agraria trasversali ai versanti etc.), che può far variare, in modo significativo, l'intensità del fenomeno e contemporaneamente anche il risultato cartografico derivante dall'utilizzo acritico della metodologia prevista nel PAI per la determinazione della instabilità potenziale. In fase di informatizzazione del dato "uso del suolo", ad ogni classe viene assegnato un peso compreso tra +2 e -2, indipendentemente dalla posizione dell'osservatore, senza tener conto delle

variazioni piano altimetriche e della relativa variazione che ogni singolo peso può assumere in funzione delle caratteristiche del territorio in cui viene inserito.

Di conseguenza, dal punto di vista urbanistico, ci potremmo trovare dinanzi a terreni attigui, ma con diversa classe di instabilità potenziale in funzione dei soli cambiamenti della classe d'uso del suolo, con possibilità di variazioni nella destinazione urbanistica che non tengono conto della reale pericolosità dei luoghi e dei fenomeni morfologici in atto.

Nel caso in esame si ha una buona coincidenza tra la CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE e la CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO, in quanto si è proceduto a attribuire un peso adeguato alle litologie e all'uso del suolo.

10 ELABORAZIONE CARTOGRAFICA DEL DATO MORFOLOGICO E DELLA FRANOSITÀ

La **CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI FENOMENI FRANOSI** (elaborato **1024-CGM-09-2-GEO** in scala 1:10.000), è stata redatta a partire dalla cartografia esistente attraverso l'analisi della documentazione di pertinenza ISPRA (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia, progetto IFFI) e dell'Autorità di Bacino (PAI).

I dati di partenza sono stati integrati attraverso il lavoro di fotointerpretazione e rilevamento di campagna, condotto con l'obiettivo di perfezionare e dettagliare la cartografia geomorfologica nelle aree di maggior interesse individuabili nei sottobacini che comprendono i centri abitati e la viabilità di rilevante importanza.

Per la predisposizione di questo tematismo si è seguito un approccio di studio moderno che ha consentito una migliore fotointerpretazione delle aree interessate da problematiche geomorfologiche, superando le limitazioni di un approccio classico bidimensionale.

Nel dettaglio, ci si è avvalsi di una metodologia GIS di visualizzazione tridimensionale dei dati disponibili, proiettando in 3D il dato fotografico ortorettificato tramite i modelli digitali del terreno disponibili. Questo ha consentito una migliore identificazione delle evidenze di possibili movimenti che in una classica visione 2D potrebbero sfuggire. L'analisi delle foto proiettate in 3D ha consentito, tra le altre cose, una miglior identificazione della geometria dei movimenti e delle aree di influenza degli stessi.

Sempre in ambiente GIS è stato fatto un ampio utilizzo dei modelli digitali del terreno (DTM passo 1 m e 10 m) utilizzati come dati sorgente per numerose elaborazioni di analisi spaziale (*Slope, Aspect, Contour*) che rappresentano un elemento informativo basilare nel campo della geomorfologia.

Dal punto di vista dell'analisi qualitativa i DTM offrono la possibilità di sovrapporre cartografie geologiche e geomorfologiche su *layer* di rilievo ombreggiati, migliorando fortemente la lettura e facilitando l'interpretazione di forme e lineamenti strutturali a piccola e grande scala.

La cartografia proposta è stata predisposta secondo le indicazioni riportate nelle "Linee Guida al Rilevamento della Carta Geomorfologica d'Italia – 1:50.000", proposte dal Servizio Geologico Nazionale, pubblicate nel 1994 sul Quaderno 4, serie III, e sulla base delle indicazioni date dalla RAS nelle "Linee Guida per l'Adeguamento dei Piani Urbanisti Comunali al PPR e al PAI" che sostanzialmente riprende e modifica alcuni aspetti delle linee guida del Servizio Geologico Nazionale.

Le informazioni scaturite dal rilevamento delle forme sono state riportate sul rilievo piano altimetrico 10K (scala 1:10.000) della CTRN della Regione Sardegna. Il tematismo Carta Geomorfologica riassume pertanto, attraverso una simbologia predefinita, i principali aspetti morfologici che possono concorrere nel determinare ed innescare processi di dissesto geologico-idraulico.

10.1 ASSETTO GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE

L'assetto geomorfologico dell'area in studio è fortemente condizionato dagli eventi geodinamici legati all'apertura del Bacino Sud-Tirrenico a cui è legato il vulcanismo effusivo di tipo fissurale con emissione di lave basaltiche, che ha portato alla formazione dei *plateaux* basaltici di Campeda, Abbasanta e alla formazione degli edifici vulcanici del Monte Arci e del Montiferro.

Il Comune di Tadasuni, situato nella Sardegna centro-occidentale, si sviluppa su una superficie di circa 5,26 km², di cui 1,48 km² occupati dalle acque del lago Omodeo, invaso artificiale su cui si affaccia il territorio comunale dal 1924. L'orografia è dominata da un paesaggio collinare risultato dell'erosione delle litologie vulcaniche e sedimentarie oligo-mioceniche contraddistinto dalla presenza di rilievi con forme tabulari prodotte a spese delle andesiti basaltiche plio-pleistoceniche.

I rilievi collinari, con un'altimetria variabile tra i 120 e i 200 m s.l.m., sono caratterizzati da morfologie morbide, con pendii poco acclivi aventi un'inclinazione variabile tra il 5 % e il 30 % ($2^{\circ}\pm 16^{\circ}$), solcati dai principali corsi d'acqua. Le forme dolci sono tipiche delle litologie prevalentemente sedimentarie e subordinatamente vulcaniche, che nelle facies presenti nell'area in studio mostrano una particolare sensibilità all'alterazione da parte degli agenti atmosferici.

Se si esclude la presenza del Fiume Tirso, trasformato nell'area in studio nell'attuale Lago Omodeo attraverso la costruzione della diga di Santa Chiara presso Ula Tirso, il reticolo idrografico risulta essere scarsamente sviluppato. Il reticolo, caratterizzato da un pattern da dendritico a sub-dendritico e da un carattere torrentizio stagionale, recapita il deflusso direttamente al Lago Omodeo.



Figura 14 – Acquisizione fotografica con punto di scatto in località Manurra raffigurante il territorio collinare caratteristico del Comune di Tadasuni e il Lago Omodeo.

I rilievi tabulari di genesi andesitica, localizzati a nord dell'abitato di Tadasuni in località Su Pranu e nella porzione meridionale del territorio comunale in località Inza 'e Rune, contraddistinguono la morfologia di una ridotta porzione dell'area in studio. Le superfici tabulari sub-pianeggianti debolmente inclinate in direzione SSE, collocate a circa 260 m s.l.m., sono delimitate da versanti bordieri molto acclivi, con una pendenza >50%. In località Su Pranu, il versante è formato da andesiti basaltiche, mentre in località Inza 'e Rune, il versante è costituito da depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, collocati stratigraficamente alla base delle litologie basaltiche. Le andesiti basaltiche sono caratterizzate da un tipico sistema di fratture colonnari sub-verticali chiaramente visibili negli affioramenti che costituiscono le cornici dei rilievi tabulari in località Su Pranu.

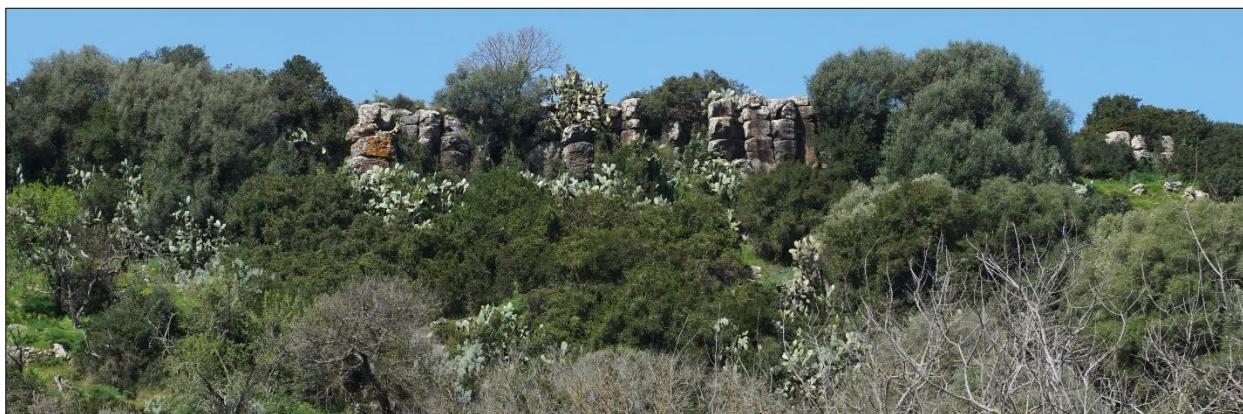


Figura 15 – Cornice basaltica con fratturazione colonnare sub-verticale in località Su Pranu.

Le ignimbriti che affiorano lungo i versanti in località Inza 'e Rune sono caratterizzate da un'alternanza di depositi di flusso piroclastico con un differente grado di saldatura; questo si traduce con la presenza di livelli da francamente litoidi a teneri, soggetti ad un differente grado di erosione che porta alla formazione di vuoti e/o di superfici aggettanti. Inoltre, un'ulteriore peculiarità delle rocce ignimbriche saldate presenti nell'area di studio è l'elevato grado di fratturazione; sono infatti presenti diverse famiglie di discontinuità legate al raffreddamento dei flussi piroclastici con una persistenza da centimetrica a metrica, di estensione decametrica.

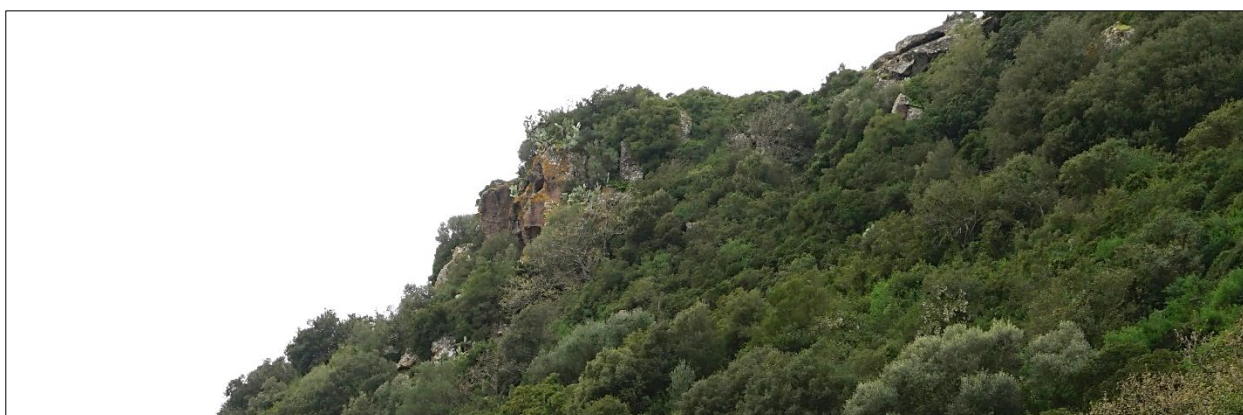


Figura 16 – Ignimbriti fortemente fratturate in località Inza 'e Rune.

10.2 DINAMICHE DI EVOLUZIONE DEI VERSANTI E DEI PROCESSI FRANOSI

Relativamente alle problematiche specifiche oggetto di questo studio, l'analisi effettuata ha permesso di individuare due tipologie di dissesto per frana dovute quasi essenzialmente alla gravità, in quanto rappresentative della naturale evoluzione e modellamento dei versanti in roccia pseudo coerente e/o lapidea. La maggior parte di questi fenomeni risulta sostanzialmente indipendente dall'azione dell'uomo, mentre per alcune tipologie di dissesto è invece risultata nodale l'azione antropica, come nel caso dei dissesti che si sono originati lungo i tagli stradali, lasciati privi di opere di contenimento e di stabilizzazione superficiale.

10.2.1 FRANE DA CROLLO E RIBALTAMENTO

Litologie: le litologie interessate dai cinematismi di crollo e ribaltamento sono: i depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, delle Unità di Nughedu S. Vittoria (NVT) e dell'Unità Ardauli (DUL); i depositi sedimentari fluvio-lacustri della litofacies nell'Unità di Nughedu S. Vittoria (NVTa); le andesiti basaltiche della Subunità di Dualchi (BPL2); i depositi conglomeratici della Formazione di Tadasuni (TDI) e delle Arenarie di Dualchi (DAL).

Contesto geomorfologico: litotipi affioranti in cornici e crinali rocciosi con pareti sub-verticali di altezza da metrica a plurimetrica, a morfologia complessa, pilastri e torrioni, aree a tafoni, trincee artificiali (tagli stradali) con grado di fratturazione generalmente molto elevato, presenti in versanti di altezza talvolta pluridecametrica aventi acclività da elevata a molto elevata (>50 % - 26°). I processi morfogenetici attivi sono principalmente influenzati da fattori di natura chimico-fisica. Questi processi sono responsabili dell'alterazione tramite fenomeni di idratazione e dissoluzione, nonché della contrazione e dilatazione degli ammassi rocciosi. In questi contesti si verifica la formazione di singoli blocchi o aggregati di blocchi, che possono raggiungere volumi considerevoli e giacere in un equilibrio geostatico precario. Sotto l'azione di agenti esogeni, della gravità e dell'azione bioclastica della vegetazione, tali blocchi possono essere soggetti a fenomeni di crollo sia diffusi che localizzati.

Movimenti franosi: si tratta di fenomeni classificabili come attivi o quiescenti, caratterizzati da cinematismi quali crolli e ribaltamenti, seguiti talvolta da rotolamento o caduta libera dei materiali. In molti casi, i movimenti franosi possono essere multifase, coinvolgendo diversi tipi di cinematismi nel corso del tempo. Una frana è considerata quiescente quando non mostra segni evidenti di attività recente, ma tale stato può essere solo temporaneo. Molti movimenti franosi, infatti, attraversano lunghi periodi di inattività seguiti da episodi di riattivazione, innescati da fattori ambientali come piogge intense, variazioni del regime idrologico. Definire lo stato di attività di un fenomeno franoso senza disporre di dati storici accurati o di un monitoraggio continuo può risultare complesso e talvolta incerto, rendendo la valutazione spesso soggetta a margini di errore.

Il movimento franoso si attiva lungo superfici di rottura preesistenti, come piani di stratificazione, faglie e giunti di frattura, dove la resistenza al taglio è ridotta o assente. Nell'area in studio, l'innescò dei fenomeni franosi è determinato da una combinazione di fattori naturali e antropici che compromettono la stabilità del materiale roccioso lungo il versante.

Tra questi fattori, la forza di gravità agisce costantemente sui blocchi rocciosi e sulle masse instabili, favorendo il loro distacco e il movimento verso valle. Inoltre, le piogge intense e l'infiltrazione dell'acqua nelle fratture riducono l'attrito interno e la coesione del materiale roccioso, rendendo il terreno ancora più vulnerabile. L'alterazione delle rocce lungo fratture o discontinuità preesistenti indebolisce la struttura e ne riduce la resistenza meccanica, contribuendo ulteriormente al rischio di frane.

Anche l'azione delle radici vegetali gioca un ruolo importante; queste penetrano nelle fratture, causando la loro dilatazione e accelerando il processo di degrado meccanico, il che facilita il distacco dei blocchi rocciosi. Infine, l'attività antropica può avere un impatto significativo, poiché può modificare le pendenze naturali, generare nuove superfici di scivolamento, compromettere il drenaggio superficiale e intensificare i processi di erosione del terreno nudo.

Questo tipo di eventi sono, di norma, improvvisi e con velocità di caduta dei materiali elevata. Gli urti ripetuti durante gli spostamenti portano a una diminuzione del volume iniziale e a una graduale frammentazione del materiale coinvolto. Questi elementi clastici, spesso costituiti da massi di dimensioni variabili ($\geq 1 \text{ m}^3$), possono posarsi lungo il versante o rotolare verso valle, provocando, in alcune situazioni, il movimento di altri massi che si trovano in condizioni geostatiche precarie sul versante.

Dall'analisi delle ortofoto storiche e del DTM si osserva che, nell'area in studio, il movimento dei blocchi lungo il versante è limitato al tratto prossimale. Il cambio di pendenza negativo riscontrato in molti settori, unitamente alla presenza di una folta vegetazione, rallenta la velocità dei detriti, che si adagiano ai piedi delle cornici rocciose.

Nel contesto in esame, è importante considerare un ulteriore fattore che influenza la stabilità del versante: il Lago Omodeo. Durante le fasi di piena, la spinta idrostatica esercita un'azione stabilizzatrice sulle pareti che delimitano l'invaso. Tuttavia, nei periodi di magra, si verifica un fenomeno opposto: il ribassamento del livello dell'acqua comporta una diminuzione della spinta idrostatica, rendendo le pareti più vulnerabili ai fenomeni franosi. Questo porta alla formazione di pareti sub-verticali, fortemente fratturate e di altezza pluridecimetrica, continuamente soggette a cinematismi di crollo, con un progressivo arretramento delle stesse.

Le scarpate di scavo, realizzate durante la costruzione delle principali arterie stradali, costituiscono zone particolarmente vulnerabili ai fenomeni franosi. Ciò è dovuto all'assenza di adeguate opere di contenimento e di sistemi di drenaggio capaci di gestire il flusso delle acque lungo il pendio.

Nel contesto in studio, si osserva che sono poche le scarpate stradali in cui possono innescarsi processi franosi, a causa della loro limitata estensione e altezza.

Aree interessate: i fenomeni attivi e le situazioni di potenziale rischio legate a dissesti derivanti da attività antropica, come le trincee stradali, sono stati osservati in località Su Cantaru. In questo settore, lungo una strada secondaria a basso flusso veicolare (strada senza uscita), si può notare una trincea stradale alta circa 10 metri, con un'inclinazione di 55°, che si estende per circa 140 metri (estensione dell'area critica in discussione). In tale contesto, affiorano in strati decimetrici e pluridecimetrici i conglomerati arenacei e le arenarie della Formazione di Tadasuni. L'alterazione e la fratturazione degli strati in affioramento portano alla formazione di blocchi di piccole dimensioni (30-50 cm), che, distaccandosi, si muovono lungo la trincea e si adagiano a ridosso della careggiata. Nonostante le ridotte dimensioni degli elementi clastici, non si può escludere che questi possano raggiungere e superare la strada.

In località Inza 'e Rune, in un'area di circa 4 km² sono presenti fenomeni franosi, sia attivi che quiescenti, che interessano le litologie ignimbritiche dell'Unità di Ardauli e della Subunità di Dualchi e le arenarie dell'Unità di Nughedu S. Vittoria. In questo contesto, nonostante le modifiche al profilo del versante causate dalla realizzazione della SP 74, la pericolosità da frana è principalmente legata a fenomeni naturali. A monte e a valle della SP74 si osserva la presenza di un detrito di versante composto da grandi blocchi, il cui spessore, variabile, può essere stimato tra 5 e 6 metri (rilevato in trincea). La genesi di questo detrito è complessa e deriva dall'accumulo di materiale di frana, nonché dall'attività erosiva e di trasporto di tipo colluviale. I dissesti, nell'area non sono legati all'evoluzione di questo corpo detritico che si presenta fortemente addensato e stabilizzato in superficie da una folta vegetazione.

I dissesti sono legati all'affioramento di cornici rocciose di altezza variabile (2-5 m) che si estendono sottoforma di bancate lungo il versante a monte della SP 74. L'elevata fratturazione dell'ammasso roccioso, unitamente all'attività dei processi precedente discussi, porta all'innescio di imprevedibili e repentini fenomeni di crollo e ribaltamento. La dimensione dei blocchi in movimento, stimata lungo il versante, può essere superiore al metro cubo. Considerata l'elevata pendenza del versante, >50%, che in alcuni tratti raggiunge la verticalità, si ritiene che l'innescio di un movimento franoso potrebbe interessare la sottostante SP 74. L'unico elemento capace di limitare e/o dissipare parte dell'energia dei blocchi in movimento è rappresentato dalla folta vegetazione, sia a basso che ad alto fusto, che cresce estensivamente sul versante.

A valle della SP74, lungo la sponda occidentale del Lago Omodeo, le ignimbriti dell'Unità di Nughedu S. Vittoria formano una "falesia" sub-verticale di altezza variabile (5-10 m), in cui si riscontrano condizioni di elevata instabilità, suscettibili di evolvere in cinematismi di crollo e ribaltamento. In questo contesto, il rischio diventa significativo solo in occasione del transito di imbarcazioni nelle immediate vicinanze della costa. Tale condizione, sebbene non sia da escludere, risulta sporadica e occasionale.

Fenomeni potenzialmente attivi si riscontrano anche in località Su Pranu, lungo il margine orientale dell'altopiano di Zuri, composto dalle andesiti basaltiche della Subunità di Dualchi. Questo margine si estende nel territorio di Tadasuni per circa 1,6 km, dal Nuraghe Sorighe fino alla chiesa campestre di San Michele. Il versante raggiunge la sua altezza massima nel tratto compreso tra il Nuraghe Sorighe e il Nuraghe Su Pranu, con un'altezza media di 40-50 m e un'inclinazione superiore al 50%, estendendosi linearmente per circa 100 m verso valle. In questa zona di transizione, si nota un marcato cambiamento della pendenza e della morfologia, con pareti sub-verticali o inclinate che si trasformano rapidamente (nell'arco di 100 m) in aree a pendenza moderata o sub-pianeggianti, segnando un netto passaggio tra settori instabili e più stabili del versante.

Da Nuraghe Su Pranu fino alla chiesetta di San Michele, il margine dell'altopiano presenta un profilo meno netto e aspro, con pendenze nell'ordine del 30-35% e un'altezza media di 8-10 m. La chiesetta di San Michele, pur trovandosi a circa 50 metri dalla cornice basaltica, è situata in un'area pianeggiante con pendenze che variano tra 0 e 10%. Lungo la cornice basaltica, nel settore antistante la chiesa, si registra un'altezza massima di circa 4 metri. Non si osservano, inoltre, processi morfogenetici attivi in grado di evolversi e di interessare l'edificio della chiesetta. La stessa condizione si osserva anche nell'area in cui sorge il Nuraghe Su Pranu.

Il detrito a grandi blocchi, osservato alla base del versante in località Su Pranu, è tipico dei versanti che delimitano gli altopiani vulcanici. L'evoluzione del versante avviene principalmente tramite cinematismi di crollo e ribaltamento, con la possibilità, in alcune aree, di frane complesse che possono coinvolgere anche il detrito già depositato. I fattori scatenanti del movimento sono stati discussi in precedenza. Dall'analisi delle foto aeree e del DTM, si osserva che i blocchi si accumulano al piede del versante, rallentati dal cambio di pendenza e dalla folta vegetazione arbustiva e arborea.



Figura 17 – Depositi di frana adagiati al bordo della carreggiata e in banchina stradale in località Inza 'e Rune (A) e in località Su Cantaru (B); parete sub-verticale fortemente fratturata soggetta a cinematismi di crollo e ribaltamento (C).

10.2.2 FRANE DA SCIVOLAMENTO E/O SCORRIMENTO

Litologia: la litologia interessata dai cinematismi di scivolamento è rappresentata dai sabbioni conglomeratici rossastri e grigiastri delle Arenarie di Dualchi (DAL).

Contesto geomorfologico: versanti con pendenze da elevate 30% a molto elevate 50%. I processi morfogenetici attivi sono principalmente influenzati da fattori di natura chimico-fisica. Questi processi sono responsabili dell'alterazione tramite fenomeni di idratazione e dissoluzione, nonché della contrazione e dilatazione degli ammassi rocciosi. In queste circostanze, si osserva la formazione di strati completamente alterati, con spessori variabili da 0,50 a 1,50 m, nei quali le proprietà fisico-meccaniche della roccia madre sono state profondamente modificate. Queste unità possono evolversi in depositi elluvio-colluviali che tendono progressivamente ad accumularsi al piede del versante, oppure in movimenti franosi di scivolamento o scorrimento, in funzione dello spessore della coltre di alterazione coinvolta e della profondità della roccia madre.

Movimenti franosi: si tratta di fenomeni franosi sia attivi che quiescenti classificabili come scivolamenti e/o scorrimenti. Questi eventi sono innescati principalmente dall'azione destabilizzante delle acque piovane, che, infiltrandosi nel terreno, portano ad un aumento delle pressioni interstiziali, alla diminuzione della coesione e dell'angolo di attrito, che raggiungendo valori prossimi o inferiori all'angolo di riposo. L'acqua di filtrazione si muove lungo le superfici impermeabili, creando zone di debolezza che facilitano l'attivazione del movimento. Questa condizione si verifica frequentemente, per superamento della resistenza al taglio, in aree caratterizzate da un'elevata pendenza del versante. A seconda del grado di alterazione del substrato, la superficie di scivolamento può trovarsi a una profondità più o meno superficiale (da 0,50 m fino a circa 1,50 m), determinando così variazioni nel volume di materiale coinvolto nella frana. Questi movimenti possono avere velocità che vanno da lente a estremamente rapide. La vegetazione riveste un duplice e ambivalente ruolo: da una parte esercita un'azione stabilizzante limitando i processi di alterazione, dall'altra può esercitare un'azione destabilizzante disgiuntiva e disgregante, sviluppandosi in profondità e favorendo l'alterazione degli strati più superficiali, che risultano soggetti a pedogenesi.

I versanti che delimitano il Lago Omodeo sono inoltre soggetti all'azione delle acque dell'invaso. Durante le fasi di piena, la spinta idrostatica delle acque del lago esercita un'azione stabilizzatrice sulle pareti che delimitano l'invaso. Allo stesso tempo, satura la roccia madre fratturata, accelerando il processo di dissoluzioni della componente carbonatica che cementa le Arenarie di Dualchi. Durante il periodo estivo, con l'abbassamento del livello delle acque nell'invaso, la spinta idrostatica diminuisce, rendendo il versante debilitato più vulnerabile ai fenomeni franosi e all'erosione.

Osservando il versante nella zona che possiamo definire di transizione (tra il livello di piena e quello di magra), si possono notare processi erosivi di scalzamento alla base, che conducono alla formazione di pareti sub-verticali costituite da roccia fortemente fratturata. L'azione congiunta delle acque di infiltrazione e di quelle del lago provoca una generale instabilità, che si manifesta sul versante, evolvendo nelle aree più acclivi ed esposte attraverso fenomeni di scivolamento che generalmente interessano gli strati più superficiali.

Aree interessate: fenomeni di scivolamento sono stati osservati nel settore nord-est del territorio in studio, lungo il versante in località Prezzas. Il versante, caratterizzato da un'acclività da alta 36-50% a molto alta >50%, bordando il lago, digrada in direzione sud-est, passando da un'altezza massima di 90 m (rispetto al livello di base del lago) in località Su Monte fino a raggiungere un'altezza modesta nei pressi del centro sportivo comunale.

In passato, sul versante, sono stati realizzati dei terrazzamenti (ben visibili nelle ortofotografie storiche), con il fine di ottenere delle superfici atte alla coltivazione di colture erbacee e arboree. I terrazzamenti non solo consentivano lo sviluppo agricolo nelle superfici planari, ma conferivano anche stabilità al versante mediante l'impiego di muri in pietra. Tuttavia, a causa dell'abbandono del territorio, il versante ora è pressoché incolto, i muri sostegno, una volta solidi e stabili, ora risultano pericolanti generando una condizione di ulteriore instabilità.

Nell'area non sono presenti elementi a rischio di significativa importanza. Si segnala solo la presenza di uno stradello sterrato che dall'area dal centro sportivo segue la riva del lago. Il sentiero durante il periodo invernale risulta sommerso dalle acque del lago, durante il periodo estivo la strada è difficile praticabilità anche con mezzi a quattro ruote motrici.

11 DEFINIZIONE DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA

Verificata l'attendibilità generale della **CARTA DELLA INSTABILITÀ POTENZIALE**, la procedura per la costruzione della **CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO** è stata portata a termine attraverso una ragionata interazione tra il dato proveniente dalla distribuzione delle superfici nelle varie classi di instabilità potenziale con i fenomeni morfogenetici descritti nell'area in studio e cartografati nell'elaborato **CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI FENOMENI FRANOSI** (elaborato **1024-CGM-09-2-GEO**), tenendo debito conto anche dell'analisi climatologica.

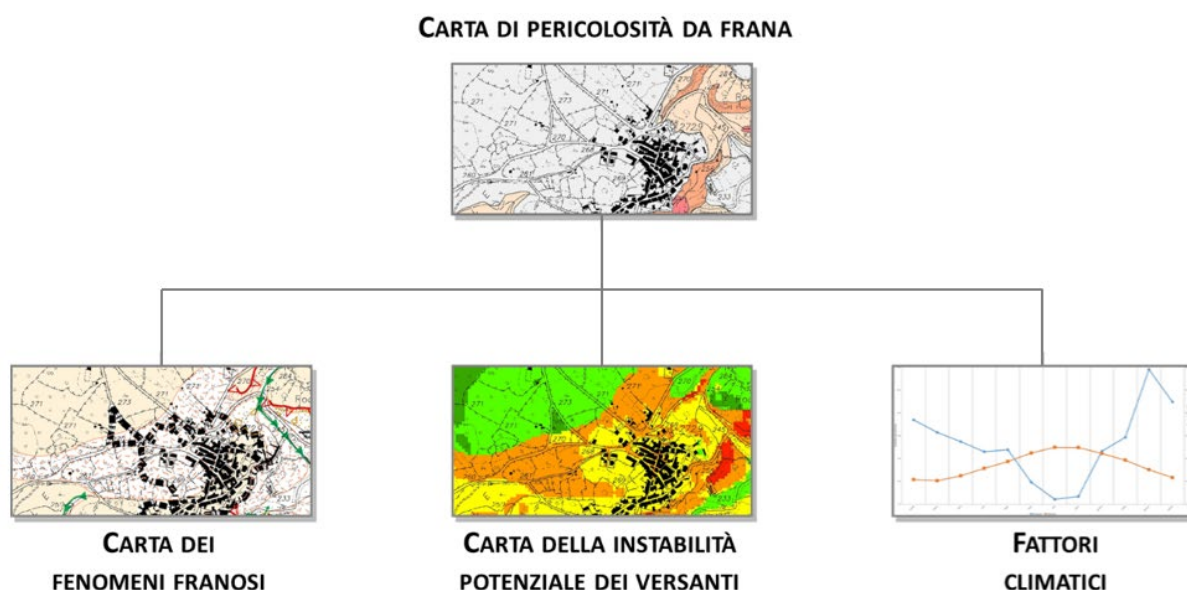


Figura 18 - Diagramma di flusso che indica i passaggi per la redazione della "Carta della pericolosità da frana".

Secondo le definizioni, di norma la **CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO**, in quanto carta di sintesi di molteplici tematismi tra loro interagenti, fornisce "il quadro delle condizioni di stabilità del territorio" limitandosi a rappresentare i fenomeni di dissesto in atto e i fattori che determinano la suscettibilità dei versanti al verificarsi di movimenti gravitativi e di massa nonché la condizione di pericolosità del territorio, indicata attraverso il parametro Hg, secondo cinque livelli di pericolosità, a ciascuno dei quali le L. G. del PAI hanno attribuito un "peso" su base puramente empirica, oltre a quelli evidenziati in tabella è stata considerata anche la classe Hg0, corrispondente ad intensità nulla e valore di peso pari a 0. In accordo con le indicazioni dell'art.8 delle NTA del PAI viene proposta la **CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO** (elaborato **1024-CPF-11-2-GEO**), che descrive le condizioni di pericolosità del territorio dal PAI.

Nella Tabella 6 vengono esposti, sinteticamente e per ciascun livello di pericolosità, i fenomeni e le condizioni morfodinamiche riscontrate nel territorio di Tadasuni che trovano adeguata rispondenza con quanto riportato, in modo più generico, nelle L. G. del PAI: in tal modo si è ampliata la casistica standard adattandola alla situazione reale del territorio studiato.

CLASSI DI PERICOLOSITÀ DA FRANA – HG			
CLASSE	INTENSITÀ	VALORE	DESCRIZIONE
Hg0	Assente	0.00	Pericolosità assente - Aree non soggette, anche indirettamente, a fenomeni franosi o a instabilità dei suoli. Aree con pendenze ≤ 20 % indipendentemente dalla classe di instabilità potenziale.
Hg1	Moderata	0.25	Pericolosità assente o moderata - Aree non soggette a fenomeni franosi o a instabilità dei suoli significativa. Aree urbane stabili. Aree con pendenze ≤ 35 % con copertura vegetazionale più o meno integra. Classe di instabilità potenziale 1 e 2 (assente o limitata).
Hg2	Media	0.50	Pericolosità media - Aree con fenomeni di dilavamento diffusi, frane di crollo e/o scivolamento non attive e/o stabilizzate, anche da vegetazione; zone con sole frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento/sostegno); zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indizi di movimenti gravitativi; aree con pendenze comprese tra il 20 e il 35 % percorse da incendi negli ultimi 5 anni. Classe di instabilità potenziale 3 (media).
Hg3	Elevata	0.75	Pericolosità elevata - Aree con frane di crollo e/o scorrimento quiescenti; aree con fenomeni di erosione nelle incisioni vallive e/o soggette a fenomeni d'erosione concentrata a solchi. Fronti di sbancamento di altezza plurimetrica lungo le strade e linee ferroviarie (tratti in trincea/mezzacosta). Orli di scarpata potenzialmente instabili a causa di elevata pendenza e altezza. Aree percorse da incendio (ultimi 10 anni) su pendii con pendenza > 35 %. Aree di accumulo di blocchi e massi franati, attualmente in discrete condizioni di stabilità. Classe di instabilità potenziale 4 (forte).
Hg4	Molto elevata	1.00	Pericolosità molto elevata - Aree con manifesti fenomeni di instabilità attivi osservate nel corso dei rilievi di campagna. Frane di crollo/ribaltamento attive; frane di scorrimento attive o con scivolamenti rapidi in roccia o detrito. Fronti di sbancamento di altezza plurimetrica lungo le strade e linee ferroviarie (tratti in trincea/mezzacosta). Cornici soggette a fenomeni di degrado e/o allentamento geostatico con elevata frequenza di distacchi di frammenti rocciosi eterometrici (dal detrito fine ai blocchi ciclopici). Classe di instabilità potenziale 5 (massima).

Tabella 6 - Definizione dei livelli di pericolosità (Hg) del territorio e quantificazione lineare nell'intervallo 0 - 1 (Fonte: Linee Guida del PAI modificato).

In base alla definizione dei livelli di pericolosità del territorio (Hg) definiti dalle Linee Guida del PAI, per tutta una serie di interventi, è prevista la redazione di uno **Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica** ai sensi degli artt. 23 e 25 delle NTA nel caso di ubicazione entro settori territoriali classificati Hg2, Hg3 e Hg4. Per le aree in Hg1 l'art. 34 delle NTA recita testualmente:

"Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, nelle aree di pericolosità moderata da frana compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi".

12 DEFINIZIONE DELLA CARTA DEL DANNO POTENZIALE

La **CARTA DEL DANNO POTENZIALE** (elaborato **1024-CDP-13-1-GEO**) definisce ai sensi del DPCM 29.09.1998 come elementi sensibili e quindi a rischio: *“l'incolumità delle persone, gli agglomerati urbani comprese le zone di espansione urbanistica, le aree su cui insistono insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo, le infrastrutture a rete e le vie di comunicazione di rilevanza strategica, il patrimonio ambientale e i beni culturali di interesse rilevante, le aree sede di servizi pubblici e privati, di impianti sportivi e ricreativi, strutture ricettive ed infrastrutture primarie”*.

Il **Danno Potenziale** è suddiviso in quattro classi omogenee che tengono conto per loro definizione in primo luogo del danno alle persone, in secondo luogo a quello al tessuto socioeconomico ed ai beni non monetizzabili.

Il Danno potenziale è ottenuto dal prodotto tra **Elementi a rischio** e **Vulnerabilità**. Ogni qualvolta si ritenga a rischio la vita umana, elementi a rischio delle classi **E4**, **E3** e in parte **E2**, la **Vulnerabilità** viene assunta pari all'unità. Per quanto concerne gli elementi di altro tipo occorrerebbe provvedere ad effettuare analisi di dettaglio sui singoli cespiti ma esse esulano dai limiti delle attività previste dal dispositivo di legge e, pertanto, anche a tali elementi si attribuirà un valore di vulnerabilità ancora unitario.

Per tale ragione, le classi omogenee di danno potenziale sono di fatto sovrapponibili agli Elementi di Rischio (E4, E3, E2, E1) definiti ai sensi del DPCM 29.09.98.

Le **Classi di Danno Potenziale** possono essere così definite:

- **D4 (Danno potenziale molto elevato):** aree in cui si può verificare la perdita di vite umane, ingenti danni ai beni economici, naturali storici e culturali di rilevante interesse, gravi disastri ecologico – ambientali;
- **D3 (Danno potenziale elevato):** aree con problemi per l'incolumità delle persone e per la funzionalità del sistema economico, aree attraversate da linee di comunicazione e da servizi di rilevante interesse, le aree sedi di importanti attività produttive;
- **D2 (Danno potenziale medio):** aree con limitati effetti sulle persone e sul tessuto socioeconomico. Aree attraversate da infrastrutture secondarie e attività produttive minori, destinate sostanzialmente ad attività agricole o a verde pubblico;
- **D1 (Danno potenziale moderato o nullo):** comprende le aree libere da insediamenti urbani o produttivi dove risulta possibile il libero deflusso delle piene.

Per quanto concerne la definizione degli elementi a rischio, si è fatto riferimento agli elaborati del PGRA, che definiscono sei macrocategorie, ognuna delle quali è composta, a sua volta, da sottocategorie specifiche, che sono evidenziate nella Tabella 7.

Sulla base dello schema di legenda precedentemente illustrato, è stata avviata l'attività di predisposizione e aggiornamento della cartografia, in ambito locale, degli elementi a rischio.

La base cartografica del PGRA è stata oggetto pertanto di un ulteriore aggiornamento e integrata con ulteriori informazioni territoriali quali viabilità, strutture strategiche, zone destinate ad uso agricolo, etc., che sono state desunte dalle più recenti foto satellitari disponibili e dai sopralluoghi condotti in situ.

Le informazioni, al termine del processo di verifica e conformizzazione realizzato attraverso procedure di geoprocessing quali unione (*Union*), intersezione (*Intersect*) e sottrazione di aree (*Erase*), sono confluiti nella copertura principale, che costituisce l'elaborato finale **1024-CDP-13-1-GEO**.

MACROCATEGORIA	DESCRIZIONE	ELEMENTO	CODICE	PESO	CLASSE
Zone urbanizzate	Agglomerati urbani, nuclei abitati con edificazione diffusa e sparsa, zone di espansione, aree commerciali e produttive, con indicazione sul numero di abitanti potenzialmente interessati da possibili eventi alluvionali – corrispondenza con la classe A del DPCM 29.09.98 e con quanto riportato alla lettera a, comm.5, art. 6 del D.Lgs. 49/2010).	Zone residenziali	1a	1	E4
		Zone industriali, commerciali ed insediamenti produttivi	1b	1	E4
		Aree verdi urbane	1c	0.5	E2
Strutture strategiche	Ospedali e centri di cura pubblici e privati, centri di attività collettive civili, sedi di centri civici, centri di attività collettive militari – corrispondenza con la classe E del DPCM 29.09.98 e con quanto riportato alla lettera b, comm.5, art. 6 del D.Lgs. 49/2010.	Strutture ospedaliere, Sanitarie e scolastiche	2a	1	E4
		Edifici pubblici, anche al di fuori delle aree residenziali	2b	1	E4
		Aree ricreative e sportive	2c	1	E3
		Aree cimiteriali	2d	1	E3
Infrastrutture strategiche	Linee elettriche, metanodotti, oleodotti, gasdotti e acquedotti, vie di comunicazione di rilevanza strategica sia carrabili che ferrate, porti e aeroporti, invasi idroelettrici, grandi dighe. Per le strade carrabili andranno riportate almeno tre tipologie: autostrade, strade di grande comunicazione e le strade di interesse regionale, tralasciando i tronchi, anche asfaltati, di interesse locale – corrispondenza con la classe C del DPCM 29.09.98 e con quanto riportato alla lettera b, comm.5, art. 6 del D.Lgs. 49/2010.	Reti di comunicazione e trasporto strategiche	3a	1	E4
		Reti di comunicazione e trasporto primarie	3b	1	E3
		Reti di comunicazione e trasporto secondarie	3c	0.5	E2
		Strutture ed impianti a supporto delle reti di comunicazione e trasporto non ricadenti in aree residenziali	3d	1	E4
		Reti tecnologiche e di servizio, strutture tecnologiche a supporto delle reti	3e	1	E3

MACROCATEGORIA	DESCRIZIONE	ELEMENTO	CODICE	PESO	CLASSE
		Fognature e impianti di depurazione	3f	1	E3
Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse	Aree naturali, aree boscate, aree protette e vincolate, aree di vincolo paesaggistico, aree di interesse storico e culturale, zone archeologiche – corrispondenza con la classe D del DPCM 29.09.98 e con quanto riportato alla lettera c, comm.5, art. 6 del D.Lgs. 49/2010.	Aree di rilievo storico-culturale e archeologico	4a	1	E4
		Aree protette	4b	0.5	E4
Zone interessate da attività economiche, industriali o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale	Ai sensi di quanto individuato nell'allegato I del D.L. 59/2005), zone estrattive discariche, depuratori, inceneritori corrispondenza con la classe B del DPCM 29.09.98 e con quanto riportato alla lettera d, comm.5, art. 6 del D.Lgs. 49/2010.	Aree estrattive	5a	0.75	E2
		Discariche	5b	0.75	E3
		Cantieri	5c	0.75	E3
		Impianti a rischio	5d	1	E4
Zone agricole, zone umide, corpi idrici	Zone destinate ad uso agricolo o caratterizzate da elementi di naturalità.	Superfici agricole seminate	6a	0.5	E2
		Superfici agricole permanenti ed eterogenee	6b	0.5	E2
		Aree boscate e prati	6c	0.2	E1
		Zone Umide	6d	0.2	E1
		Corpi idrici	6e	0.2	E1
		Superfici a vegetazione rada	6f	0.2	E1

Tabella 7- Classificazione degli elementi a rischio ed attribuzione del relativo peso (fonte PGRA).

13 DEFINIZIONE DELLA CARTA DEL RISCHIO GEOLOGICO

Sulla base delle considerazioni maturate durante le varie fasi in cui si è articolato il presente studio, viene elaborata la **CARTA DEL RISCHIO DA FRANA DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO** (elaborato **1024-CRF-14-2-GEO**), che descrive attraverso l'analisi della **CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA DERIVANTE DALLO STUDIO DI PROPOSTO** e della **CARTA DEL DANNO POTENZIALE DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO** "l'entità del danno atteso in una data area e in un certo intervallo di tempo in seguito al verificarsi di un particolare evento calamitoso".

CARTA DEL RISCHIO

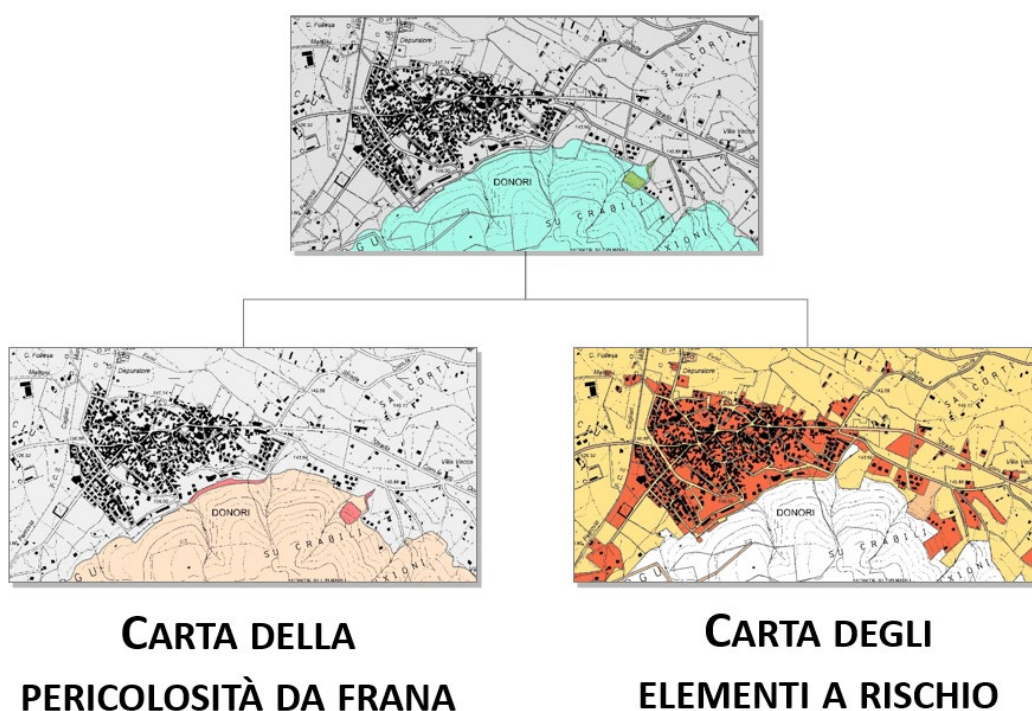


Figura 19 - Diagramma di flusso che indica i passaggi per la redazione della carta del rischio geologico.

Il rischio geologico (**R**) è definito come il prodotto tra la pericolosità (**Hg**) e le classi degli elementi a rischio (**E**) e la loro vulnerabilità (**V**).

$$R_g = H_g \times E \times V$$

- **Hg - Pericolosità:** ovvero la probabilità che un evento calamitoso si verifichi entro un certo intervallo di tempo e in un determinato spazio fisico;
- **E - Elementi a rischio:** ovvero la popolazione, le proprietà e le attività economiche, inclusi i servizi pubblici, a rischio in una data area;
- **V - Vulnerabilità:** ovvero il grado di danneggiamento che ciascun elemento a rischio subisce a causa del verificarsi di un evento calamitoso (espresso in una scala da zero = "nessun danno" a uno = "perdita totale").

La valutazione dei livelli di rischio è stata ottenuta attraverso l'analisi della matrice (Tabella 8) ottenuta dal prodotto della pericolosità Hg (intesa come funzione della probabilità accadimento di un evento franoso) per il peso assegnato all'elemento a rischio coinvolto E, seguendo le indicazioni disposte dalle L. G. del PAI.

CLASSI ELEMENTI A RISCHIO	Hg1	Hg2	Hg3	Hg4
E1	Rg1	Rg1	Rg1	Rg1
E2	Rg1	Rg1	Rg2	Rg2
E3	Rg1	Rg2	Rg3	Rg3
E4	Rg1	Rg2	Rg3	Rg4

Tabella 8 - Matrice di calcolo utilizzata per la determinazione delle classi di Rischio da Frana.

Nella (Tabella 9) vengono riportate le quattro classi di Rischio e la loro descrizione riportate nella **CARTA DEL RISCHIO DA FRANA DERIVANTE DALLO STUDIO PROPOSTO** (elaborato **1024-CRF-14-2-GEO**):

RISCHIO GEOLOGICO TOTALE			DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI
CLASSE	INTENSITÀ	VALORE	
Rg1	Moderato	≤ 0.25	Danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali.
Rg2	Medio	≤ 0.50	Sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
Rg3	Elevato	≤ 0.75	Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.
Rg4	Molto Elevato	≤ 1.00	Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socioeconomiche.

Tabella 9 – Descrizione delle classi di rischio frana e loro quantificazione (fonte L. G. del PAI).

Nell'area oggetto di studio è stata definita una pericolosità da frana nulla o assente (Hg0). Nonostante le NTA del PAI non esplicitino chiaramente tale classe, le indicazioni dell'ARDIS suggeriscono che, nel caso in cui questa classe venga identificata, si debba applicare un equivalente livello di rischio pari a zero o assente anche nella definizione della mappa del rischio, definita come Rg0.

In questo contesto di studio, le aree identificate a pericolosità da frana assente sono state rappresentate nella carta degli elementi a rischi come poligoni di colore bianco, e sono descritte nella legenda come "Aree a Rischio Assente".