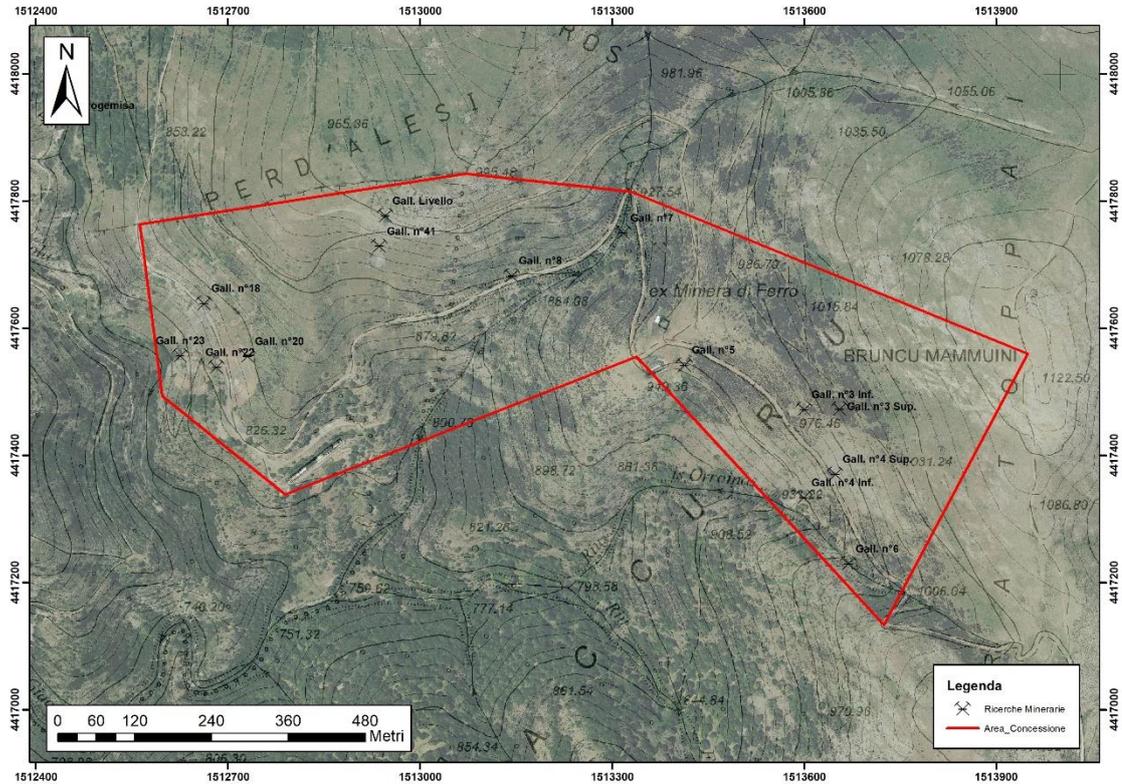


COMUNI DI ARITZO-GADONI (NU)



IL TECNICO: **DR. GEOL. PHD, MATTIA ALESSIO MELONI**

Via Veneto n.9, CAP 09062 - SADALI (SU),
mail: mattia77.mm@gmail.com

P. IVA: 01582260913

Iscritto all'Albo Geologi Regione Sardegna
Sezione A – N.824



STUDIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

**CONCESSIONE MINERARIA PER L'ESTRAZIONE E
VALORIZZAZIONE DI MATERIALI DI FERRO
"GIACURRU" FINALIZZATA ALLO SFRUTTAMENTO
DEL GIACIMENTO RESIDUO ED AL RIPRISTINO
AMBIENTALE**

DATA: **OTTOBRE 2021**

COMMITTENTE: **SABBIE DI PARMA S.r.l.,
Via Argine Maestro del Po, 643016 Polesine Zibello (PR)**

INDICE

1	GENERALITÀ.....	5
	SEZIONE I.....	7
1.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED UBICAZIONE DELL'AREA.....	8
1.2	INQUADRAMENTO NEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI).....	11
1.2.1	PERICOLO GEOMORFOLOGICO.....	12
1.2.2	PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	13
1.2.3	PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF).....	14
1.2.4	VINCOLO IDROGEOLOGICO.....	16
1.3	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	17
	SEZIONE II.....	20
2	INQUADRAMENTO CLIMATICO, IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	21
2.1	INQUADRAMENTO CLIMATICO.....	21
2.1.1	PLUVIOMETRIA.....	22
2.1.2	ANALISI DEGLI EVENTI ESTREMI.....	23
2.2	INQUADRAMENTO IDROLOGICO.....	25
2.3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	32
	SEZIONE III.....	34
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	35
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	35
3.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO.....	37
3.2.1	UNITÀ DI MEANA SARDO.....	37
3.2.2	UNITÀ TETTONICA DELLA BARBAGIA.....	39

3.2.3	COMPLESSO INTRUSIVO TARDO-PALEOZOICO	41
3.2.4	MINERALIZZAZIONI	42
3.2.5	DEPOSITI QUATERNARI	44
3.2.6	TETTONICA	46
SEZIONE IV		50
4	PROCEDURE PER LA PERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITA' AI SENSI DELL'ART. 8 COMMA 251	
4.1	Metodologia	51
4.2	PROCEDURA DI VARIANTE AL PAI AI SENSI DELL'ART. 37	57
4.3	ANALISI STORICA DEI DISSESTI.....	61
4.3.1	<i>IFFI (INVENTARIO FENOMENI FRANOSI IN ITALIA)</i>.....	61
4.3.2	<i>FRANE CENSITE DAL PAI (PIANO DI ASETTO IDROGEOLOGICO)</i>	61
4.4	ELABORAZIONE DELLA CARTA GEOLITOLOGICA (geo-01)	61
4.4.1	PRINCIPALI CARATTERI DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE CARTOGRAFATE	63
4.4.2	ATTRIBUZIONE DEI PESI ALLE CLASSI LITOLOGICHE.....	71
4.5	ELABORAZIONE DELLA CARTA DELL'USO DEL SUOLO (GEO-02)	73
4.5.1	ATTRIBUZIONE DEI PESI ALLE CLASSI DI USO DEL SUOLO.....	74
4.6	ELABORAZIONE DELLA CARTA DELLA PENDENZA DEI VERSANTI (GEO-03)	74
4.6.1	ANALISI DELLA PENDENZA DEI VERSANTI E ATTRIBUZIONE DEI PESI	75
4.7	ELABORAZIONE DELLA CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI	76
4.8	ELABORAZIONE DELLA CARTA MORFOLOGICA E DELLA FRANOSITÀ (geo-05)	79
4.9	ASSETTO GEOMORFOLOGICO GENERALE	81
4.9.1	ASSETTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO	81
4.9.2	DINAMICHE EVOLUTIVE DEI VERSANTI E DEI PROCESSI FRANOSI	84

4.10	DEFINIZIONE DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA (geo-06)	87
4.11	ELABORAZIONE DELLA CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO (GEO-07).....	90
4.12	ELABORAZIONE DELLA CARTA DEL RISCHIO DA FRANA (GEO-08)	92
4.12.1	RISULTATI RELATIVI AGLI AREALI A RISCHIO DA FRANA DELL'AREA DI STUDIO	94
SEZIONE V	96
5	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	97

1 GENERALITÀ

In relazione alle integrazioni richieste nello Studio di Valutazione di Impatto Ambientale relativo alla concessione mineraria per l'estrazione e valorizzazione di materiali di ferro "Giacurru" finalizzata allo sfruttamento del giacimento residuo ed al ripristino ambientale, è emerso che per il sito di interesse non risultano censite aree a pericolo/rischio idraulico e geomorfologico in quanto lo studio PAI non è mai stato realizzato. La cartografia PAI esistente non può pertanto essere utilizzata a prova dell'assenza di potenziali situazioni di pericolo.

Il presente **Studio del Rischio Geomorfologico** è stato elaborato secondo quanto previsto dalle N.A. ai sensi dell'art. 8, commi 2 e 5 nonché dell'art. 25, approfondisce a scala locale l'analisi delle aree soggette a pericolosità da frana definite dal PAI vigente e delimita su base cartografica alla scala 1:2000 le aree caratterizzate da vari livelli di pericolosità geomorfologica sulla base di studi estesi comunque a tutta l'area di studio, comprese le aree non perimetrate caratterizzate da significativa pericolosità ai sensi dell'art. 26 comma 3: ciò al fine di individuare, grazie anche a valutazioni qualitative di carattere geologico-geotecnico, processi ed eventuali criticità in atto o potenziali connesse alle dinamiche geologiche e geomorfologiche attualmente agenti all'interno della concessione mineraria di Giacurru, per la perimetrazione di nuove aree a pericolosità da frana rispetto alla zonizzazione vigente.

Il presente documento è articolato in:

I PARTE - Inquadramento geografico ed ubicazione dell'area, inquadramento nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), Vincolo Idrogeologico, descrizione degli interventi in progetto e normativa di riferimento.

II PARTE – Inquadramento geologico e geotecnico: descrive i caratteri geologici e geotecnici dell'area di studio, in riferimento alla Carta Geologica della Sardegna, e i caratteri litostratigrafici locali desunti sulla base delle osservazioni in situ. Analizza e descrive e analizza i fenomeni di dissesto in atto e/o potenziali.

III PARTE - Inquadramento climatico, idrologico e idrogeologico: descrive le caratteristiche pluviometriche dell'area di studio analizzando gli eventi pluviometrici estremi; vengono esaminate le caratteristiche idrologiche facendo riferimento ai bacini idrografici con le loro caratteristiche principali; vengono descritte anche le caratteristiche idrogeologiche con riferimento alla permeabilità e alla distribuzione degli acquiferi.

IV PARTE - Procedure per la perimetrazione della pericolosità ai sensi dell'art. 8 comma 2, elaborazione della Carta geolitologica, elaborazione della carta dell'Uso del suolo, elaborazione della carta dell'instabilità potenziale dei versanti, elaborazione della carta morfologica e della franosità, assetto geomorfologico

generale e di dettaglio con descrizione dei principali processi di dissesto, definizione della carta della pericolosità da frana, elaborazione della carta degli elementi a rischio, elaborazione della carta del rischio da frana.

IV PARTE - Conclusioni conclusive.

SEZIONE I

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E UBICAZIONE DELL'AREA

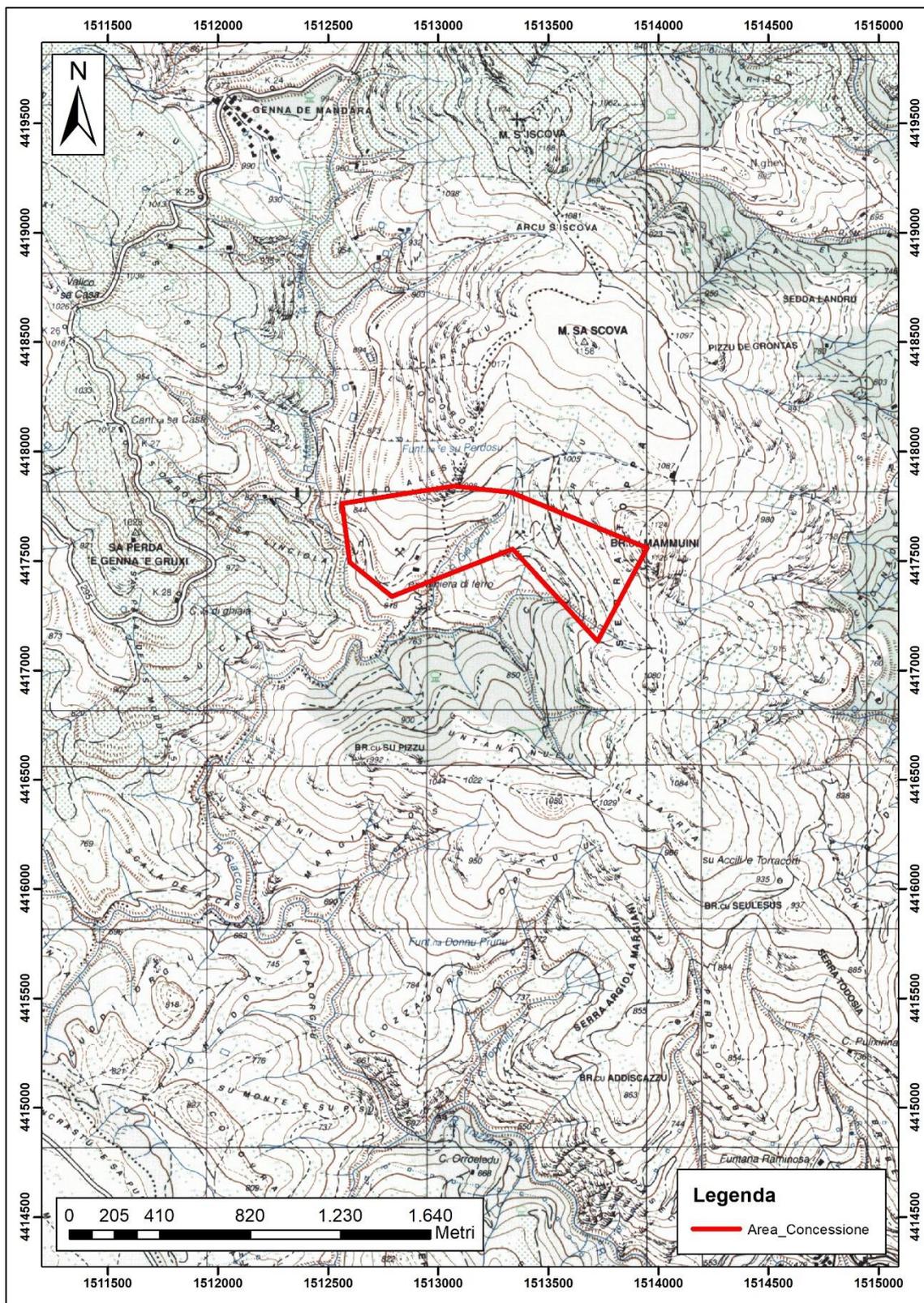


Figura 2 - Inquadramento dell'area di studio su base IGM scala 1:25.000 – Foglio 530, Sezioni IV "Meana Sardo" e I "Aritzo".

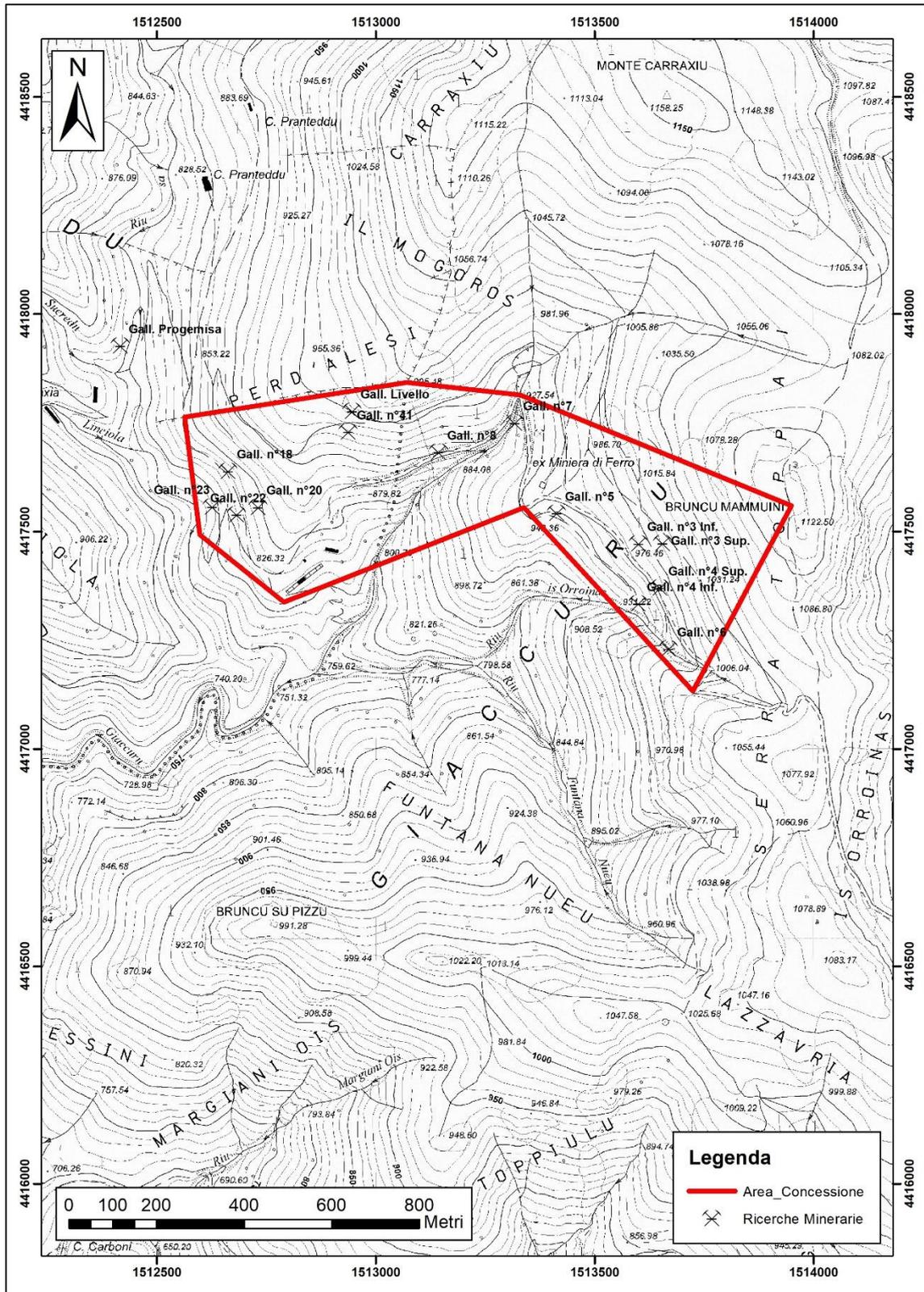


Figura 3 - Stralcio Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 – Foglio 530, Sezioni 060 e 070.

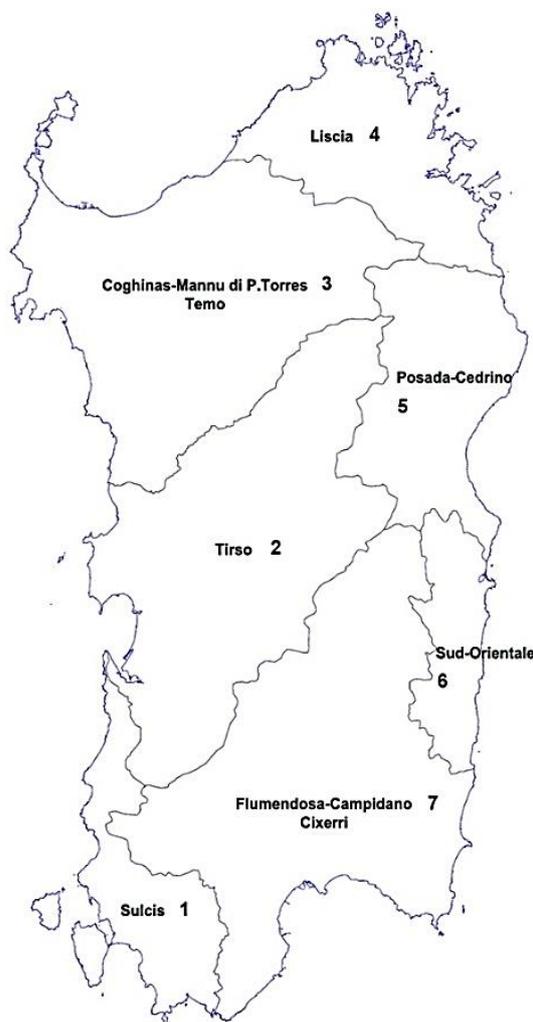
1.2 INQUADRAMENTO NEL PIANO STRALCIO PER L'ASETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Con deliberazione n. 45/57 in data 30.10.1990, la Giunta Regionale suddivide il Bacino Unico Regionale in sette Sub-Bacini, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque redatto nel 1987), ognuno dei quali caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche ma anche da forti differenze di estensione territoriale.

Sulla base di questa suddivisione, l'area di studio ricade nel **Sub-Bacino 7 Flumendosa-Campidano Cixerri**.

Il Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico del bacino unico della Regione Sardegna (in seguito denominato PAI) è redatto, adottato e approvato ai sensi:

- a. della legge 18.5.1989, n. 183, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", ed in particolare dei suoi articoli 3, 17, 18, 20, 21 e 22;
- b. dell'articolo 1, commi 1, 4, 5 e 5-bis, del decreto legge 11.6.1998, n. 180, "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania", convertito con modificazioni dalla legge 3.8.1998, n. 267;
- c. dell'articolo 1-bis, commi 1-4, del decreto legge 12.10.2000, n. 279, "Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore di zone colpite da calamità naturali", convertito con modificazioni dalla legge 11.12.2000, n. 365;
- d. del D.P.C.M. 29 settembre 1998, "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180";
- e. della legge della Regione Sardegna 22.12.1989, n. 45, "Norme per l'uso e la tutela del territorio regionale", e successive modifiche e integrazioni, tra cui quelle della legge regionale 15.2.1996, n.9.



1.2.1 PERICOLO GEOMORFOLOGICO

Il sito di interesse non ricade in aree a pericolosità da frana (Figura 4).

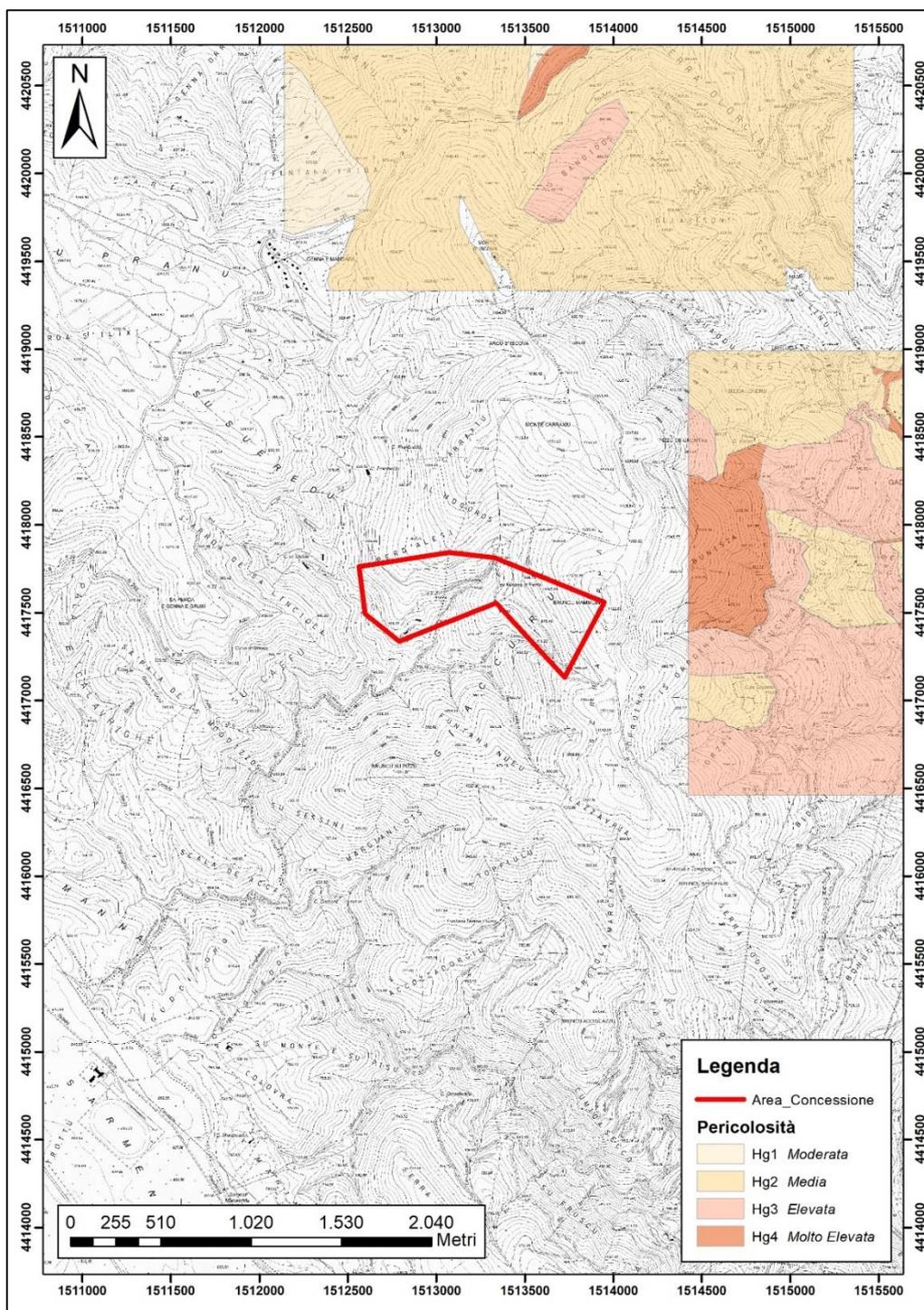


Figura 4 - Pericolosità da frana; in rosso l'area dell'intervento.

1.2.2 PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Il sito di interesse non ricade in alcuna fascia di pericolosità idraulica (Art.142 PAI) (Figura 5).

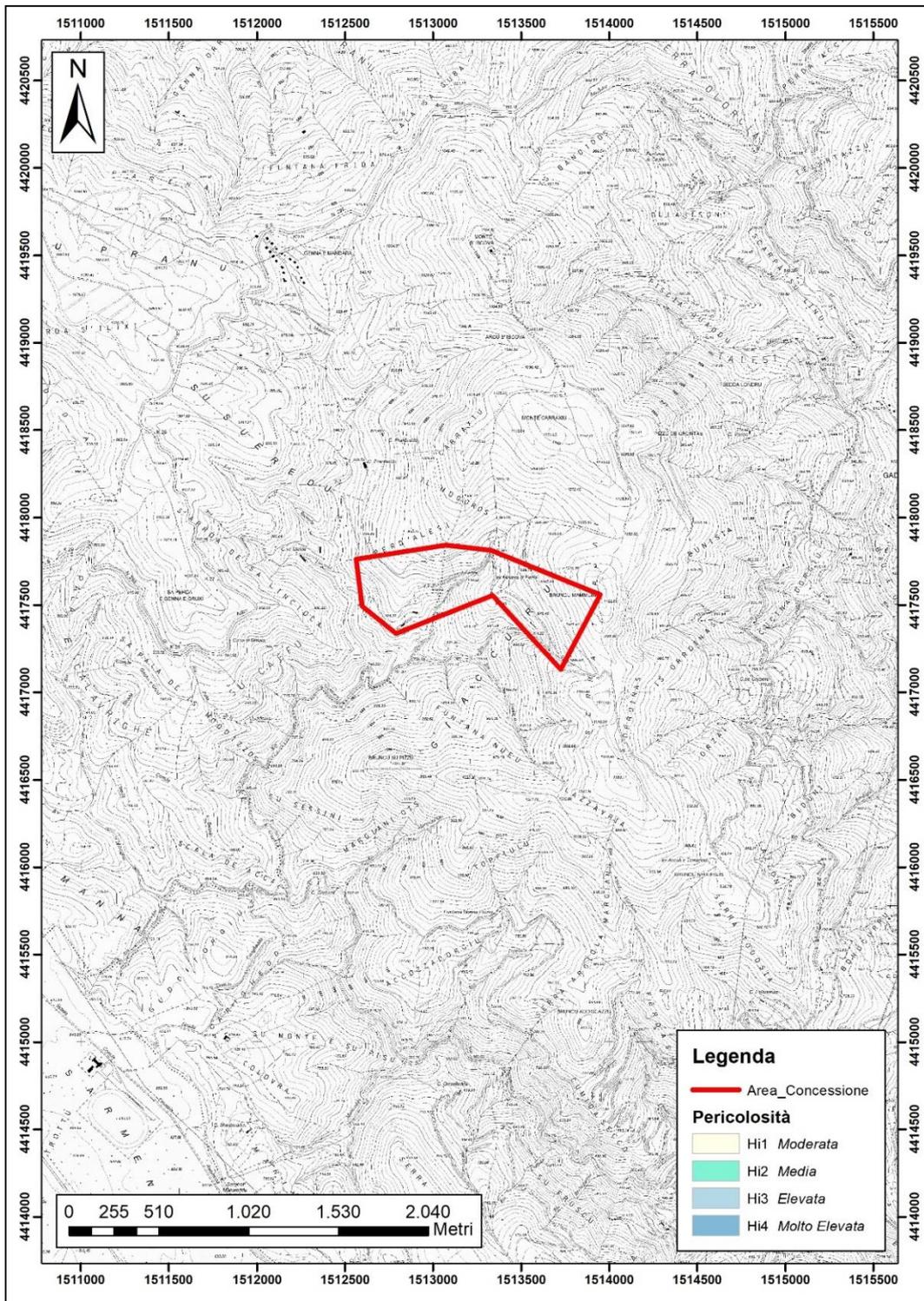


Figura 5 – Pericolosità Idraulica: in rosso è evidenziata l'area dell'intervento.

1.2.3 PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF)

Il sito di interesse non ricade in alcuna fascia di inondabilità del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)

(Figura 6).

Le fasce di inondabilità sono definite come porzioni di territorio costituite dall'alveo del corso d'acqua e dalle aree limitrofe caratterizzate da uguale probabilità di inondazione. La delimitazione delle fasce è stata effettuata in corrispondenza di portate di piena convenzionalmente stabilite in relazione al corrispondente tempo di ritorno.

Le portate di massima piena annuali sono determinate in termini probabilistici corrispondenti a determinati valori del periodo di ritorno T, il quale fornisce una stima del valore di portata che può venire mediamente superato ogni T anni. Sulla base delle portate al colmo di piena per stabiliti periodi di ritorno si dovrà effettuare quindi l'individuazione dell'estensione areale delle possibili inondazioni.

La specifica articolazione delle fasce è conforme sia per le modalità di perimetrazione sia per il merito delle prescrizioni generali alle indicazioni del D.L. REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA ASSESSORATO DEI LAVORI PUBBLICI Servizio Difesa del suolo 6 180/98, convertito con modificazioni nella L. 267/98.

L'articolazione delle aree inondabili in fasce si deve eseguire attraverso la suddivisione in aree ad alta, media e bassa probabilità di inondazione seguendo l'articolazione prevista in fase di salvaguardia dal citato D.L. 180/98.

Fascia A: aree inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=50 anni.

Fascia B: aree esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=200 anni.

Fascia C: aree esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=500 anni e, nel caso siano più estese, comprendenti anche le aree storicamente inondate e quelle individuate mediante analisi geomorfologica.

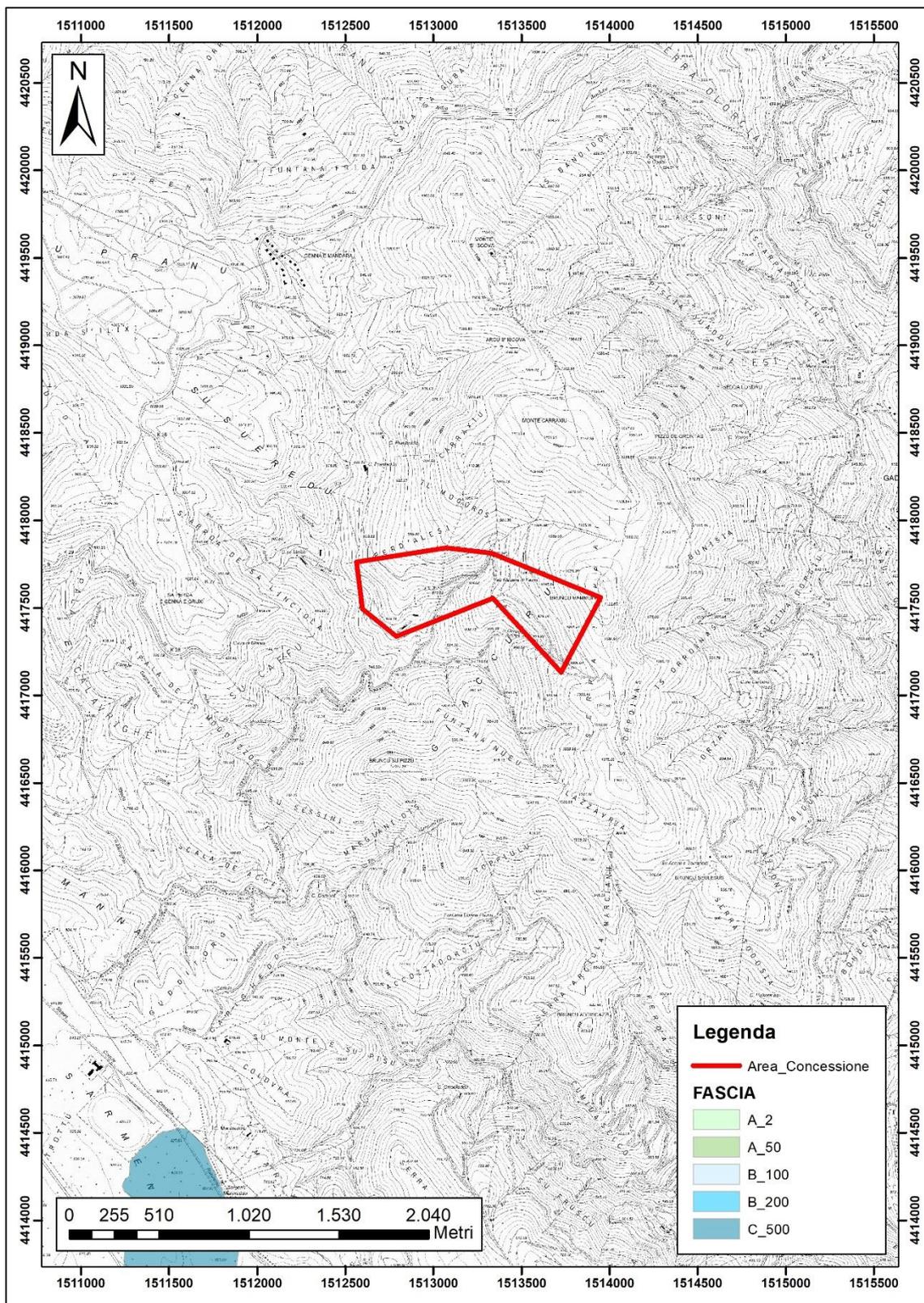


Figura 6 - Perimetrazione del PSFF; in rosso è evidenziata l'area dell'intervento.

1.2.4 VINCOLO IDROGEOLOGICO

L'area di studio è assoggettata a vincolo idrogeologico ai sensi dell'Art. 18 Legge 991/1952 (Figura 7).

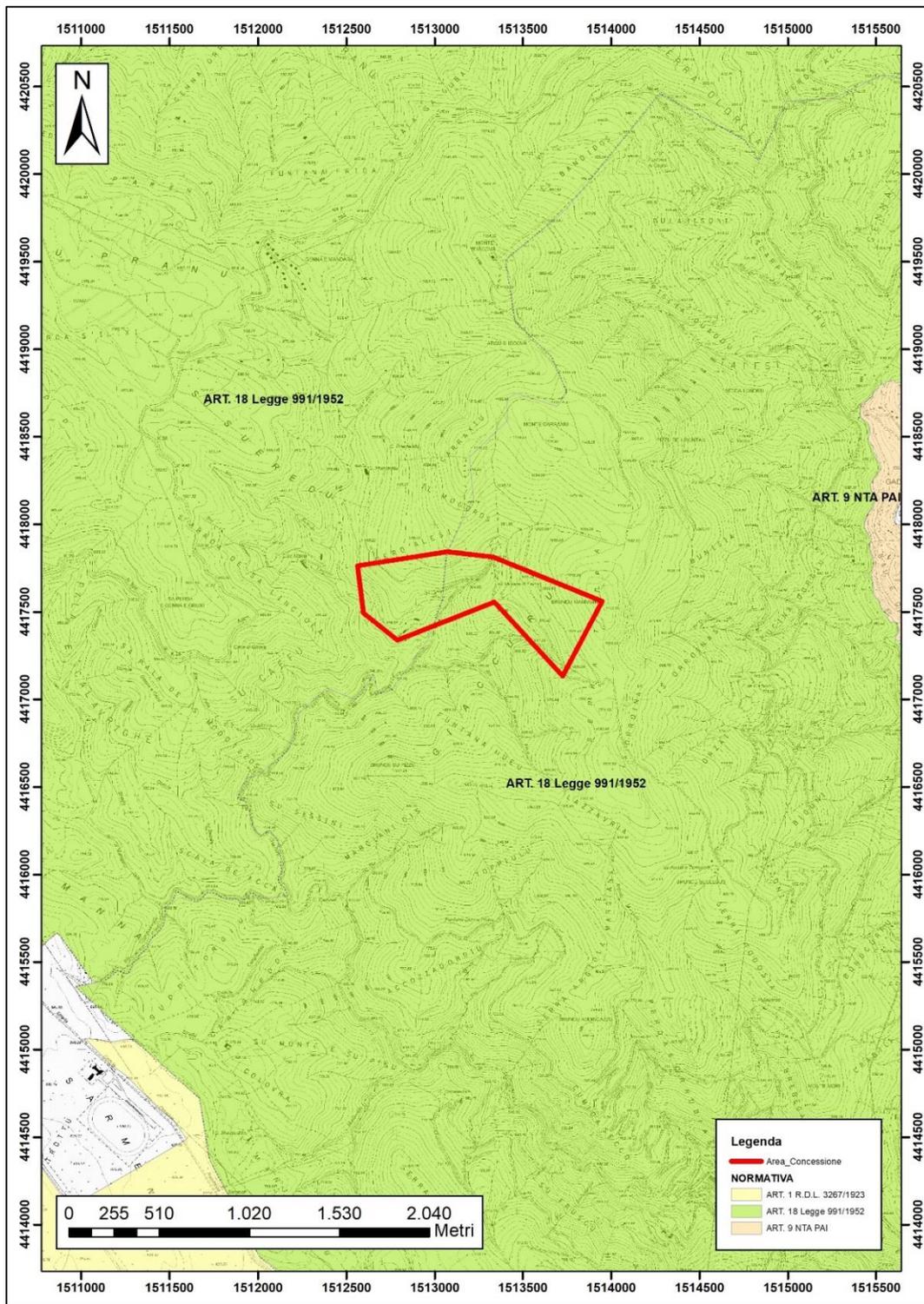


Figura 7 - Perimetrazione del Vincolo Idrogeologico; in rosso è evidenziata l'area dell'intervento.

Art. 18. Effetti Dell'approvazione Del Piano

1. L'approvazione del piano generale ha per effetto di determinare le opere e le attività da considerare pubbliche e quindi di competenza dello Stato e di rendere obbligatoria per i privati l'esecuzione delle opere indicate nel piano stesso, con i sussidi previsti dalla presente legge. Con il decreto di approvazione del piano vengono fissate la misura del sussidio, i termini per la presentazione di progetti esecutivi di trasformazione delle singole proprietà e i termini per la esecuzione delle opere di trasformazione previste nel piano stesso.
2. Qualora gli interessati ne facciano richiesta, alla redazione del progetto esecutivo delle opere da eseguire nelle proprietà con un reddito dominicale complessivo inferiore a lire 5.000, secondo la stima catastale del 1937-1939, provvede il Consorzio.
3. Gli interessati possono inoltre chiedere che il Consorzio provveda alla esecuzione delle opere stesse. Le spese di progettazione sono anticipate dallo Stato salvo recupero a carico degli interessati in un periodo di tempo non minore di trenta anni e senza interesse.
4. L'approvazione del piano ha pure l'effetto di sottoporre a vincolo idrogeologico i terreni che nel piano stesso siano delimitati al fine dell'imposizione del vincolo, ovvero di delibararli dal vincolo e di rendere possibili tutti i mutamenti di destinazione dei terreni necessari all'attuazione del piano stesso, senza che occorra l'osservanza delle norme del titolo primo del regio decreto 30-12-1923, n. 3267, per quanto concerne la procedura prescritta per il vincolo e lo svincolo dei terreni, nonché per la trasformazione dei boschi in altre qualità di coltura.

1.3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Il progetto relativo alla concessione mineraria per l'estrazione e valorizzazione di materiali di ferro "Giacurru" finalizzata è allo sfruttamento del giacimento residuo ed al ripristino ambientale. All'interno dell'area di concessione mineraria "Giacurru" sono presenti due aree mineralizzate (a magnetite e subordinata ematite) dove sono ubicati i cantieri denominati "Perdabila" (e "Perdabila alta") e "Mamoini". Queste aree mineralizzate sono già state sede di precedenti attività estrattive, come testimoniano le diffuse strutture minerarie ed i frequenti depositi di discarica degli sterili. Il cubaggio residuo accertato del giacimento è di circa 885.700 m³ pari a 3.100.000 t, mentre le riserve probabili ammontano a 1.857.000 m³ pari a 6.500.000 t. Il progetto prevede la coltivazione del

giacimento col metodo delle "camere e pilastri" (lasciando in posto circa il 35% del minerale) con i seguenti regimi produttivi, per un periodo di dieci anni di attività: 1) per il primo anno una produzione di 55.578 m³ pari a 194.523 t provenienti dalle sistemazioni delle aree esterne dei cantieri; 2) per il secondo anno una produzione di 83.298 m³ pari a 291.543 t, provenienti dalle sistemazioni delle aree esterne dei cantieri e dalla coltivazione in sotterraneo del cantiere Perdabila; 3) per i restanti otto anni una produzione media di circa 83.600 m³/anno pari a 292.600 t/anno provenienti dal sottosuolo. Nuove e più avanzate tecnologie nel trattamento metallurgico rendono ora economicamente vantaggioso lo sfruttamento di queste risorse abbandonate in passato.

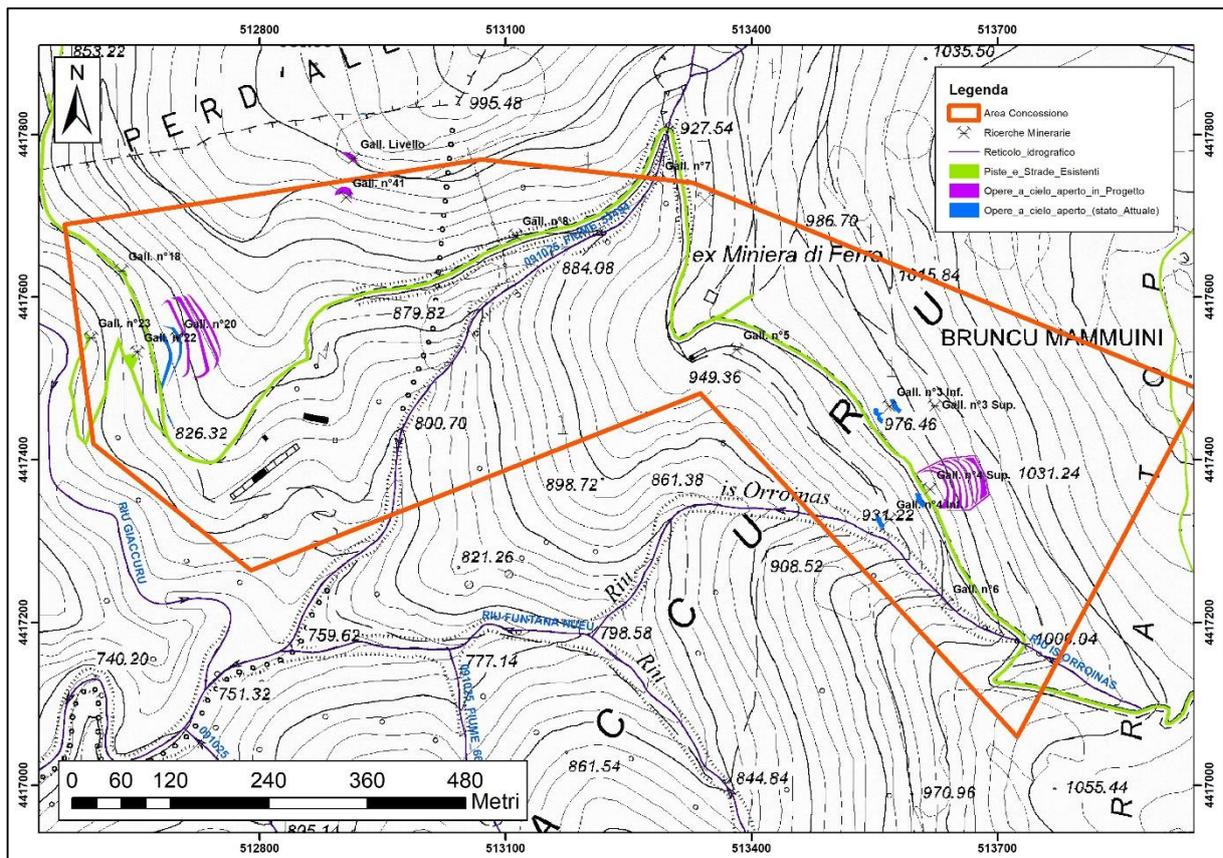


Figura 8 - Opere in progetto e stato attuale dell'area mineraria di Giacurru.

Le opere saranno realizzate (Figura 8 evidenziate in viola):

- **all'esterno:** che consistono nei lavori per la messa in sicurezza e predisposizione dei cantieri con l'allargamento dei piazzali e il consolidamento dei versanti, accompagnate dagli interventi di ripristino morfologico e ambientale delle aree già compromesse dai vecchi lavori;

- **in sotterraneo:** dove si prevede la regolare ripresa della coltivazione dopo accurata esplorazione, constatazione della stabilità dei luoghi e l'eventuale ed accurata verifica delle strutture e dello stato di conservazione dei lavori esistenti.

Del progetto fanno parte integrante anche le attività di ripristino morfologico e ambientale e un progetto di sviluppo sociale per la gestione e riconversione turistico-sociale della concessione a fine coltivazione.

Il metodo di coltivazione previsto nei cantieri in sotterraneo è quello della coltivazione in ritirata per "camere, pilastri e solette" con eventuale ripiena parziale delle camere. Questo metodo di coltivazione è stato scelto in funzione della qualità e delle caratteristiche geotecniche della roccia incassante e della stessa mineralizzazione, ma soprattutto perché garantisce una maggiore stabilità dell'ammasso roccioso e garantisce in modo assoluto l'integrità della superficie all'esterno, evitando la comparsa di vuoti. In questo modo si lascia in posto circa il 35% del minerale contenuto nel giacimento. L'utilizzo di risorse idriche sarà molto limitato poiché l'approvvigionamento sarà garantito dall'esterno.

Per ogni approfondimento relativo agli interventi previsti in progetto si rimanda agli elaborati tecnici di progetto.

SEZIONE II

INQUADRAMENTO CLIMATICO - IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

2 INQUADRAMENTO CLIMATICO, IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

2.1 INQUADRAMENTO CLIMATICO

L'analisi climatica è stata condotta attraverso lo studio delle variabili pluviometriche registrate nella stazione di Ortuabis (Codice Stazione 990) situata a circa 4 km dall'area mineraria di Giaccuru; la stazione meteo è situata lungo la Ferrovia Complementare Mandas-Sorgono (Stazione di Ortuabis) in agro di Meana Sardo a circa 774 m s.l.m. di quota (Figura 9). Nella prima parte dell'analisi vengono descritte le caratteristiche pluviometriche dell'area di studio calcolando le precipitazioni medie mensili e annuali della serie storica; dopodiché viene condotta anche un'analisi sugli eventi pluviometrici giornalieri più importanti (eventi estremi). Nella seconda parte vengono descritte le caratteristiche termiche dell'area di studio.

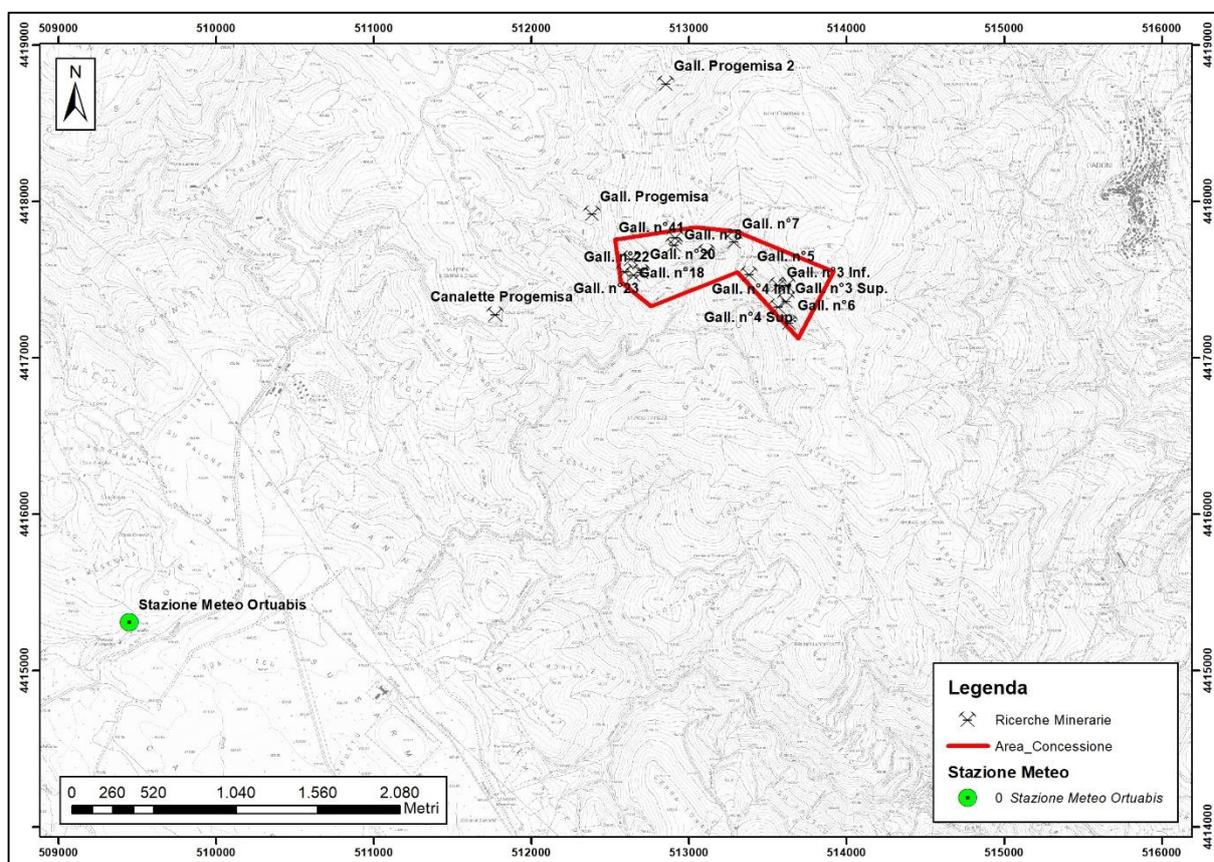


Figura 9 - Ubicazione della stazione meteo di Ortuabis.

2.1.1 PLUVIOMETRIA

La stazione pluviometrica di Ortuabis rappresenta abbastanza fedelmente le condizioni generali del settore di studio; l'analisi è stata condotta utilizzando i dati rilevati dal SISS per la stazione considerata (1990 - Ortuabis). Partendo da questi dati, ottenuti dalle medie di circa 90 anni di osservazioni (dal 1922 al 2013), è stato possibile calcolare il valore medio annuale delle precipitazioni, che raggiunge i **921,6 mm**. L'andamento medio delle precipitazioni evidenzia che i mesi più piovosi risultano essere: ottobre, novembre, dicembre, mentre giugno, luglio e agosto sono i mesi meno piovosi. Il mese più piovoso mediamente è dicembre con 134,6 mm mentre il più secco è luglio con 10,3 mm. L'anno più piovoso dal 1922 al 2013 risulta essere 1950 con 1742,7 mm mentre il meno piovoso il 2001 con 491,4 mm (*Figura 10, Figura 11*).

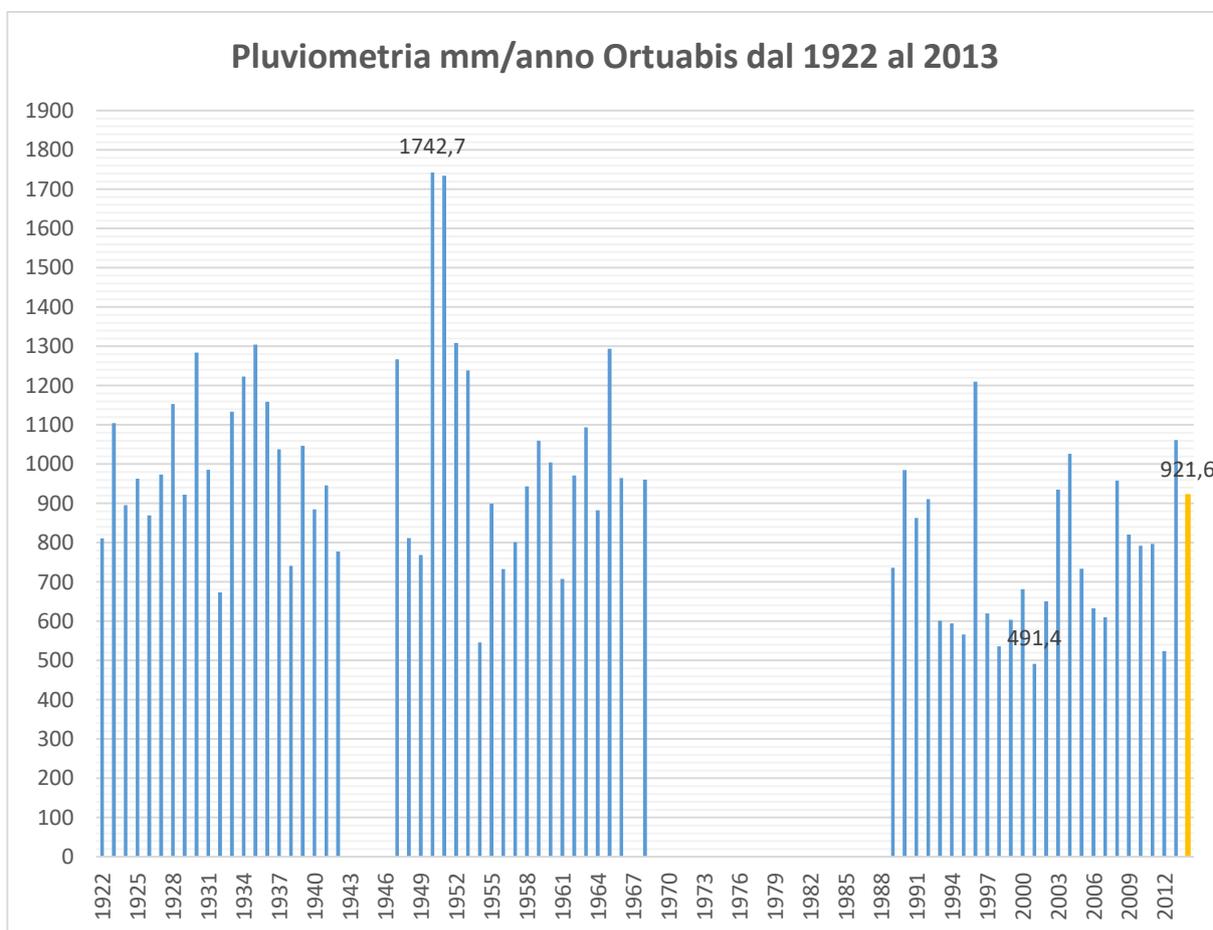


Figura 10 - Pluviometria mm/anno Ortuabis dal 1922 al 2013.

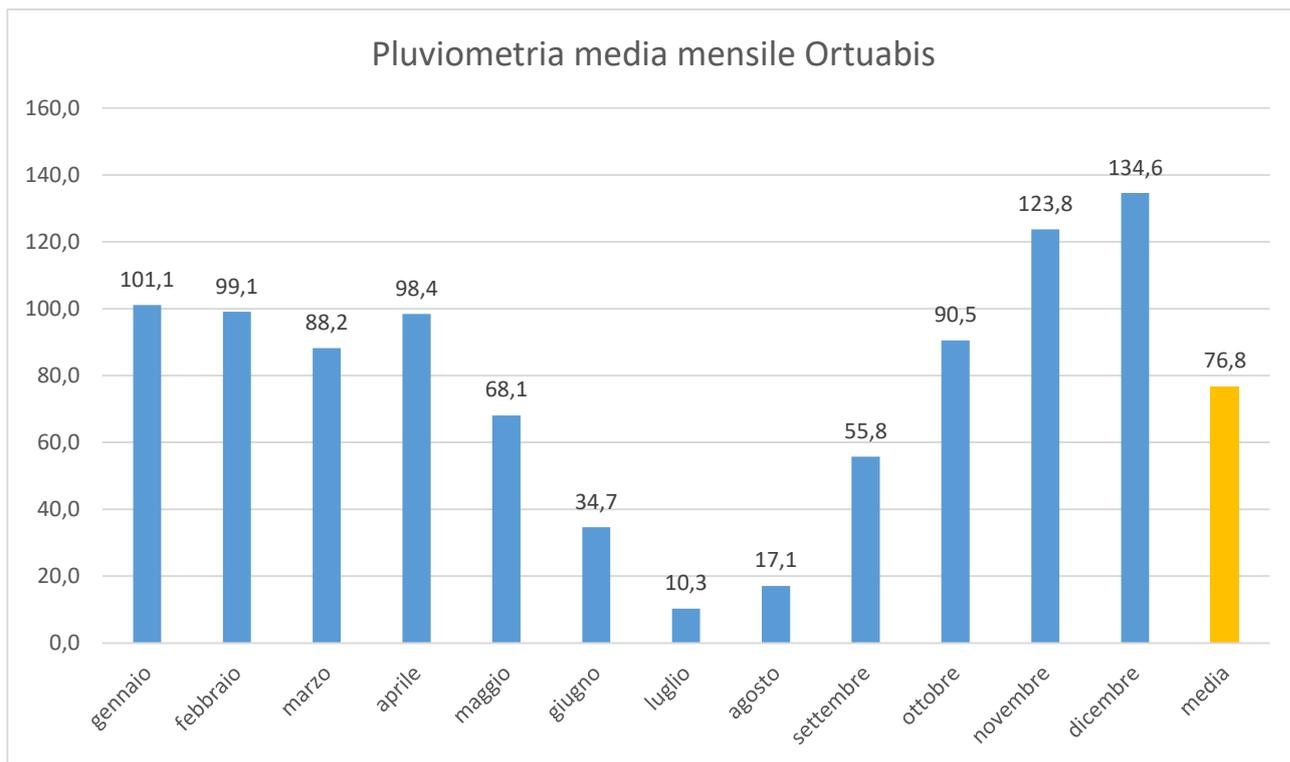


Figura 11 - Pluviometria media mensile Ortuabis dal 1922 al 2013.

2.1.2 ANALISI DEGLI EVENTI ESTREMI

Per quanto concerne gli eventi estremi, sono stati analizzati i dati pluviometrici giornalieri del periodo che va dal 1° gennaio 1922 al 31 dicembre 2013 (990 - Ortuabis), l'analisi ha prodotto i seguenti risultati (Tabella 1).

L'evento pluviometrico maggiore in ordine di importanza è quello riferibile al 07/05/1986 con 128 mm in 24 ore, il secondo risale al 23/01/1968 con 112 mm, il terzo evento in ordine di importanza risale al 29/07/1933, il quarto al 18/03/1952.

Nel periodo esaminato si hanno 50 eventi giornalieri compresi tra 50 e 70 mm, 11 eventi compresi tra 70 e 100 mm, 1 evento compreso tra 100 e 120 mm, 1 evento compreso tra 120 e 150 mm. Dai dati si può evincere che la frequenza di eventi estremi risulta essere abbastanza bassa; i dati non mostrano nessun evento alluvionale paragonabile a quelli storici regionali (alluvione di Capoterra; Villagrande ecc.) questo è dovuto al fatto che l'area di studio non è interessata dalla fenomenologia tipica da "Stau" che si verifica nelle zone costiere esposte alle correnti da SE.

Tabella 1 - Eventi pluviometrici estremi giornalieri dal 1922 al 2013 stazione di Ortuabis

Data	mm		Eventi estremi	392
07/05/1986	128		>30 mm <50 mm	329
23/01/1968	112		>50 mm <70 mm	50
29/07/1933	84		>70 mm <100 mm	11
18/03/1952	83		>100 mm <120 mm	1
03/08/1927	82		>120 mm <150 mm	1
27/04/1940	77		> 150 mm <200 mm	0
31/10/1929	76,5		>200 mm <250 mm	0
01/09/1970	76		>250 mm <300 mm	0
07/05/1964	73		>300 mm <350 mm	0
05/06/1941	72,6		>350 mm <400 mm	0
07/03/1926	72		>400 mm < 450 mm	0
22/04/1999	71		>450 mm <500 mm	0
03/12/1943	70		>500 mm <550 mm	0
22/07/2003	69,3		>550 mm <600 mm	0
24/03/1965	69		>600 mm <650 mm	0

Alla luce di quanto appena esposto non si può escludere a priori che in futuro non possano verificarsi eventi maggiori di quelli registrati dalla serie pluviometrica storica di Ortuabis, anche perché gli ultimi studi dell'IPCC mostrano un aumento della frequenza degli eventi estremi.

Tali proiezioni sono ottenute a partire dai dati simulati dal modello climatico regionale COSMO-CLMviii alla risoluzione di circa 8 km forzato dal modello globale CMCC-CM (risoluzione orizzontale 80 km). Tale configurazione, ottimizzata dalla Fondazione CMCC sull'area italiana è largamente utilizzata in Italia per studi climatici locali e per analisi degli effetti del cambiamento climatico su diverse tipologie di impatti. Il quadro climatico del periodo di riferimento 1981- 2010, necessario a caratterizzare il clima attuale della regione è ottenuto dalle proiezioni climatiche per il periodo 2021- 2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, per gli scenari IPCC RCP4.5 e RCP8.5.

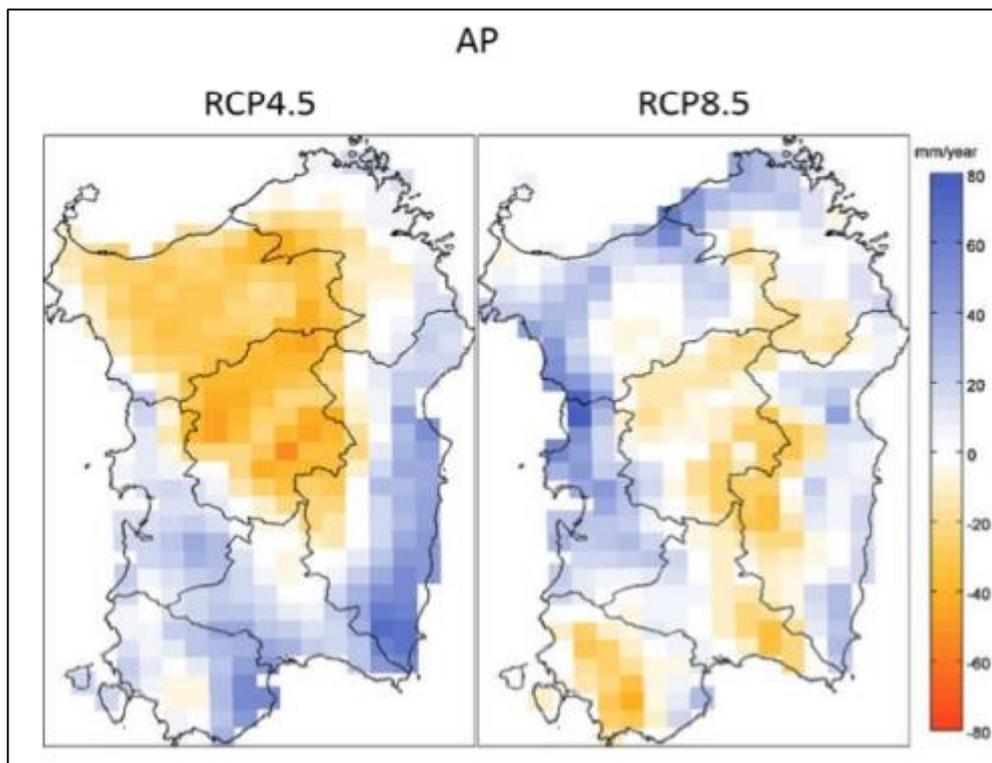


Figura 12 -Anomalie [mm/anno] dell'indicatore AP per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 e RCP8.5 dell'IPCC.

In termini di precipitazioni, le proiezioni con lo scenario RCP4.5 mostrano un aumento dei valori annuali (Figura 12) a sud e ad est della Sardegna, mentre è attesa una riduzione nella parte centrale e nord-occidentale. D'altra parte, lo scenario RCP8.5 mostra una generale riduzione della precipitazione annuale nella parte centrale e sud-occidentale, mentre è atteso un aumento altrove. **Secondo questo scenario l'area di studio ricade in una zona dove è prevista una diminuzione delle precipitazioni.**

2.2 INQUADRAMENTO IDROLOGICO

Per quanto riguarda la circolazione idrica superficiale, l'area si caratterizza per le tipiche morfologie connesse alle metamorfite (rilievi costituiti da versanti acclivi con locali rotture di pendio in luogo di importanti bancate di roccia e/o creste, esposte spesso per fenomeni di erosione differenziale, solitamente scarse coperture di suolo) e reticolo idrografico caratterizzato da catture fluviali e incassato nel *bedrock*. L'area è inquadrabile come "montuosa" ad acclività, con versanti a pendenze principalmente comprese tra i 20°- 50°. Tale assetto morfologico favorisce il ruscellamento superficiale nelle aree prive di vegetazione e costituite da coperture detritiche; lungo i versanti, le acque

ruscellanti, tendono a defluire superficialmente senza infiltrarsi nel sottosuolo anche a causa della bassa permeabilità del basamento paleozoico.



Figura 13 –La valle del Riu Giacurru presso il cantiere di Perdabila bassa.

A causa dei caratteri ora esposti, il reticolo idrografico superficiale ha quindi carattere prevalentemente torrentizio e stagionale, a esclusione del Fiume Flumendosa e il Riu Saraxino che mantengono un minimo deflusso durante tutto l'anno. Date le pendenze e l'assenza di copertura arborea/vegetale i tempi di corrivazione sono molto brevi.

Nello specifico, l'area di studio ricade all'interno del bacino idrografico del Rio di Giacurru (Figura 15), un bacino di piccole dimensioni (7,9 km² circa) che riversa le sue acque all'interno del Rio Trazzammula il quale, grazie ad alcuni affluenti in destra e sinistra idraulica, con direzione NW-SE cambia il suo nome in Riu Saraxino fino ad immettersi come affluente in destra idraulica del Fiume Flumendosa, dopo aver drenato complessivamente un settore di oltre 23 km². Le litologie drenate in questo percorso sono costituite dalle metamorfiti del basamento paleozoico (filladi, metapeliti, metacalcari silicizzati, metarenarie, metasiltiti, metaquarziti, metavulcaniti).

Per quanto riguarda i caratteri topografici, il bacino del Rio di Giacurru (la cui asta principale ha una lunghezza di poco più di 5 km) è caratterizzato da una pendenza media del 27% sviluppandosi tra le quote degli spartiacque settentrionali a circa 1100 m. s.l.m. e chiudendo a circa 650 m.s.l.m. in località "Scala de Accas". L'intero bacino del Rio Giacurru + Trazzamimula + Saraxino (*Errore. L'origine riferimento on è stata trovata.*) (la cui lunghezza dell'asta principale è di oltre 11 km), fino alla chiusura sul Flumendosa, mostra invece una pendenza media di circa 20% chiudendo a circa 350 m s.l.m. in corrispondenza dell'alveo del Flumendosa.

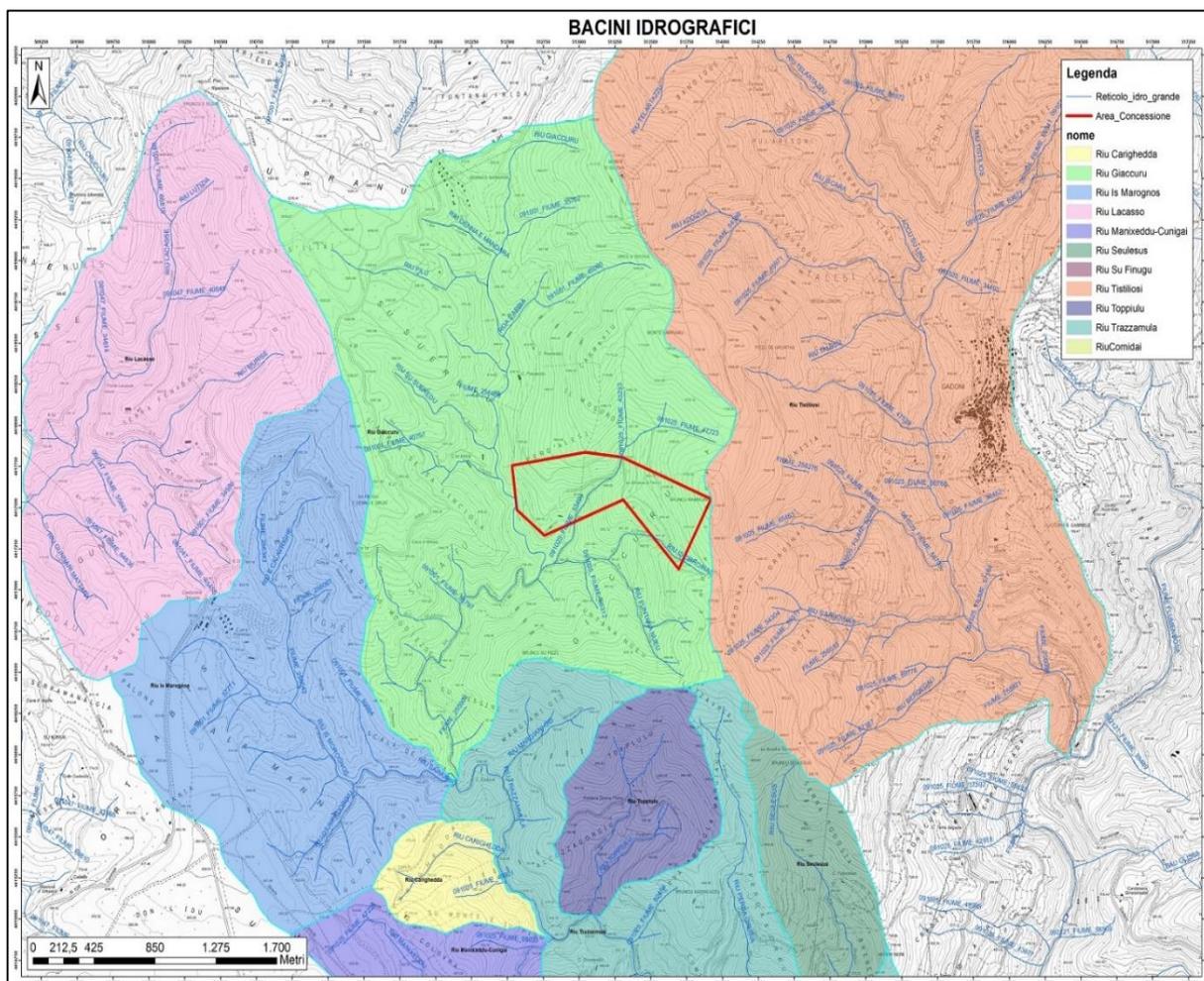


Figura 14 - Bacini idrografici; in verde chiaro il bacino idrografico del Rio Guaccuru.

Di seguito viene descritta la circolazione idrica superficiale all'interno dei tre cantieri oggetto di studio.

- **Perdabila bassa:** alla base del versante scorre incassato tra le metamorfite del basamento paleozoico il Riu Giacuru (*Figura 13*); il torrente crea dei depositi alluvionali costituiti prevalentemente da ghiaie da grossolane a medie, ciottoli, sabbie e matrice siltoso-sabbiosa concentrati prevalentemente lungo il suo alveo. Il bacino idrografico del cantiere è rappresentato da un compluvio che ha un'estensione di circa 8,6 ha con pendenza media di circa 25,2°. Gran parte del materiale abbancato lungo i versanti derivato dall'attività mineraria passata, è caratterizzato da una buona permeabilità e non è stata rilevata tra i clasti una importante componente fine. In alcuni casi sono state individuate delle forme di erosione localizzate ad opera delle acque superficiali di ruscellamento non ancora incanalate nei naturali impluvi; il ruscellamento è favorito dall'assenza quasi totale di copertura vegetale e dalla mancanza di opere di captazione.
- **Perdabila alta:** all'interno del cantiere di Perdabila alta non vi sono torrenti degni di nota, il bacino idrografico del cantiere ha un'estensione areale di circa 8 ha con una pendenza media di circa 20,7°. Nelle immediate vicinanze della Galleria n°41 è presente un compluvio con un solco da ruscellamento concentrato di modesta entità che si attiva durante gli eventi pluviometrici più importanti; anche in quest'area si denota l'assenza quasi totale di vegetazione che favorisce i processi erosionali (*Figura 18*).
- **Mammoini:** nel cantiere alla base del versante si trova il Riu Is Orroinas; questo torrente ha una lunghezza abbastanza ridotta (circa 830 metri) con un'estensione di circa 36,5 ha e una pendenza media di circa 17,2° (*Figura 17*). Nei pressi della Galleria n° 6 è presente un solco da ruscellamento concentrato che erode il materiale abbancato derivante dall'attività mineraria passata. Il compluvio in passato, ha riversato le acque di scorrimento lungo la vecchia sede stradale, queste scorrendo lungo la strada hanno creato un solco da ruscellamento concentrato che si è riversato sul versante creando orli di scarpata di erosione con un flusso di detrito che si è riversato lungo l'asta fluviale del Riu Is Orroinas; il torrente nel tempo ha rimosso gran parte di questi detriti erodendo parzialmente anche il materiale abbancato lungo il versante sotto la Galleria n° 4 inferiore. Il solco da ruscellamento concentrato è situato a circa 100 metri di distanza in direzione sud dalla Galleria n° 4 superiore, **di conseguenza non interferirà con le opere in progetto**. Per poter usufruire della sede stradale ormai compromessa e contenere in modo adeguato i processi erosionali opportuno captare e rincanalare nuovamente le acque superficiali lungo il corso del Riu Is Orroinas.

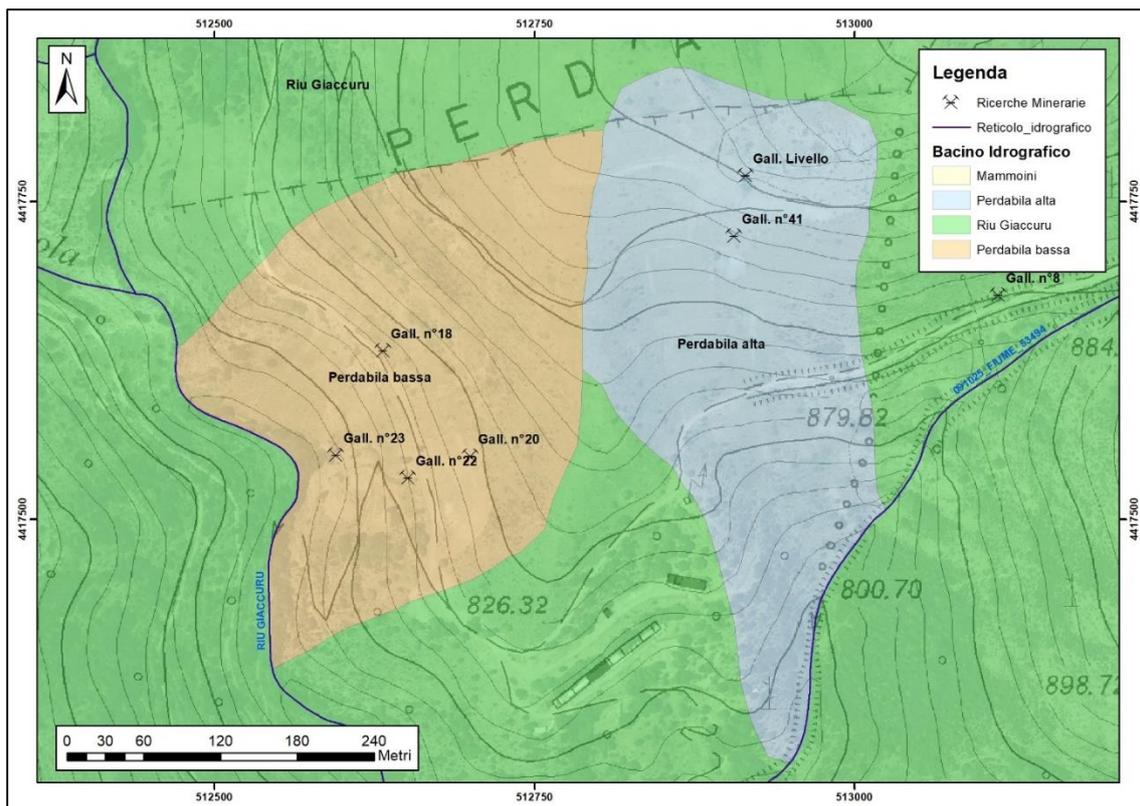


Figura 16 - Bacini idrografici di Perdabilla bassa e Perdabilla alta.

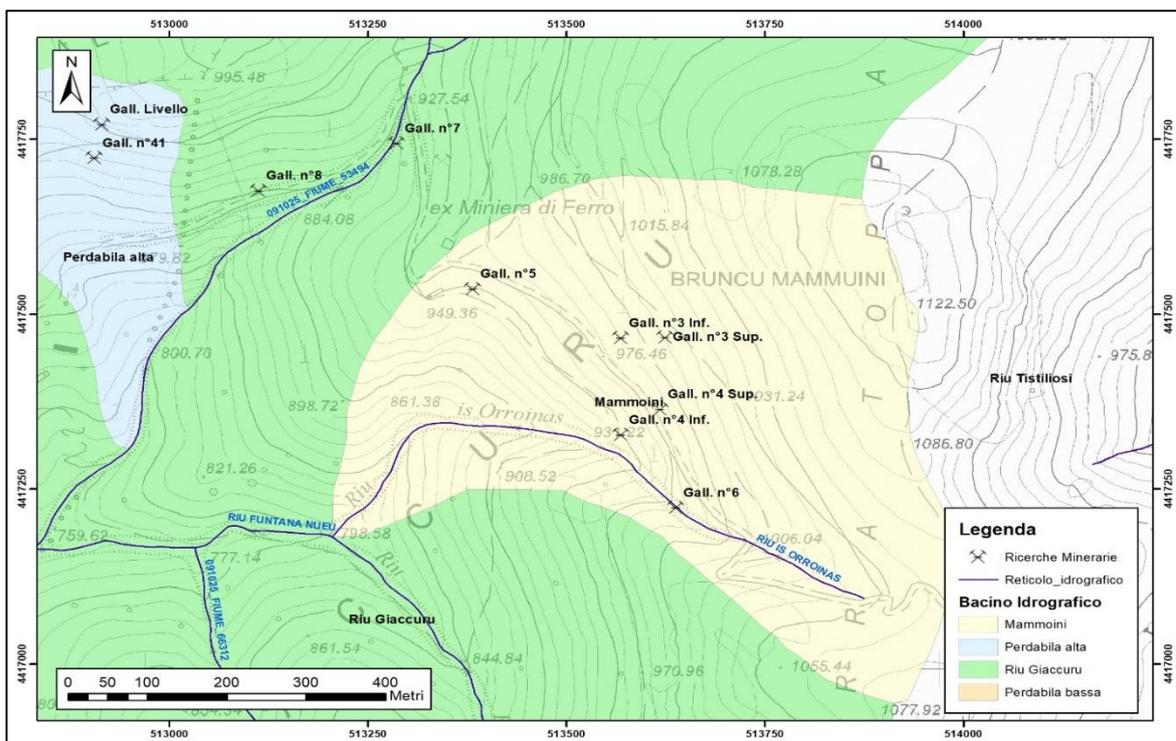


Figura 17 - Bacino Idrografico Riu Is Orroinas.



Figura 18 - Compluvio lungo il versante del cantiere di Perdabila alta.



Figura 19 - Solco da ruscellamento concentrato presso il cantiere di Mammoini.

Per una trattazione più esaustiva dei processi erosionali si rimanda alla SEZIONE IV Paragrafo 9.

2.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

All'interno dello scenario geologico precedentemente esposto, le uniche formazioni che possiedono una permeabilità per porosità sono le formazioni i depositi di versante (a), i depositi antropici derivanti dall'attività mineraria passata (h1m) e i sedimenti fluviali di fondovalle (ba); per questi depositi si può stimare una permeabilità di circa $10^{-1} / 10^{-3}$ m/s. A livello quantitativo all'interno del bacino idrografico del Rio Giacurru, l'entità di tali formazioni è assolutamente trascurabile dato il loro esiguo spessore ed estensione (*Figura 21*).

Per quanto riguarda il basamento metamorfico litoide, all'interno del bacino del Rio Giacurru, generalmente è caratterizzato da una permeabilità da media a bassa per fratturazione (*Figura 21*). Infatti, la maggior parte della circolazione sotterranea è caratterizzata da una permeabilità per fratturazione all'interno delle filladi/metarenarie/metacalcari silicizzati. Tale permeabilità per fratturazione è direttamente proporzionale al grado di fratturazione, alla presenza di discontinuità primarie e secondarie (anisotropie planari come scistosità, ecc.). In tale situazione è quindi possibile stimare bassi valori di permeabilità per la compagine lapidea, con valori di permeabilità bassi nell'ordine dei $10^{-5} / 10^{-6}$ cm/s.

Tenuto conto di tali bassi valori di permeabilità e dell'assenza di grossi acquiferi, è possibile assimilare l'estensione del bacino idrografico a quello del bacino idrogeologico. Il limitato quantitativo di infiltrazione delle acque di precipitazione all'interno della compagine rocciosa trova conferma anche nell'assenza in tali metamorfiti di importanti sorgenti, limitando le poche segnalate ad effimere venute d'acqua perlopiù stagionali, testimoniando quindi circuiti idrogeologici molto brevi.

Sono da segnalare alcune gallerie minerarie, in gran parte allagate in particolare la Galleria n° 4 Inferiore (*Figura 20*), la n° 22, la n° 5 e la n° 7; sono presenti anche venute d'acqua inferiori dalle gallerie n° 4 superiore, dalla n° 41 e dalla Galleria livello Perdabila alta.

Si segnala inoltre un altissimo grado di *bedrock* in esposizione, con conseguenti limitati spessori di suolo concentrati esclusivamente nei fondo valle o comunque nei compluvi, con una scarsa copertura arborea.



Figura 20 - Galleria n° 4 inferiore.

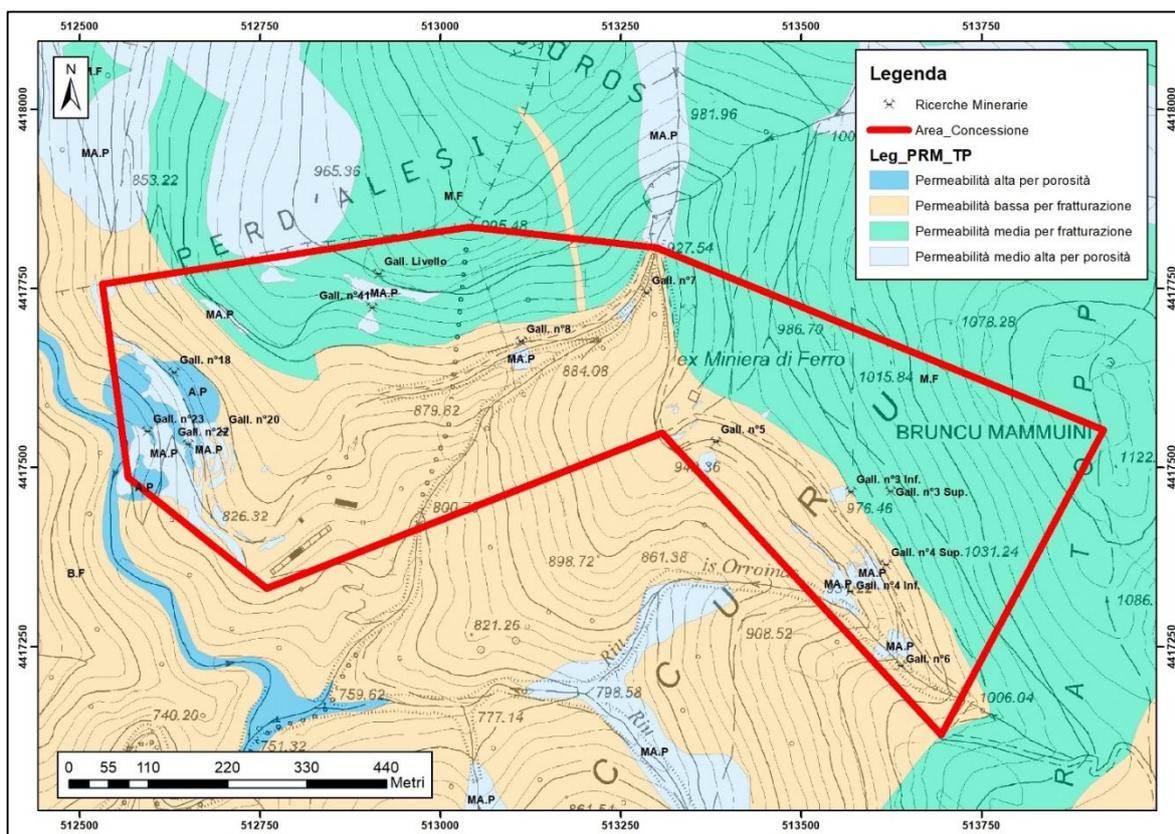


Figura 21 - Permeabilità nell'area di studio.

SEZIONE III

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'area di studio è posizionata nella zona a falde del basamento varisico sardo (*Figura 22*) e comprende una serie di successioni stratigrafiche di età compresa tra il Cambriano inferiore ed il Carbonifero inferiore. Essa è caratterizzata dall'impilamento di unità tettoniche messe in posto durante le fasi compressive dell'orogenesi varisica deformate da una serie di eventi plicativi tardivi.

L'assetto tettonico delle falde è dovuto a due eventi deformativi principali con caratteri strutturali differenti: una tettonica compressiva nel Viseano-Namuriano che ha determinato il sovrascorrimento delle successioni paleozoiche e il loro impilamento in falde, una tettonica distensiva nel Vestfaliano superiore - Permiano inferiore correlata con il collasso gravitativo della catena orogenetica varisica che ha permesso il raffreddamento e la risalita delle metamorfiti e una deformazione a livelli strutturali sempre più superficiale. Nella zona a falde la deformazione duttile si sviluppa con un metamorfismo regionale nella facies a scisti verdi, zona a clorite. Nelle successioni stratigrafiche è presente un livello di scollamento delle falde individuato nelle "Arenarie di San Vito" cambro-ordoviciane nelle falde esterne, mentre nelle falde interne lo stesso livello di scollamento è individuato nella successione del "Postgotlandiano" Auct. Le successioni stratigrafiche del basamento varisico sono ricoperte da conglomerati e vulcaniti che evidenziano delle discordanze con i depositi sottostanti. La più antica è una discordanza angolare che separa la successione del Cambriano-Ordoviciano inferiore dal sovrastante complesso vulcanico dell'Ordoviciano medio. Il complesso vulcanico che caratterizza le successioni stratigrafiche nella zona a falde è compreso tra l'Ordoviciano Inferiore e quello Superiore; è costituito da una serie di episodi effusivi, generalmente subaerei, distinti da variazioni laterali di spessore, composizione e natura. Queste variazioni delineano delle importanti variazioni stratigrafiche all'interno delle unità tettoniche. Il vulcanismo ordoviciano costituisce una "suite" composizionale che va dai basalti alle rioliti con chiara affinità subalcalina.

Successivamente nell'Ordoviciano Superiore, inizia una trasgressione marina con dei depositi derivati in parte dallo smantellamento degli edifici vulcanici precedenti. I depositi trasgressivi presentano una notevole variabilità litologica e di spessore all'interno delle varie unità tettoniche. Nel Siluriano si raggiungono condizioni di sedimentazione più uniformi all'interno delle varie unità tettoniche dettate da un contesto geodinamico più stabile. Le successioni devoniane sono caratterizzate da depositi di

piattaforma spesso carbonatici, mentre quelli carboniferi sono dei depositi in facies Culm e costituiscono gli ultimi sedimenti coinvolti dalla catena varisica.

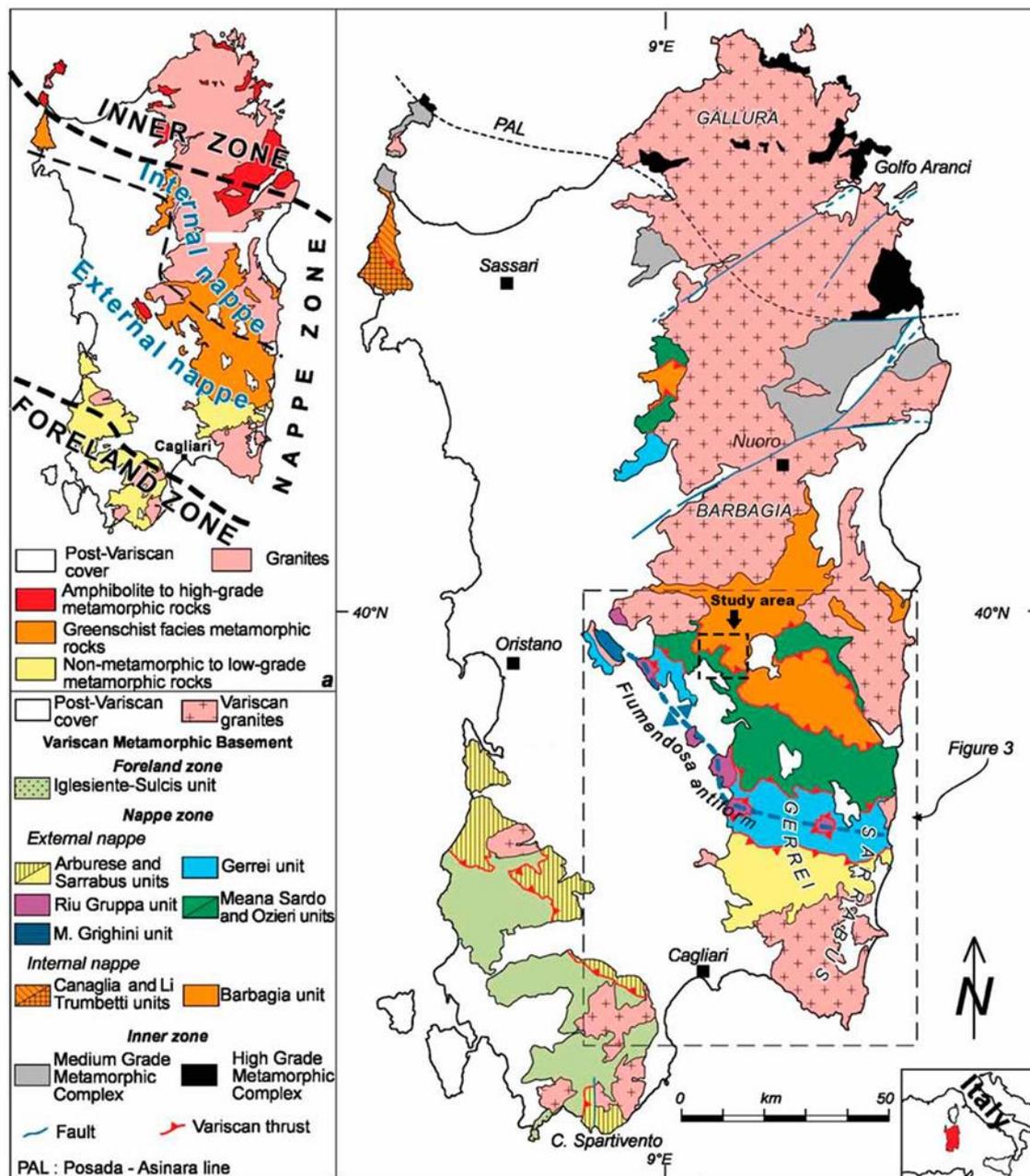


Figura 22 - Schema tettonico del Basamento varisico sardo (da Funedda et al., 2015).

Il distretto minerario di Funtana Raminosa – Giacurru ricade all'interno di due unità tettoniche principali che sono: l'Unità di Meana sardo e L'unità della Barbagia.

L'Unità di Meana Sardo è compresa tra la sottostante Unità del Gerrei e la sovrastante Unità della Barbagia, è costituita da: arenarie, filladi, siltiti, quarziti e conglomerati cambro-ordoviciani e del Cambriano superiore - Arenigiano superiore; complesso vulcanico dell'Ordoviciano medio composto da rioliti, grovacche litiche, arenarie vulcaniche, conglomerati, scisti cloritico-epidotici, vulcaniti basico intermedie e andesitico-basaltiche; arenarie, arcose, quarziti, conglomerati, siltiti e filladi, vulcaniti basiche dell'Ordoviciano superiore; filladi carboniose, liditi e calcari siluro-devonici.

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO

L'Unità della Barbagia sovrascorre sopra l'Unità di Meana Sardo; è composta prevalentemente da metamorfiti di medio e basso grado, questo complesso è noto in letteratura come Filladi Grigie del Gennargentu "Postgotlandiano" Auct.); l'attribuzione litostratigrafica di questa unità è molto complicata a causa del metamorfismo più intenso, della rarità di livelli guida come il complesso vulcanico e dalla mancanza di livelli fossiliferi. Nell'area indagata recentemente l'Unità della Barbagia è costituita da: filladi, siltiti, quarziti e arenarie di età incerta compresa tra il Cambro-Ordoviciano Inferiore, l'Ordoviciano Superiore e il Devoniano-Carbonifero inferiore.

3.2.1 UNITÀ DI MEANA SARDO

L'unità tettonica di Meana Sardo affiora estesamente nell'area di studio, l'attribuzione formazionale ha permesso di riconoscere alcune successioni che in ordine cronostratigrafico sono: Formazione di Orroeledu, Formazione degli Scisti a Graptoliti. Sono presenti numerosi contatti tettonici principali e secondari bordati con delle fasce cataclasto-milonitiche abbastanza evidenti. Le mineralizzazioni principali sono situate all'interno dell'Unità Tettonica di Meana Sardo, infatti sono presenti numerosi giacimenti a skarn con mineralizzazioni a magnetite e ematite con solfuri metallici secondari (blenda, calcopirite, pirite).

Di seguito vengono elencate le Formazioni presenti nell'area di studio in ordine geocronologico partendo dalla più antica:

3.2.1.1 FORMAZIONE DI ORROELEDU

La Formazione di Orroeledu (*Figura 23*) è costituita da due litofacies, una caratterizzata da un'alternanza di arenarie, metarenarie e arcose (**ORRa**), e l'altra da filladi e metasiltiti con matrice quarzoso-sericitica e cloritica (**ORR**). Principalmente i frammenti litici sono costituiti da epiclastiti, quarziti, arenarie e vulcaniti. Nell'area di studio non sono stati rinvenuti fossili internamente a questa formazione; con

molta probabilità la deformazione e la ricristallizzazione hanno alterato il contenuto originale. La Formazione di Orroledu segna un importante passaggio della trasgressione ordoviciana al di sopra delle metavulcaniti; queste ultime sono anche la fonte principale di alimentazione della formazione di Orroledu.



Figura 23 - Formazione di Orroledu; arenarie e quarziti.

3.2.1.2 FORMAZIONE DEGLI SCISTI A GRAPTOLITI

La Formazione degli Scisti a Graptoliti rappresenta un ottimo marker all'interno dell'Unità di Mena Sardo, è molto diffusa nell'area di studio sia in termini di estensione che come spessore. Si tratta di argilloscisti molto scuri (originariamente carboniosi) alternati con livelli di siltiti grigie (**SGA**). Nella parte alta della formazione sono presenti dei calcari scuri e delle peliti carbonatiche note in letteratura come Scisti a Tentaculiti (**SGAa**) (*Figura 24*). Alla scala dell'affioramento non sono stati rinvenuti macrofossili, la causa potrebbe essere imputabile all'elevato grado di deformazione con la ricristallizzazione legata al metamorfismo; infatti questi livelli in altre aree della Sardegna presentano articoli di crinoidi, ortoceratidi e briozoi. Lo spessore apparente della formazione è di un centinaio di metri mentre resta molto difficile stabilire l'entità dello spessore reale a causa dell'elevato grado di

deformazione. Anche i livelli carboniosi alla scala dell'affioramento non presentano graptoliti, il motivo come esposto in precedenza può essere legato all'elevato grado di deformazione e di ricristallizzazione. Questa formazione rappresenta soventemente una superficie di scollamento tettonico quando è a contatto con formazioni di competenza diversa, come nella parte settentrionale dell'area di ricerca dove è in contatto tettonico tramite un sovrascorrimento con la successione del Postgotlandiano che vi sovrascorre.



Figura 24 - Formazione degli Scisti a Graptoliti; Calcari silicizzati presso Perd'Alesi.

3.2.2 UNITÀ TETTONICA DELLA BARBAGIA

Nell'area di studio affiora l'Unità Tettonica della Barbagia, essa sovrascorre sopra l'Unità tettonica di Meana Sardo, il contatto tettonico tra le due unità è marcato da un'estesa fascia cataclasto- milonitica. L'unità della Barbagia è costituita da originarie successioni sedimentarie di età incerta ampiamente deformate da un'intensa tettonica plicativa polifasica; le successioni stratigrafiche che la costituiscono sono rappresentate in gran parte dalle Filladi Grigie del Gennargentu.

3.2.2.1 FORMAZIONE DELLE FILLADI GRIGIE DEL GENNARGENTU

Si tratta di una successione irregolare costituita da alternanze di livelli da decimetrici a metrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi quarzose e filladi quarzifere ("Postgotlandiano")

Auct.). (Cambriano medio? - Ordoviciano inferiore?). La Formazione delle Filladi Grigie del Gennargentu (**GEN**) (*Figura 25*) è attribuita con molte incertezze al Cambriano medio-Ordoviciano inferiore: si tratta di una successione monotona e irregolare di livelli da decimetrici a decametrici di arenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi e filladi quarzifere interessate da un metamorfismo di basso grado (dalla facies degli scisti verdi, zona a clorite). Le filladi hanno un colore che va dal grigio chiaro-scuro, al verdastro; localmente prevalgono termini ricchi in quarzo strutturati in banchi di vari metri di spessore, oppure arenarie fini e siltiti in banchi più sottili. A causa delle deformazioni e dalla tettonica lo spessore di questa formazione non è valutabile. Le Filladi Grigie del Gennargentu poggiano sono molto povere dal punto di vista fossilifero e spesso il metamorfismo con la tettonica hanno deformato e obliterato le strutture presenti in esse. Esistono delle forti somiglianze litologiche in particolare con la Formazione delle Arenarie di San Vito, facenti parte delle falde esterne; la mancanza di supporti biostratigrafici nella Formazione delle Filladi Grigie del Gennargentu non ha consentito la correlazione con le Arenarie di San Vito e quindi l'attribuzione di un 'età certa.



Figura 25 - Formazione delle Filladi Grigie del Gennargentu.

3.2.3 **COMPLESSO INTRUSIVO TARDO-PALEOZOICO**

Nell'area di ricerca sono presenti numerosi filoni prevalentemente acidi e alcuni corpi intrusivi granitoidi non affioranti in superficie ma presumibilmente presenti in profondità legati alle fasi distensive tardo-erciniche, questi ultimi risultano di fondamentale importanza essendo uno degli elementi principali della genesi degli skarn. La caratteristica principale di questi corpi intrusivi è che tagliano tutte le strutture plicative delle metamorfite, producendo anche alcune aureole di contatto nelle rocce incassanti. Le analisi geocronologiche effettuate (Meloni et al., 2017) hanno dato un'età di 299 Ma +/- 3 Ma, quindi al limite tra il Carbonifero e il Permiano. Questa età indica anche il periodo di formazione degli skarn e delle mineralizzazioni a essi associate. I minerali costituenti principali sono quarzo, plagioclasio, feldspati, anfiboli e biotite.



Figura 26 - Filone porfirico a chimismo acido.

I filoni (**fp**) (*Figura 26*) sono costituiti principalmente da porfidi quarziferi e filoni di quarzo di genesi idrotermale. La loro giacitura è prevalentemente subverticale e tagliano le metamorfite sottostanti. Lo spessore medio è abbastanza esiguo, ma localmente supera i 10 – 20 metri, mentre la lunghezza è dell'ordine di alcune centinaia di metri, in qualche raro caso supera il chilometro. Prevalentemente sono orientati NW-SE con inclinazioni molto elevate. L'età dei filoni dovrebbe essere riferibile al magmatismo post-collisionale varisco tra il Carbonifero e il Permiano.

3.2.4 **MINERALIZZAZIONI**

Nell'area di studio sono presenti numerosi giacimenti a skarn, in particolare le mineralizzazioni principali sono a magnetite ed ematite (*Figura 28*); subordinatamente sono presenti anche pirite, calcopirite, blenda (*Figura 29*) e argento con oro in tracce. La magnetite sembra avere origini idrotermali legate alla messa in posto degli skarn: probabilmente i depositi a skarn sono legati alle intrusioni granodioritiche e filoniane tardo paleozoiche, di conseguenza la loro formazione potrebbe risalire alla fase estensionale varisca e al collasso gravitativo del sistema orogenetico stesso. Un altro aspetto è la stretta associazione degli skarn con litologie carbonatiche indipendentemente dall'età; in particolare le mineralizzazioni si sviluppano in presenza di rocce carbonatiche o ricche di calcite come le metapeliti calcaree e i calcari siluro-devonici (Formazione degli Scisti a Graptoliti) e prasiniti; subordinatamente gli skarn sono presenti anche se in maniera meno frequente, nelle formazioni trasgressive dell'ordoviciano superiore (Formazione di Orroledu). Gran parte di queste litologie hanno subito un intenso processo di metasomatismo infatti la silicizzazione è molto intensa e tende ad obliterare gran parte delle caratteristiche del protolite originario (*Figura 27*).



Figura 27 – Mineralizzazioni a magnetite e ematite.

Le mineralizzazioni sono marcate da numerosi minerali termometamorfici come granati e pirosseni che indicano temperature di formazione superiori ai 450-500°C mentre anfiboli e epidoti si formano a temperature leggermente inferiori. La presenza di vesuvianite associata ai granati indica anche essa una paragenesi tipica delle rocce metamorfiche di contatto calco-silicatiche. Il rinvenimento di epidoti cristallizzati internamente a delle fratture indica una formazione posteriore a quella dei granati e dei pirosseni; probabilmente alcuni epidoti potrebbero essersi formati in condizioni retrograde.

Il termometamorfismo a carico di litotipi di derivazione terrigena (Filladi Grigie del Gennargentu e Formazione di Orroeledu in particolare) non ha dato luogo ad importanti mineralizzazioni; probabilmente la successione non presenta quei caratteri litologici peculiari indispensabile per la formazione dei depositi a skarn come ad esempio i carbonati.



Figura 28 - Mineralizzazioni a magnetite.



Figura 29 - Mineralizzazioni a blenda.

3.2.5 DEPOSITI QUATERNARI

(a) DEPOSITI DI VERSANTE. DETRITI CON CLASTI ANGOLOSI, TALORA PARZIALMENTE CEMENTATI. OLOCENE.

Questa unità rappresenta la coltre detritica di versante comprendente depositi di varia genesi con prevalenza per quelli dovuti alla gravità ed in subordine a fenomeni di ruscellamento areale. Si tratta in ogni caso di coltri detritiche con scheletro clastico a spigoli vivi e a granulometria generalmente variabile da subcentimetrica a decimetrica associato ad una matrice, spesso prevalente, costituita da sabbie limo-argillose e/o limi e argille in varie proporzioni, distribuite in modo irregolare a ricoprire il basamento metamorfico (*Figura 30*).



Figura 30 - Depositi di versante.

(h1m) - DEPOSITI ANTROPICI. CUMULI DI MATERIALE PROVENIENTE DA ATTIVITÀ ESTRATTIVE PASSATE. OLOCENE

L'area di studio è stata interessata, nel passato anche recente, da attività estrattiva sia in condizioni di cielo aperto sia in galleria. Le attività in galleria risultano localizzate entro il complesso metamorfico appartenente all'Unità di Meana Sardo ed in particolare nelle litologie siluro-devoniche caratterizzate da mineralizzazioni a solfuri misti. L'attività mineraria ha prodotto numerosi cumuli di materiale così detto inerte prevalentemente sterile, che spesso viene a trovarsi o in condizioni di instabilità soprattutto laddove la pendenza o la presenza d'acqua favoriscono la mobilitazione dei materiali. Si segnalano pertanto le diversi accumuli di materiale sterile che mantella i versanti in prossimità delle attività minerarie; sono formanti da accumuli detritici sciolti solo parzialmente colonizzati da vegetazione che mostrano maggiore stabilità per le dimensioni degli elementi lapidei, meno favorevoli ad eventuali rimobilizzazioni (*Figura 31*).



Figura 31 - Cumuli di materiale proveniente da attività estrattive passate che ricoprono il versante.

(h1r) - DEPOSITI ANTROPICI. MATERIALE DI RIPORTO. OLOCENE.

Si tratta di depositi derivanti dall'attività antropica; sono costituiti da materiali di riporto derivante prevalentemente da aperture di strade sbancamenti e solo in parte da rocce frantumate sterili derivanti dall'apertura di trincee e gallerie.

(ba) - DEPOSITI ALLUVIONALI. OLOCENE.

Sono costituiti prevalentemente da ghiaie da grossolane a medie, ciottoli, sabbie e matrice siltoso-sabbiosa; sono concentrati prevalentemente lungo gli alvei dei torrenti.

3.2.6 TETTONICA

In base agli elementi strutturali riconosciuti ed alla loro sovrapposizione cronologica, nell'area di ricerca la tettonica varisica può essere suddivisa in due eventi principali con i seguenti caratteri strutturali:

a) un importante tettonica compressiva che si manifesta con tempi diversi all'interno delle unità tettoniche in ragione della loro profondità e vicinanza rispetto alla zona assiale della catena varisica. Questo evento porta alla formazione dei sovrascorrimenti principali tra le unità tettoniche ed è responsabile del loro impilamento tettonico; ad esso si accompagna un metamorfismo di tipo sincinemato, progrado di tipo barrowiano (Fase D1).

b) una tettonica distensiva tardorogena, correlata al collasso della catena varisica. Questo evento porta all'esumazione delle metamorfite e lo sviluppo di un magmatismo calco-alcalino prevalentemente intrusivo. Durante la risalita ed il raffreddamento delle metamorfite si realizza una deformazione che produce strutture differenti, come zone di taglio duttile, sistemi di pieghe (fase D2 & D3), faglie dirette e trascorrenti.

3.2.6.1 FASE COMPRESSIVA

Durante questa fase si ha la messa in posto delle unità tettoniche che si trovano nell'area di studio; dall'alto verso il basso sono: Unità di Meana Sardo, Unità la Barbagia. Questa fase ha prodotto all'interno delle unità tettoniche un intenso piegamento con fasce cataclasto-milonitiche (*Figura 19*) e pieghe isoclinali, non cilindriche, di dimensioni variabili e una scistosità di piano assiale S1 molto penetrativa, che rappresenta la foliazione più evidente alla scala dell'affioramento.



Figura 32 - Milonite all'interno dell'Unità tettonica di Meana Sardo.

L'Unità Tettonica della Barbagia presenta una deformazione più elevata rispetto all'Unità di Meana Sardo e spesso si riconoscono due scistosità principali anche alla scala dell'affioramento. La fase compressiva sviluppa evidenti lineazioni di estensione L1 specialmente nelle vulcaniti; produce sovrascorrimenti ai quali sono associati scaglie tettoniche e fasce cataclastico-milonitiche. La direzione di trasporto tettonico è stata dedotta da alcuni indicatori cinematici presenti lungo i sovrascorrimenti principali, dalle lineazioni di estensione e dal senso di rovesciamento delle pieghe. Tale direzione risulta orientata verso sud-ovest all'interno dell'Unità tettonica di Meana Sardo, mentre nell'Unità tettonica della Barbagia, la direzione di trasporto tettonico potrebbe essere differente alla precedente. Per ora gli elementi cinematici raccolti non sono stati sufficienti per definirla in modo chiaro comunque da una prima analisi questa potrebbe dirigersi verso nord-ovest. La deformazione è accompagnata da un metamorfismo sincinemato di basso grado dato di tipo "Zona a clorite" (Facies degli Scisti Verdi), che aumenta man mano che si procede verso le unità più profonde. Nella maggior parte dei casi a causa della completa trasposizione della S0 in S1, nell'area di ricerca, diventa abbastanza difficoltoso riconoscere le pieghe di prima fase soprattutto alla scala dell'affioramento, in quanto solo nella zona di cerniera è possibile osservare chiaramente la stratificazione.

Più facilmente è stato possibile riconoscerle a scala cartografica quando sono evidenziate dalla deformazione dei contatti tra le varie formazioni. Inoltre, l'interferenza tra le diverse fasi deformative porta una notevole complicazione nel gerarchizzare l'ordine di sovrapposizione delle strutture osservate. Le pieghe di prima fase hanno assi ripiegati dalle pieghe tardive (D1 tardiva), di conseguenza le orientazioni degli assi sono variabili, spesso inclinati e con i piani assiali immergenti. L'analisi della foliazione principale con le strutture tettoniche annesse evidenziano alcune strutture principali come l'Antiforme di Giaccuru e la Sinforme di Funtana Raminosa.

3.2.6.2 FASE DISTENSIVA

La Fase distensiva produce strutture di piegamento tardive (D2, D3) con assi orientati NW-SE, NE-SW e faglie normali. Si sviluppa durante la fase distensiva varisca e genera una riduzione dello spessore delle unità tettoniche; a questa fase è associata una foliazione secondaria riconoscibile specialmente nelle litologie meno competenti che produce strutture d'interferenza con la foliazione principale (*Figura 33*). Nell'area di ricerca sono state riconosciute numerose pieghe imputabili a questa fase; gli assi di queste pieghe sono orientati mediamente NW-SE, presentano assi immergenti (probabilmente ripiegati da pieghe D3) e piani assiali da sub-verticali a inclinati (*Figura 34*).



Figura 33 - Strutture di Interferenza con pieghe a kink tra S1 e S2.



Figura 34 - Pieghe di seconda o terza fase (D2 D3).

SEZIONE IV

PERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA AI SENSI DELL'ART. 8 COMMA 2

4 PROCEDURE PER LA PERIMETRAZIONE DELLA PERICOLOSITA' AI SENSI DELL'ART. 8

COMMA 2

4.1 METODOLOGIA

Per quanto concerne la metodologia adottata per pervenire alla perimetrazione delle aree a pericolosità da frana, è stata utilizzata la procedura definita dalle L.G. per l'adeguamento dei PUC al PPR e al PAI, in conformità a quanto stabilito dalle N.A. del PAI e nello specifico dall'art. 25 e dal comma 2 dell'art. 26 (*Tabella 2*).

Sono state individuate e definite le aree caratterizzate da una propensione al dissesto franoso, analizzando in dettaglio i reali/potenziati dissesti al fine di individuare le condizioni in cui essi si verificano allo scopo di valutare l'influenza che tali presupposti rivestono sul territorio. Le risultanze di queste osservazioni sono riportate nella "CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA" in scala 1:2.000 (*Tavola GEO-4*), 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. La carta 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 nella tabella sottostante.

Tabella 2 - Definizione dei livelli di pericolosità del territorio. (Fonte: Linee Guida del P.A.I. - Versione - Agosto 2000 e Linee Guida per l'adeguamento dei P.U.C. al P.A.I. come Deliberazione n. 3 del 18.07.2007 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino).

PERICOLOSITÀ DA FRANA (Hg)			
Classe	Intensità	Valore	Descrizione
Hg1	Moderata	0.25	I fenomeni franosi presenti o potenziali sono marginali
Hg2	Media	0.50	Zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti 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	0.75	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	1.0	Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali; zone in cui è prevista l'espansione di aree di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti

Per determinare la **CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA** è stato necessario elaborare le seguenti cartografie tematiche:

CARTA GEOLITOLOGICA (Tavola GEO-01): elaborata sulla base della Carta Geologica in scala 1:2.000 predisposta attraverso rilievi geologici di dettaglio riportando le risultanze dello specifico rilevamento geologico effettuato sul campo.

Le variazioni più significative hanno riguardato le coperture quaternarie e i limiti cartografici del basamento metamorfico. 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. Coerentemente con quanto previsto dalle L.G. e in mancanza di altre metodologie a carattere tecnico-scientifico sufficientemente testate e pertanto adottabili, ad ogni singola litologia è stato assegnato un peso con un valore che va da **1** a **9** in relazione alle caratteristiche intrinseche individuate nonché al prevedibile comportamento degli ammassi terrigeni e/o rocciosi con il variare della acclività dei pendii ([Tabella 3](#)).

Tabella 3 - Classi litologiche e relativi pesi (Fonte: Linee Guida del P.A.I.).

LITOLOGIA		
Classe	Descrizione	Peso
1	Detrito di falda, con detritici e conoidi di deiezione	1
2	Depositi lagunari, lacustri e palustri	4
3	Alluvioni ghiaiose recenti e attuali degli alvei fluviali	5
4	Alluvioni ghiaiose, antiche e terrazzate	5
5	Alluvioni prevalentemente sabbiose	6
6	Depositi alluvionali prevalentemente limoso-argillosi	5
7	Depositi argillosi	2
8	Sabbie eoliche	2
9	Sabbie, anche grossolane con livelli ghiaiosi ed intercalazioni di arenarie	3
10	Arenarie, arenarie conglomeratiche	?
11	Marne	4
12	Calcari e calcari marnosi	7
13	Dolomie, dolomie calcaree e calcari dolomitici	8
14	Calcescisti, micascisti, argilloscisti	4
15	Anfiboliti	7
16	Gneiss con elevata densità di giunti di fratturazione	5
17	Gneiss massicci e con giunti di fratturazione radi	8
18	Tufi, tufi conglomeratici	3
19	Ignimbriti	7
20	Basalti	8
21	Trachiti, fonoliti	7
22	Andesiti	5
23	Rioliti massicce	7
24	Graniti, granodioriti alterati con potenti coperture di sabbioni arcoscici	2
25	Graniti, granodioriti massicci privi di coperture di alterazione	9

CARTA DELLE PENDENZE (Tavola GEO-03): è stata ricavata a partire dal Modello Digitale del Terreno (DTM) in scala 1:10.000 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 di dimensioni 10x10 m un valore di pendenza. Le 5 classi di pendenza ottenute seguendo le indicazioni fornite dalle L.G. del PAI, sono state pesate attribuendo a ciascuna classe un valore compreso tra **-2** e **+2 (Tabella 4)**.

Tabella 4 - Valori delle classi di pendenza e relativi pesi (Fonte: Linee Guida del P.A.I.).

PENDENZA DEI VERSANTI (da Linee Guida P.A.I.)		
Classe di pendenza in %	Classe di pendenza in gradi	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

CARTA DELL'USO DEL SUOLO (Tavola GEO-04): 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*, modificata e aggiornata sulla base dell'analisi condotta sulle ortofoto disponibili nel web (fonte: Google Earth, 2013-2015) oppure nel sito della RAS sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnafotoaeree/ (periodo 1954-2010) e mediante le osservazioni puntuali di campagna ricavate nel corso dei sopralluoghi.

A ciascuna classe di uso del suolo è stato inoltre attribuito un peso in base alla loro impedenza rispetto a potenziali fenomeni di dissesto geologico-idraulico, con valori variabili da un minimo di **-2** (impedenza nulla) ad un valore massimo di **+2** (impedenza massima). L'obiettivo di questa carta è stato quello di delineare un aggiornato quadro conoscitivo delle caratteristiche vegetazionali e d'uso del suolo, utile per le procedure atte alla definizione della instabilità potenziale del territorio (**Tabella 5**).

Tabella 5 - Classi di uso del suolo (Fonte: Linee Guida del P.A.I.).

USO DEL SUOLO (Corine - Land Cover) - (da Linee Guida P.A.I.)			
Sigla	Descrizione	Impedenza	Peso
111-112	Tessuto urbano continuo e discontinuo	mediocre	0
121	Aree industriali e commerciali	mediocre	0
122	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	minima	-1
124	Aeroporti	mediocre	0
131	Aree estrattive	nulla	-2
133	Aree in costruzione	minima	-1
211	Seminativi in aree non irrigue	nulla	-2
221	Vigneti	nulla	-2
222	Frutteti	mediocre	0
231	Prati stabili	mediocre	0
242	Sistemi colturali particellari complessi	minima	-1
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie	nulla	-2
311	Boschi di latifoglie	massima	+2
312	Boschi di conifere	massima	+2
313	Boschi misti	massima	+2
321	Aree a pascolo naturale e prateria di alta quota	mediocre	0
322	Brughiere e cespuglieti	buona	+1
324	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	buona	+1
331	Spiagge, dune, sabbie	nulla	-2
332	Rocce nude, falesie, rupi e affioramenti rocciosi	nulla	-2
333	Aree con vegetazione rada	minima	-1
411	Paludi	nulla	-2
511	Corsi d'acqua, canali	nulla	-2
512	Bacini d'acqua	nulla	-2

CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE (Tavola GEO-04): è una carta derivata dalla sommatoria dei pesi attribuiti ai diversi tematismi individuati nelle carte geotematiche sinora descritte (**CARTA GEOLITologica, CARTA DELL'USO DEL SUOLO, CARTA DELLE PENDENZE**) sulla base di una ragionata analisi, ottenuta attraverso una procedura informatica di sovrapposizione (*overlay mapping*) in ambiente GIS (*Geographic Information Systems*). Tale carta, e la relativa scala di valori predefinita dalle L.G. del PAI (5 classi di instabilità con valori crescenti di gravità), rappresenta la potenziale tendenza dei versanti a favorire l'insacco 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 una 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. In tal senso la metodologia più adeguata a correggere gli inevitabili errori derivanti dalla mera sovrapposizione algebrica dei tematismi pesati risulta quella che mette a confronto le aree di differente instabilità potenziale con la **CARTA MORFOLOGICA E DELLA FRANOSITÀ (Tavola GEO-05)** ottenuta attraverso sopralluoghi diretti, analisi aerofotogrammetrica con immagini sia attuali sia storiche e attingendo dal repertorio dei dissesti per frana codificato (IFFI, AVI, PAI) oppure da documentazione storica o da altra fonte attendibile (*Tabella 6*).

Tabella 6 - Classi di instabilità potenziale e range numerici di attribuzione (da Linee Guida del P.A.I.).

INSTABILITA' POTENZIALE			
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

CARTA MORFOLOGICA E DELLA FRANOSITÀ (Tavola GEO-05): questa carta è stata sviluppata sulla base delle risultanze di un rilevamento delle forme e dei relativi depositi nonché dello stato di attività dei fenomeni franosi effettuato attraverso sopralluoghi nel territorio di studio supportati da una preventiva attività di foto-interpretazione delle immagini satellitari relative alla primavera del 2013 e del luglio 2015 (fonte Google Earth) e dalla visione delle foto rilevate col drone. Le informazioni scaturite dal rilevamento delle forme distinte in funzione dei processi morfogenetici e la mappatura dei relativi depositi presenti nell'intero dell'area di studio sono state riportate in scala 1:2.000.

La verifica dell'assetto morfologico e morfodinamico territoriale è stata finalizzata ad integrare e rielaborare l'informazione ottenuta con la CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE per la definizione delle perimetrazioni della pericolosità reale attraverso l'individuazione di tutte le forme e processi capaci di innescare fenomeni franosi, con particolare riferimento alla dinamica ed evoluzione dei versanti. Il riferimento per la redazione della carta è stata la "**Guida al rilevamento della Carta**

Geomorfologica d'Italia -1:50.000", a cura del *Servizio Geologico Nazionale*, Quaderni serie III, Volume 4.

LA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA (Tavola GEO-06): questa carta potrà far emergere le proposte scaturite dalle nuove analisi e considerazioni in quanto non esiste una vecchia perimetrazione del livello di pericolosità vigente. Poiché i nuovi perimetri e i nuovi livelli di pericolosità da frana determineranno anche delle variazioni nei livelli di rischio, al fine di rendere cogente la nuova cartografia è necessario attivare la procedura di variante al PAI ai sensi dell'art. 37 delle N.A. non richiesta in questo studio.

4.2 PROCEDURA DI VARIANTE AL PAI AI SENSI DELL'ART. 37

Una volta definita sia a scala territoriale (scala 1:2000) la pericolosità da frana ai sensi dell'Art. 8 comma 2, il passo successivo riguarda l'individuazione di tutti gli elementi a rischio ai sensi del DPCM 29.09.1998 presenti nel territorio comunale e che possono subire danno nel caso di un evento franoso o idraulico, esplicitati nella **CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO (Tavola GEO-07)**. Per quanto concernente i suddetti elementi a rischio (indicati con il simbolo E), nella Tabella 7 si riporta la classificazione presente nella Relazione Generale del P.A.I. relativa alla "Attività di Individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia" - Bacino Unico Regionale, che offre la possibilità di dettagliare nel modo più opportuno in funzione delle specifiche caratteristiche del territorio studiato (con particolare riferimento agli elementi antropici connessi con l'urbanizzazione e di uso del suolo dei luoghi interessati dall'analisi) la **CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO**. Nello specifico, per la costruzione della **CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO** si è fatto riferimento a quanto già predisposto dalla RAS e disponibile nel web, aggiornando l'elenco sulla base delle risultanze dello studio effettuato ed esplicitato nella **CARTA DELL'USO DEL SUOLO (Tavole GEO-02)**. La tabella seguente permette quindi di rapportare il peso numerico attribuito e il relativo l'elemento a rischio secondo le indicazioni contenute nelle L.G. del PAI (*Tabella 7*). Nella Tabella 8 vengono riportati i livelli di vulnerabilità relativi agli elementi a rischio.

Tabella 7 – Classificazione degli elementi a rischio e attribuzione del relativo peso (FONTE: L.G. PAI).

CLASSE	ELEMENTI A RISCHIO	PESO
E1	Aree escluse dalle definizioni E2, E3 e E4. Aree libere da insediamenti e aree improduttive; zone boschive; zona agricola non edificabile; demanio pubblico non edificato e/o edificabile	0.25
E2	Aree con limitata presenza di persone; aree extra urbane poco abitate; edifici sparsi. Zone agricole generiche (con possibilità di edificazione); zona di protezione ambientale, rispetto, verde privato; parchi, verde pubblico non edificato; infrastrutture secondarie.	0.50
E3	Nuclei urbani non densamente popolati. Infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche, ferrovie, lifelines, oleodotti, elettrodotti, acquedotti); aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); zone per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti, zone di cava.	0.75
E4	Centri urbani e aree urbanizzate con continuità (densità abitativa superiore al 20% della superficie fondiaria); nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche); zone di discarica per rifiuti speciali o tossico-nocivi; zone alberghiere; campeggi e villaggi turistici; beni architettonici storici e artistici.	1.00

Tabella 8 - Determinazione dei livelli di vulnerabilità relativi agli elementi a rischio (FONTE: L.G. PAI).

CLASSE	LIVELLI	ELEMENTI	PESO
V1	Basso	Aree escluse dalle definizioni E2, E3 e E4. Aree libere da insediamenti e aree improduttive; zone boschive; zona agricola non edificabile; demanio pubblico non edificato e/o edificabile.	0.25
V2	Medio	Aree con limitata presenza di persone; aree extra urbane poco abitate; edifici sparsi. Zone agricole generiche (con possibilità di edificazione); zona di protezione ambientale, rispetto, verde privato; parchi, verde pubblico non edificato; infrastrutture secondarie.	0.50
V3	Elevato	Nuclei urbani non densamente popolati. Infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche, ferrovie, lifelines, oleodotti, elettrodotti, acquedotti); aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); zone per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti, zone di cava.	0.75
V4	Molto Elevato	Centri urbani e aree urbanizzate con continuità (densità abitativa superiore al 20% della superficie fondiaria); nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche); zone di discarica per rifiuti speciali o tossico-nocivi; zone alberghiere; campeggi e villaggi turistici; beni architettonici storici e artistici.	1.00

La **CARTA DEL RISCHIO DA FRANA (Tavola GEO-06)**, ultimo elemento cartografico scaturente dallo studio dell'assetto geologico-idraulico dell'area che definisce il **rischio geologico** come il prodotto fra la pericolosità **Hg**, gli elementi a rischio **E** e la loro vulnerabilità **V**, è stata costruita sulla base di una procedura di *overlay mapping* analoga a quella utilizzata per la definizione della **CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE (Tavola GEO-04)** che in questo caso interessa i tematismi riportati nella **CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA (Tavola GEO-06)**, e nella **CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO (Tavola GEO-07)**.

$$Rg = Hg \times E \times V$$

dove:

Rg = rischio totale, ovvero il valore atteso delle perdite (vite umane, feriti, danni alle proprietà e alle attività economiche) dovute ad un particolare fenomeno naturale di frana potenzialmente distruttivo.

Hg = pericolosità di un evento naturale (*natural hazard*), ossia la probabilità che un fenomeno di frana potenzialmente distruttivo di una certa intensità si verifichi in un certo periodo e in una certa area.

E = Elementi a rischio; insieme di cose e di persone suscettibili ad essere colpiti da un evento calamitoso (es: le persone, le proprietà, i servizi pubblici, le attività economiche, i servizi pubblici presenti in una certa area).

V = Vulnerabilità; si intende la capacità di resistere alle sollecitazioni indotte dall'evento e quindi dal grado di perdita degli elementi a rischio **E** in caso del manifestarsi del fenomeno. La vulnerabilità può essere espressa anche come probabilità che l'elemento a rischio subisca un certo danno a causa di un fenomeno franoso di una data intensità.

In particolare il valore della vulnerabilità **V** è ottenuto mediante il prodotto della:

- a) Probabilità d'impatto spaziale \equiv probabilità che l'elemento sia interessato dalla frana
- b) Probabilità di impatto temporale \equiv variabilità delle condizioni dell'elemento nel tempo
- c) Probabilità di perdita di vita o di ferimento o di perdita dell'abitazione dell'elemento (nel caso che si tratti di persone) o della percentuale di valore economico persa dall'elemento (nel caso si tratti di attività economiche o di un bene immobile). Ogni qualvolta si ritenga a rischio la vita umana, il valore di vulnerabilità viene assunto con il valore massimo (es. unità rispetto a frazioni di essa).

Il rapporto tra gli effetti provocati da un evento calamitoso e il rischio totale da evento franoso è quantificabile, sempre in termini generali, secondo la seguente, così come riportato nella Relazione Generale relativa alla "Attività di Individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia" - Bacino Unico Regionale (*Tabella 9*):

Tabella 9 - Definizioni dei vari livelli di rischio da Frana.

CLASSE	INTENSITÀ	VALORE	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI
RG1	Moderata	0.25	Danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali.
RG2	Media	0.50	Sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
RG3	Elevata	0.75	Sono possibili problemi per la 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 Elevata	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 socio economiche.

4.3 ANALISI STORICA DEI DISSESTI

L'analisi storica dei dissesti rappresenta una delle fasi d'analisi fondamentale verso la comprensione delle dinamiche edell'evoluzione dei fenomeni franosi che hanno interessato l'area di studio.

4.3.1 IFFI (INVENTARIO FENOMENI FRANOSI IN ITALIA)

Nell'area di studio non sono stati censiti fenomeni franosi dall'IFFI.

4.3.2 FRANE CENSITE DAL PAI (PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO)

Come discusso in precedenza nell'area di studio non sono stati effettuati studi del PAI di conseguenza non sono stati censiti nemmeno eventi franosi.

4.4 ELABORAZIONE DELLA CARTA GEOLITOLOGICA (GEO-01)

Per la caratterizzazione geologica del territorio dell'area di studio si è fatto riferimento ai rilevamenti di dettaglio effettuati sul campo e alla "CARTA GEOLOGICA DI BASE DELLA SARDEGNA" in scala 1:25.000 predisposta dalla RAS. Ai fini pratici del presente studio è stato ritenuto opportuno adeguare alla scala 1:2.000 la suddetta cartografia geologica di base, riportando le aree di affioramento delle diverse unità litostratigrafiche sulla Cartografia Tecnica Regionale (CTR) (*Figura 35 e Figura 36*). Sulla base delle osservazioni effettuate in fase di rilevamento geologico e geomorfologico diretto e grazie al supporto di una meticolosa attività di foto interpretazione su foto rilevate con drone, i contatti di alcune unità litologiche riportate nella cartografia di base sono stati modificati ed integrati. Questo approccio ha consentito in alcuni casi di ridefinire i limiti tra unità e formazioni litologiche, ma soprattutto di arricchire la cartografia con l'inserimento delle coperture di età quaternaria facendo riferimento in particolare ai depositi antropici derivanti dall'attività mineraria passata, che vengono generalmente trascurate nelle cartografie a piccola scala ma che risultano di fondamentale importanza nella definizione del modello geologico finalizzato alla determinazione delle aree a pericolosità da frana ai fini di questo studio. L'aggiornamento del dato geolitologico è risultato alquanto complesso, soprattutto nella definizione delle varie tipologie di coltre detritica quaternaria a causa del loro limitato spessore e della distribuzione disomogenea. Per la predisposizione della legenda si è seguito il criterio adottato dalla RAS in accordo con le indicazioni del Servizio Geologico d'Italia e del Progetto CARG.



Figura 36 - Legenda CARTA GEOLITOLOGICA GEO-01.

4.4.1 PRINCIPALI CARATTERI DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE CARTOGRAFATE

Sulla base di quanto riportato nella **CARTA GEOLITOLOGICA (Tavola GEO-01)**, si descrivono, di seguito, le caratteristiche macroscopiche delle principali Unità Litostratigrafiche rilevate e cartografate l'area di studio distinguendole in funzione della suddivisione ufficiale riportata nella

cartografia geologica in scala 1:50.000 dell'ISPRA. Le principali unità sono state analizzate, sommariamente, anche dal punto di vista litotecnico ai fini della valutazione della loro predisposizione alla franosità, sulla base di quanto ricavabile da letteratura e dalle osservazioni di campagna. Tali caratteri hanno orientato in modo talora sensibile la scelta dei pesi da adottare per ciascuna di esse ai fini della costruzione della **CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA (GEO-06)**.

4.4.1.1 **UNITÀ TETTONICA DI MEANA SARDO**

4.4.1.1.1 **ORR - FORMAZIONE DI ORROELEDU – ORDOVICIANO SUPERIORE**

Questa formazione costituisce un insieme litostratigrafico da mettere in relazione con l'ingressione marina del Caradociano (Ordoviciano superiore), con facies prevalentemente silicoclastiche a granulometria decrescente verso l'alto stratigrafico derivanti principalmente dall'erosione del complesso vulcanico dell'Ordoviciano medio e dalle litologie Cambro-Ordoviciano inferiore. Alla base sono infatti presenti sedimenti arenacei e conglomeratici ricchi in litici (afferenti alla litofacies ORRa), passanti poi a metarenarie e metapeliti quarzose con talora intercalazioni carbonatiche nella parte più recente della formazione. In particolare, le metapeliti possono contenere una più o meno ricca fauna fossile di ambiente litorale e di piattaforma, tipica dell'Ordoviciano superiore.

4.4.1.1.1.1 **Caratteristiche litotecniche**

Litotipo: Originaria roccia sedimentaria prevalentemente silicoclastica, costituita da mataquarzoareniti, metasiltiti e metargilliti, polideformata e fratturata. Basso grado metamorfico.

Spessore: da metrico a pluridecametrico

Struttura: scistosa con laminazioni e altre strutture di layering tettonico e polideformata con sviluppo di pieghe isoclinali di varia dimensione (da centimetriche a pluridecametriche sino a ettometriche).

Porosità: per fratturazione.

Permeabilità secondaria (per fratturazione): da molto scarsa a nulla ad eccezione delle fasce di fratturazione concentrata.

Compressibilità: praticamente incompressibile sino al raggiungimento delle condizioni a rottura

Alterazione: in genere assente. Può essere talora molto forte laddove la roccia è interessata da facies cataclastico-milonitiche o nell'interfaccia con sovrastante coltre detritica.

Predisposizione all'erosione: da scarsa a moderata in funzione del grado di fratturazione e delle caratteristiche morfologiche del versante.

Famiglie di discontinuità: > di 4, compresa la scistosità principale.

Indice R.M.R.: classe di qualità dell'ammasso roccioso variabile tra III e V in funzione dell'orientamento dei giunti e della strutturazione tettonica.

Predisposizione alla franosità: da media a elevata per fenomeni franosi per crollo, ribaltamento e scivolamento su pareti rocciose (naturali e/o artificiali) di altezza da plurimetrica a decametrica o su versanti con pendenze maggiori del 70% (35°). Sono possibili fenomeni di franosità diffusa in presenza di pendii irregolari e con diffusi affioramenti caratterizzati da scarpate di altezza plurimetrica e subverticali molto fratturate e con giaciture della scistosità sia a franapoggio sia a reggipoggio. Le rocce appartenenti a questa unità rappresentano una importante fonte di alimentazione del detrito di versante e dei coni detritici.

Parametri geotecnici di massima dell'ammasso roccioso:

Coesione: 0.2÷3.0 Kg/cm²;

Angolo d'attrito: 15°÷35°;

Peso di volume naturale: 2.0÷2.4 g/cm³.

4.4.1.2 **SGA - Scisti a graptoliti Auct. - Siluriano - Devoniano medio**

È formata da prevalenti metapeliti carboniose e metasiltiti con intercalazioni di diaspri neri (liditi) in straterelli di spessore centimetrico e da metacalcari scuri e metacalcari nodulari, molto silicizzati e cornubianitici di spessore metrico e plurimetrico che, in virtù della conformazione in bancate dall'aspetto più massivo immergenti a reggipoggio, favoriscono la genesi di morfologie lineari nei versanti acclivi, spesso con forme aggettanti.

4.4.1.2.1.1 **Caratteristiche litotecniche**

Litotipo: Originaria roccia sedimentaria costituita da metapeliti carboniose con livelli di lidite associate a bancate di metacalcari silicizzati, polideformata e fratturata, con estese fasce cataclastico-milonitiche subparallele alla superficie di accavallamento principale e numerose zone di locale tettonizzazione.

Spessore: da metrico pluridecametrico, dovuto a raddoppi tettonici.

Struttura: scistosa con laminazioni e altre strutture di layering tettonico e polideformata con sviluppo di pieghe isoclinali di varia dimensione (da centimetriche a pluridecametriche sino a ettometriche).

Porosità: per fratturazione.

Permeabilità secondaria (per fratturazione): da molto scarsa a nulla ad eccezione delle fasce di fratturazione concentrata.

Compressibilità: praticamente incompressibile sino al raggiungimento delle condizioni a rottura.

Alterazione: in genere assente. Può essere talora molto forte laddove la roccia è interessata da facies cataclastico-milonitiche o nell'interfaccia con sovrastante coltre detritica, quando presente.

Predisposizione all'erosione: da scarsa a moderata in funzione del grado di fratturazione e delle caratteristiche morfologiche del versante.

Famiglie di discontinuità: > di 4, compresa la scistosità principale

Indice R.M.R.: classe di qualità dell'ammasso roccioso variabile tra III e V in funzione dell'orientamento dei giunti e della strutturazione tettonica.

Predisposizione alla franosità: da media a elevata per fenomeni franosi per crollo, ribaltamento e scivolamento su pareti rocciose (naturali e/o artificiali) di altezza da plurimetrica a decametrica o su versanti con pendenze maggiori del 70% (35°). Sono possibili fenomeni di franosità diffusa in presenza di pendii irregolari e con diffusi affioramenti caratterizzati da scarpate di altezza plurimetrica e subverticali in rocce molto fratturate e con giaciture della scistosità sia a franapoggio sia a reggipoggio. Le rocce appartenenti a questa unità rappresentano una importante fonte di alimentazione del detrito di versante e dei coni detritici.

Parametri geotecnici di massima dell'ammasso roccioso:

Coesione: 0.2÷3.0 Kg/cm²;

Angolo d'attrito: 15°÷35°;

Peso di volume naturale: 2.0÷2.4 g/cm³.

4.4.1.3 UNITÀ TETTONICA DELLA BARBAGIA

4.4.1.3.1 GEN - FORMAZIONE DELLE FILLADI GRIGIE DEL GENNARGENTU - ?CAMBRIANO MEDIO - ?ORDOVICIANO INFERIORE

È costituita da un'irregolare alternanza di livelli da decimetrici a metrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi quarzose, filladi e metasiltiti che mostrano una discreta somiglianza con la successione cambro-ordoviciana dell'Unità di Meana Sardo. La notevole deformazione plicativa polifasica di questa unità, che ha quasi completamente trasposto l'originaria stratificazione, è accompagnata da una evidente foliazione principale derivante da discontinuo clivaggio di crenulazione con giacitura media di immersione prevalentemente a SW e NE di inclinazione variabile, e da intensa fratturazione: laddove la morfologia dei luoghi è irregolare e grazie a fenomeni di detensionamento corticale, vengono in tal modo favorite condizioni di instabilità degli ammassi rocciosi affioranti caratterizzati da fronti ad assetto da molto inclinato a verticale, con elevata frequenza di distacchi per scivolamento e/o ribaltamento capaci di coinvolgere anche volumi importanti.

4.4.1.3.1.1 **Caratteristiche litotecniche**

Litotipo: Originaria roccia sedimentaria silicoclastica, costituita da metaquarzoareniti, metasiltiti e metargilliti, polideformata e fratturata. Basso grado metamorfico.

Spessore: da pluri decametrico a pluri ettometrico.

Struttura: scistosa con laminazioni e altre strutture di layering tettonico, polideformata con sviluppo di pieghe prevalentemente isoclinali di varia dimensione (da centimetriche a pluridecametriche sino a ettometriche).

Porosità: per fratturazione.

Permeabilità secondaria (per fratturazione): da molto scarsa a nulla ad eccezione delle fasce di fratturazione concentrata.

Compressibilità: praticamente incompressibile sino al raggiungimento delle condizioni a rottura

Alterazione: in genere assente. Può essere talora molto forte laddove la roccia è interessata da facies cataclastico-milonitiche o nell'interfaccia con sovrastante coltre detritica.

Predisposizione all'erosione: da scarsa a moderata in funzione del grado di fratturazione e delle caratteristiche morfologiche del versante.

Famiglie di discontinuità: > di 4, compresa la scistosità principale

Indice R.M.R.: classe di qualità dell'ammasso roccioso variabile tra III e V in funzione dell'orientamento dei giunti e della strutturazione tettonica.

Predisposizione alla franosità: elevata per fenomeni franosi da crollo, ribaltamento e scivolamento su pareti rocciose di altezza da plurimetrica a decametrica o su versanti con pendenze maggiori del 70% (35°). Sono possibili fenomeni di franosità diffusa in presenza di scarpate di altezza plurimetrica e subverticali molto fratturate e con giaciture della scistosità sia a franapoggio sia a reggipoggio. Le rocce appartenenti a questa unità rappresentano una importante fonte di alimentazione del detrito di versante e dei coni detritici.

Parametri geotecnici di massima dell'ammasso roccioso:

Coesione: 0.2÷3.0 Kg/cm²;

Angolo d'attrito: 15°÷35°;

Peso di volume naturale: 2.0÷2.4 g/cm³;

4.4.1.4 **COMPLESSO INTRUSIVO TARDO-PALEOZOICO**

4.4.1.4.1 **FP - CORTEO FILONIANO - CARBONIFERO SUP. - PERMIANO**

Si tratta di rocce molto compatte e tenaci di colore giallo-arancio chiaro, di aspetto micro granulare a struttura porfirica isotropa dovuta alla presenza di fenocristalli di K-feldspato, quarzo, in minor misura biotite e rara muscovite, immersi in una pasta di fondo granofirica, costituite da porfidi granitici. Queste litologie sono molto vistose per gli effetti cromatici e morfologici che producono del paesaggio che consentono una loro netta individuazione rispetto alla roccia incassante costituita essenzialmente dalle metamorfite paleozoiche. La loro giacitura è prevalentemente filoniana, talvolta in ammassi; la loro lunghezza varia da decametrica a ettometrica, mentre la larghezza varia tra qualche metro e diverse decine di metri. La direzione del sistema filoniano è per lo più NNW-SSE con subordinate direzioni NE-SW e NS. Le caratteristiche litotecniche molto migliori rispetto alla roccia incassante, nonostante la fessurazione indotta dal raffreddamento e dai contraccolpi delle deformazioni a carattere prevalentemente fragile successive alla loro messa in posto, determinano una discreta stabilità nei confronti dell'erosione con limitata predisposizione alla franosità. Si propone pertanto la seguente caratterizzazione litotecnica.

4.4.1.4.1.1 **Caratteristiche litotecniche**

Litotipo: roccia magmatica intrusiva a giacitura filoniana, interessata da fratturazione più o meno spaziata.

Spessore: da metrico a decametrico.

Struttura: a struttura porfirica massiva con fenocristalli di quarzo e K-feldspato

Porosità: per fratturazione

Permeabilità secondaria (per fratturazione): da scarsa a elevata in funzione della fratturazione

Compressibilità: praticamente incompressibile sino al raggiungimento delle condizioni a rottura

Alterazione: generalmente assente o modesta

Predisposizione all'erosione: modesta

Famiglie di discontinuità: generalmente non superiori a tre

Indice R.M.R.: classe di qualità dell'ammasso roccioso variabile tra I e II in funzione dell'orientamento dei giunti.

Predisposizione alla franosità: generalmente moderata per fenomeni franosi da crollo e ribaltamento su pareti rocciose (naturali e/o artificiali) di altezza da plurimetrica a decametrica

Parametri geotecnici di massima dell'ammasso roccioso:

Coesione: 3.0÷5.0 Kg/cm²;

Angolo d'attrito: 35°÷45°;

Peso di volume naturale: 2.2÷2.6 g/cm³.

4.4.1.5 **SUCCESSIONE SEDIMENTARIA QUATERNARIA - DEPOSITI QUATERNARI DELL'AREA CONTINENTALE**

4.4.1.5.1 **BA - DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI - OLOCENE**

Si tratta di depositi alluvionali eterometrici e poligenici del tutto simili ai depositi alluvionali terrazzati bn, costituenti il carico di fondo in continua evoluzione trasportato verso le pianure alluvionali dagli attuali corsi d'acqua. La loro predisposizione alla franosità risulta pertanto direttamente legata con l'attività morfodinamica degli attuali corsi d'acqua e strettamente localizzata all'interno dei loro alvei.

Parametri geotecnici di massima:

Coesione: 0.0 Kg/cm²;

Angolo d'attrito: 28°÷34°;

Peso di volume naturale: 1.7÷1.9 g/cm³.

4.4.1.5.2 A - DEPOSITI DI VERSANTE - OLOCENE

Questa unità rappresenta la coltre detritica di versante comprendente depositi di varia genesi con prevalenza per quelli dovuti alla gravità ed in subordine a fenomeni di ruscellamento areale. Si tratta in ogni caso di coltri detritiche con scheletro clastico a spigoli vivi e a granulometria generalmente variabile da subcentimetrica a decimetrica associato ad una matrice, spesso prevalente, costituita da sabbie limo-argillose e/o limi e argille in varie proporzioni, a ricoprire il basamento metamorfico. Nella realtà tale coltre è ben più diffusa rispetto a quanto riportato nella cartografia geologica (GEO-01) 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. Sono caratterizzati da alternanze di strati di varia coerenza e di spessore variabile capaci di offrire una resistenza all'erosione variabile. Laddove il degrado della vegetazione è marcato e le pendenze favorevoli, questi detriti risultano particolarmente sensibili a fenomeni di erosione areale o lineare da parte delle acque superficiali con conseguente elevata predisposizione al dissesto con formazione di solchi e/o di fenomenologie legate a movimenti corticali (creep).

Parametri geotecnici di massima:

Coesione: 0.1÷0.5 Kg/cm²;

Angolo d'attrito: 28°÷33°;

Peso di volume naturale: 1.6÷1.9 g/cm³.

4.4.1.5.3 H1M - DEPOSITI ANTROPICI. CUMULI DI MATERIALE PROVENIENTE DA ATTIVITÀ ESTRATTIVE PASSATE. OLOCENE

L'area di studio è stata interessata nel passato anche recente, da attività estrattiva sia in condizioni di cielo aperto sia in galleria. Mentre le attività a cielo aperto e quelle in miniera risultano localizzate entro il complesso metamorfico appartenente all'Unità di Meana Sardo ed in particolare nelle litologie siluro-devoniche caratterizzate da mineralizzazioni a solfuri misti. Queste attività hanno generato nel corso del tempo accumuli di materiale cosiddetto inerte o sterile, che può trovarsi in condizioni di instabilità soprattutto laddove la pendenza o la presenza d'acqua favoriscono la mobilitazione dei materiali. Altri depositi antropici derivanti da attività estrattiva di pietrame sulle rocce siluro-devoniche mostrano invece maggiore stabilità sia per la loro elevata permeabilità che per la loro posizione su superfici generalmente meno inclinate che per le dimensioni maggiori degli elementi lapidei, meno favorevoli ad un eventuale rimobilizzazione.

Parametri geotecnici di massima:

Coesione: 0.1÷0.5 Kg/cm²;

Angolo d'attrito: 27°÷35°;

Peso di volume naturale: 1.6÷2.2 g/cm³.

4.4.1.5.1 H1R - DEPOSITI ANTROPICI. MATERIALE DI RIPORTO. OLOCENE

Si tratta di depositi antropici derivanti costituiti da materiale di riporto derivato da movimenti terra, aperture di strade e abbancamento di materiale esistente.

Parametri geotecnici di massima:

Coesione: 0.1÷0.2 Kg/cm²;

Angolo d'attrito: 25°÷33°;

Peso di volume naturale: 1.6÷1.8 g/cm³.

4.4.2 ATTRIBUZIONE DEI PESI ALLE CLASSI LITOLOGICHE

Secondo le L.G. del 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 partendo dalla tabella indicativa riportata nelle L.G., che riporta i pesi attribuiti in modo generico a 25 classi litologiche presenti nel territorio sardo, sulla base dell'esperienza e soprattutto sulle informazioni a carattere litotecnico raccolte per ogni singola unità litostratigrafica presente nel territorio di Sadali, si riportano di seguito i pesi assegnati a ciascuna di esse al fine della procedura di costruzione della CARTA DELLA INSTABILITÀ POTENZIALE (GEO-04).

Per consentire valutazioni efficaci ed evitare, contestualmente, una inutile microzonizzazione cartografica, si è ritenuto opportuno adottare un criterio che tenesse in giusto conto, oltre alle caratteristiche ± predisponenti alla franosità, anche la distribuzione delle differenti unità nel territorio e la loro incidenza areale in affioramento (*Tabella 10*).

Tabella 10 - Attribuzione dei pesi alle classi litologiche.

LITOLOGIA		
Classe	Descrizione	Peso
a	Depositi di versante	1
ba	Alluvioni ghiaiose recenti e attuali degli alvei fluviali	1
h1m	Depositi antropici. Cumuli di materiale proveniente da attività estrattive passate	1
h1r	Depositi antropici. Materiali di riporto	1
fp	Porfidi granitici	7
GEN	Formazione delle Filladi Grigie del Gennargentu	5
SGAa	Litofacies nella Formazione degli Scisti a Graptoliti Auct (Calcari silicizzati).	6
SGA	Formazione degli Scisti a Graptoliti Auct.	4
ORR	Formazione di Orroeledu	6

- Il valore = 1 è stato attribuito a tutte le facies a comportamento prevalentemente incoerente di genesi naturale (ba, a) che costituiscono la copertura detritica dei versanti messi in posto per fenomeni prevalentemente gravitativi: ad esse sono state associate anche le terre di genesi antropica eterogenee (h1r e h1m) in quanto sciolte e a prevalente granulometria fine e potenzialmente più predisposte all'erosione.

Le rocce del basamento metamorfico sono state valutate in modo unitario facendo prevalere, per cautela, l'importanza della interferenza tra scistosità e fratturazione, elemento che accompagna in modo omogeneo tutta la compagine rocciosa, indipendentemente dall'unità tettonica considerata, della posizione stratigrafica e della genesi delle varie litologie. Una volta accertato che, in presenza di scarpate naturali o artificiali l'interferenza tra scistosità e fratturazione da luogo comunque a condizioni predisponenti alla franosità a prescindere dal rapporto geometrico tra giacitura e le svariate famiglie di discontinuità rispetto al versante, si è ritenuto opportuno utilizzare un peso di:

- SGA - Valore = 4 è stato attribuito alla Formazione degli Scisti a Graptoliti Auct;
- GEN - Valore = 5 è stato attribuito alla Formazione delle Filladi Grigie del Gennargentu;
- SGAa - Valore = 6 è stato attribuito Litofacies dei metacalcari silicizzati nella Formazione degli Scisti a Graptoliti (non presente come attribuzione dei pesi alle classi litologiche dalle L.G. per l'adeguamento dei PUC al PPR e al PAI, in conformità a quanto stabilito dalle N.A. del PAI e nello specifico dall'art. 25 e dal comma 2);
- ORR - Valore = 5 è stato attribuito alla Formazione di Orroeledu;
- fp - Valore = 7 è stato attribuito ai filoni di Porfidi granitici.

4.5 ELABORAZIONE DELLA CARTA DELL'USO DEL SUOLO (GEO-02)

Per la determinazione delle caratteristiche relative all'uso del suolo nell'area di studio 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 e aggiornata nel 2008. Tale cartografia, costruita sulla base delle indicazioni del progetto Corine Land Cover, 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 4, in funzione della scala di rappresentazione. Un'analisi preliminare dei dati base ha evidenziato come per alcuni areali le classi d'uso del suolo riportate nella cartografia della RAS siano variate nel corso degli anni, con potenziali effetti stabilizzanti e/o destabilizzanti per ciò che concerne le aree in grado di dar luogo a fenomeni franosi. Pertanto ai fini del presente studio si è ritenuto opportuno apportare alcune modifiche e aggiornare la cartografia di base in funzione delle informazioni fornite rilievi sul campo e da rilievi col drone che hanno consentito di migliorare in modo sensibile l'informazione territoriale.

Le caratteristiche relative all'uso del suolo nell'area di studio hanno permesso di elaborare la "CARTA DELL'USO DEL SUOLO (Tavola GEO-02) (Figura 37).

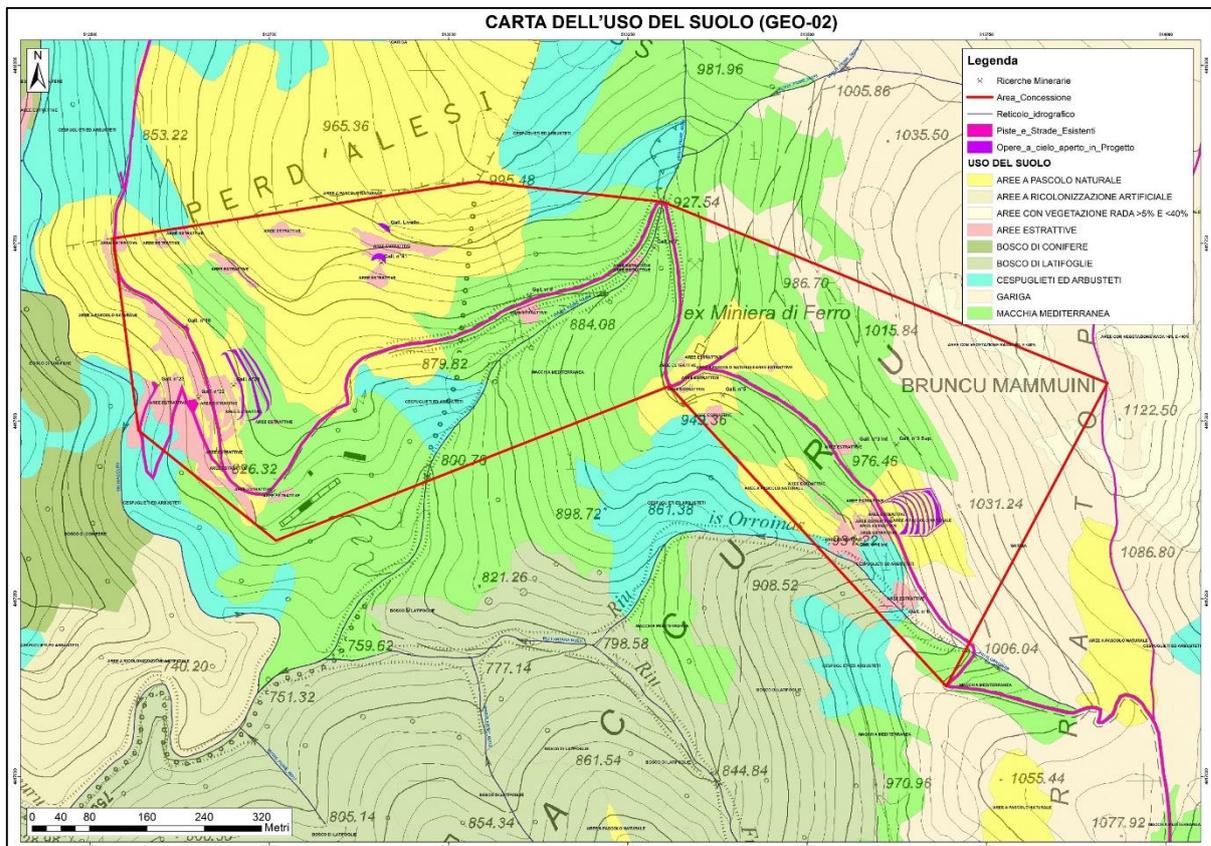


Figura 37 - CARTA DELL'USO DEL SUOLO (GEO-02).

4.5.1 ATTRIBUZIONE DEI PESI ALLE CLASSI DI USO DEL SUOLO

La presenza di aree vegetate rispetto a zone di denudamento o di esposizione diretta dei suoli agli agenti meteorici, costituisce un elemento capace di mitigare sufficientemente le potenziali criticità geostatiche insite nella specifica morfologia dell'area di studio, attenuando, spesso, le predisposizioni al dissesto per frana indotte da alcuni substrati e dalle elevate pendenze. La copertura vegetale costituisce infatti un importante fattore di protezione del terreno dall'azione erosiva esercitata dagli agenti esogeni ed una efficace azione di consolidamento del terreno esercitata attraverso l'azione biomeccanica degli apparati radicali. Coerentemente a quanto previsto dalle L.G. del PAI 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 stesse L.G. (Tabella 13 pag 26), che riporta i pesi relativi a 25 classi d'uso del suolo presenti nel territorio sardo.

L'attività di campagna e l'analisi aerofotogrammetrica hanno consentito di valutare criticamente i pesi proposti dal P.A.I. ritenendoli accettabili per la stragrande maggioranza dei casi (*Tabella 11*).

Tabella 11 - Classi di uso del suolo (Fonte: Linee Guida del P.A.I.).

USO DEL SUOLO (Corine - Land Cover) - (da Linee Guida P.A.I.)			
Sigla	Descrizione	Impedenza	Peso
3242	Aree a ricolonizzazione artificiale	minima	+1
131	Aree estrattive	nulla	-2
3111	Boschi di latifoglie	massima	+2
312	Boschi di conifere	massima	+2
3231	Macchia Mediterranea	massima	+2
321	Aree a pascolo naturale e prateria di alta quota	mediocre	0
3232	Gariga	buona	+1
3221	Cespuglietti ed arbusteti	buona	+1
333	Aree con vegetazione rada	minima	-1

4.6 **ELABORAZIONE DELLA CARTA DELLA PENDENZA DEI VERSANTI (GEO-03)**

LA CARTA DELLE PENDENZE (TAVOLA GEO-03), riesce a mettere bene in evidenza le particolarità morfologiche fondamentali dell'area di studio evidenziando i versanti e caratterizzandoli da valori di acclività che in prevalenza, risultano compresi tra 11° e 26° circa. Si tratta perciò di un settore che dal punto di vista planoaltimetrico può essere definito con un'acclività moderata, con locali variazioni morfologiche con acclività elevata, influenzata dalle condizioni geologiche e geomorfologiche.

Le pendenze variano in modo piuttosto articolato in funzione degli effetti prodotti dall'erosione regressiva lungo la rete di piccoli impluvi che scaricano le proprie acque direttamente sul reticolo idrografico (Riu Giaccuru, Riu Funtana Nuei, Riu Is Orroinas).

A parità di altre condizioni l'acclività favorisce l'insacco di dissesti ad opera della gravità, 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 delle incisioni vallive della rete drenante con acclività media compresa tra 19° e 26°. In tali settori l'effetto della gravità può raggiungere, laddove le metamorfite formano versanti scoscesi con inclinazioni > di 26°, i massimi valori con sviluppo crolli, scivolamenti, ribaltamenti localizzati di blocchi rocciosi (*Figura 38*).

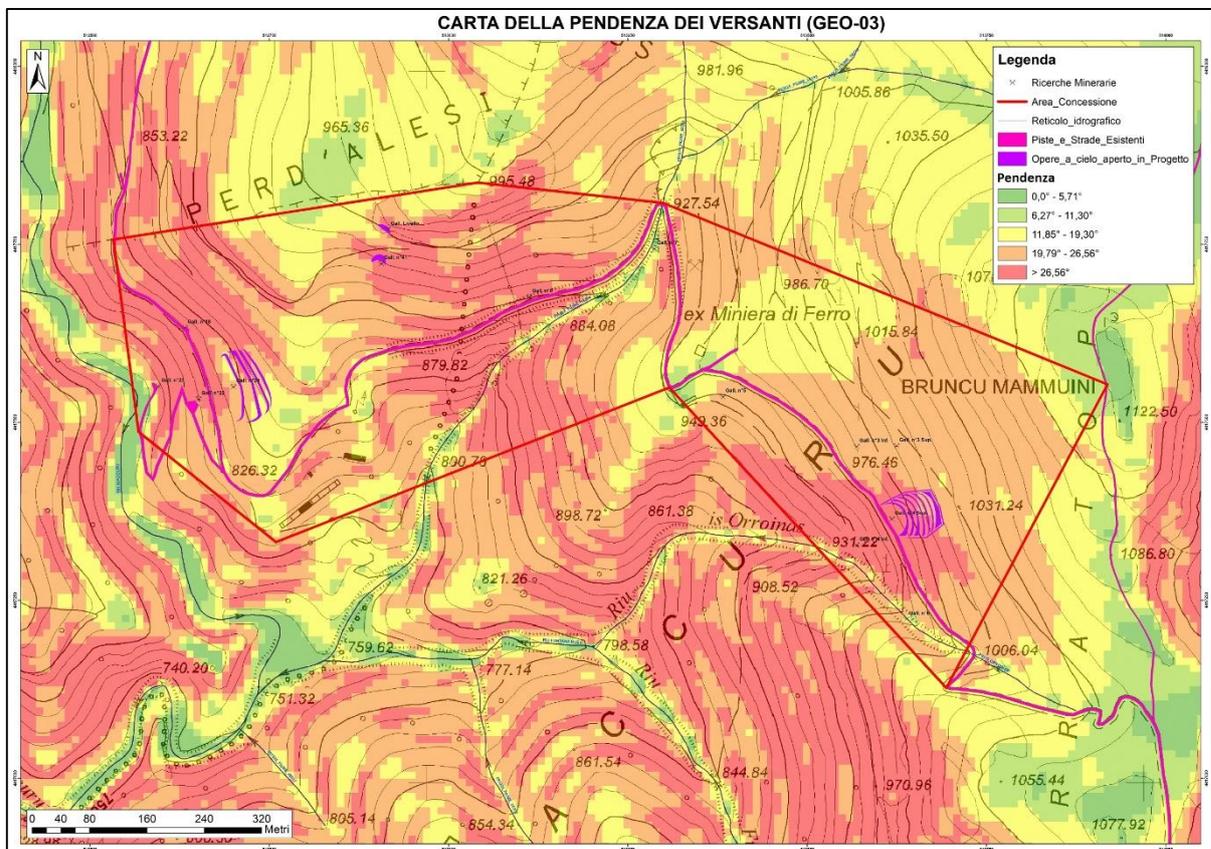


Figura 38 - CARTA DELLA PENDENZA DEI VERSANTI (GEO-03).

4.6.1 ANALISI DELLA PENDENZA DEI VERSANTI E ATTRIBUZIONE DEI PESI

Il progressivo aumento della pendenza di un versante corrisponde in molti casi ad un aumento del suo grado di instabilità in quanto favorisce l'azione della gravità, quella erosiva delle acque superficiali e facilita il trasporto verso valle di volumi di suolo e di materiale detritico, agevola inoltre il distacco ed il crollo di rocce poco coerenti o interessate da reticolo di frattura complesso.

D'altra parte, nelle aree pianeggianti (pendenze < 25%) si possono localmente instaurare fenomeni chimici e chimico-fisici di alterazione del substrato litologico con progressivo aumento della coltre eluviale. 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, dal passaggio periodico di incendi che ritardano lo sviluppo della copertura vegetale e da scorrette pratiche agricole (di norma, oltre il 35% di pendenza non si hanno più condizioni adatte ad usi agrosolvo-pastorali).

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, ottenendo, in termini di rapporto intervalli di acclività/pesi quanto riportato nella tabella seguente (*Tabella 12*).

Tabella 12 - Valori delle classi di pendenza e relativi pesi (Fonte: Linee Guida del P.A.I.).

PENDENZA DEI VERSANTI (da Linee Guida P.A.I.)		
Classe di pendenza in %	Classe di pendenza in gradi	Peso
0÷10%	0,0 ÷ 5,71°	+2
11÷20%	6,27 ÷ 11,30°	+1
21÷35%	11,85 ÷ 19,30°	0
36÷50%	19,79 ÷ 26,56°	-1
> 50%	> 26,56°	-2

4.7 ELABORAZIONE DELLA CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI

Sulla base delle considerazioni fatte in precedenza è stata elaborata la **CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE (GEO-04)**, che descrive attraverso l'analisi di 3 tematismi, ritenuti fondamentali per la definizione della pericolosità da frana, le aree potenzialmente soggette al verificarsi di eventi franosi. Essa è ottenuta attraverso il criterio della somma dei pesi assegnati ai tematismi della **CARTA GEOLITOLOGICA (GEO-01)**, della **CARTA DELL'USO DEL SUOLO (GEO-03)** e della **CARTA DELLE PENDENZE (GEO-02)**. Questa procedura viene realizzata attraverso il criterio dell'overlay mapping metodo di calcolo automatico realizzato in ambiente GIS (Geographic Information System), che permette di sommare tra loro i pesi assegnati a ciascun tematismo e di riprodurre il risultato nell'elaborato cartografico che rappresenta l'instabilità potenziale dei versanti indagati.

CARTA DELLA INSTABILITA' POTENZIALE DEI VERSANTI



Le L.G. del PAI riportano le cinque classi di instabilità potenziale con valore crescente di gravità: pertanto i valori più alti indicano classi di instabilità potenziale più elevate (e quindi a maggiore pericolosità) mentre valori di instabilità potenziale meno elevati sono associati a situazioni potenzialmente meno pericolose (*Tabella 13*).

Tabella 13 - Classi di instabilità potenziale e range numerici di attribuzione (da Linee Guida del P.A.I.).

INSTABILITA' POTENZIALE			
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

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 rappresentazione cartografica che rispecchi le effettive condizioni di pericolosità da frana del territorio, la CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE (GEO-04) ottenuta è stata analizzata e interpretata in modo critico soprattutto sulla base delle risultanze fornite dalla CARTA MORFOLOGICA E DELLA FRANOSITÀ, che riporta un quadro + attendibile dei processi morfodinamici attivi sul territorio in studio.

Dall'analisi critica della CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE (GEO-04) (*Figura 39*) si evidenzia come allo stato attuale, non contempli e definisca appieno tutte le tipologie di dissesto possibili e come alcuni tematismi, usati arbitrariamente senza essere debitamente contestualizzati, possano produrre un considerevole aumento dell'instabilità potenziale oppure una sua sottostima.

L'Uso del Suolo gioca un ruolo predominante nella determinazione delle classi di instabilità potenziale in quanto tale parametro ha una variazione temporale molto ristretta, talvolta anche

annuale (es: territori interessati da incendi, l'alternanza di lavorazioni agricole con arature e di periodi di riposo o temporaneo abbandono, disboscamenti e /o decespugliamenti in zone acclivi, realizzazione di piste e stradelli di penetrazione agraria trasversali ai versanti, fasce frangifuoco su pendio 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 di norma, 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 a parità di altre condizioni al contorno. Di conseguenza ci si può trovare con terreni tra loro attigui, ma con diversa classe di instabilità potenziale in funzione dei soli cambiamenti della classe d'uso del suolo a parità di substrato geologico e acclività, con possibilità di variazioni nella destinazione urbanistica che non tengono conto della reale pericolosità dei luoghi e dei fenomeni morfologici in atto.

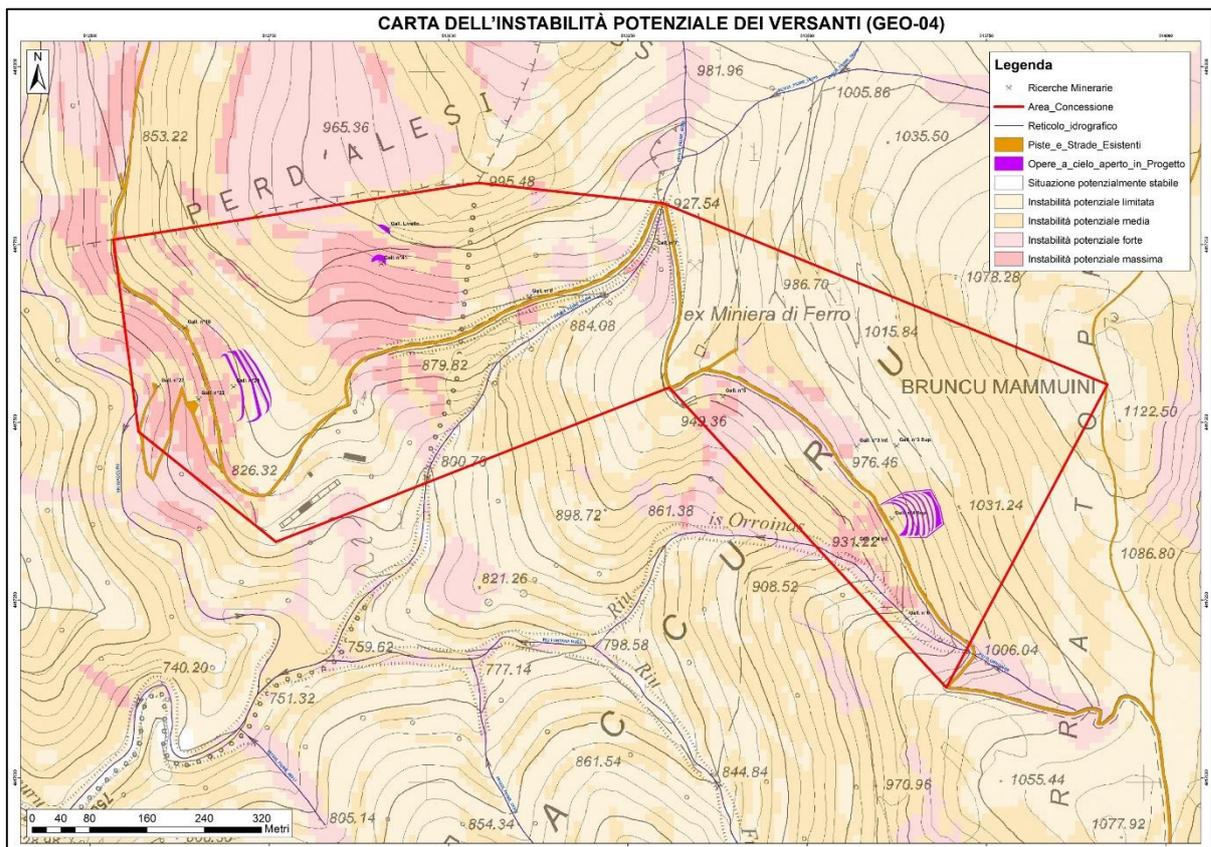


Figura 39 - CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI (GEO-04).

È altresì vero che, sempre a parità delle altre condizioni, anche solo la variazione del peso attribuito alla litologia (es: tra affioramenti del substrato roccioso e della sovrastante coltre detritica

colluviale) può accentuare in modo esclusivamente teorico l'instabilità potenziale dei luoghi senza che vi siano motivazioni a carattere morfodinamico capaci di giustificare una attribuzione a due differenti classi di pericolosità due areali adiacenti.

4.8 ELABORAZIONE DELLA CARTA MORFOLOGICA E DELLA FRANOSITÀ (GEO-05)

L'elaborato cartografico **CARTA MORFOLOGICA E DELLA FRANOSITÀ (Tavola GEO-05)**, è stato predisposto secondo 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.

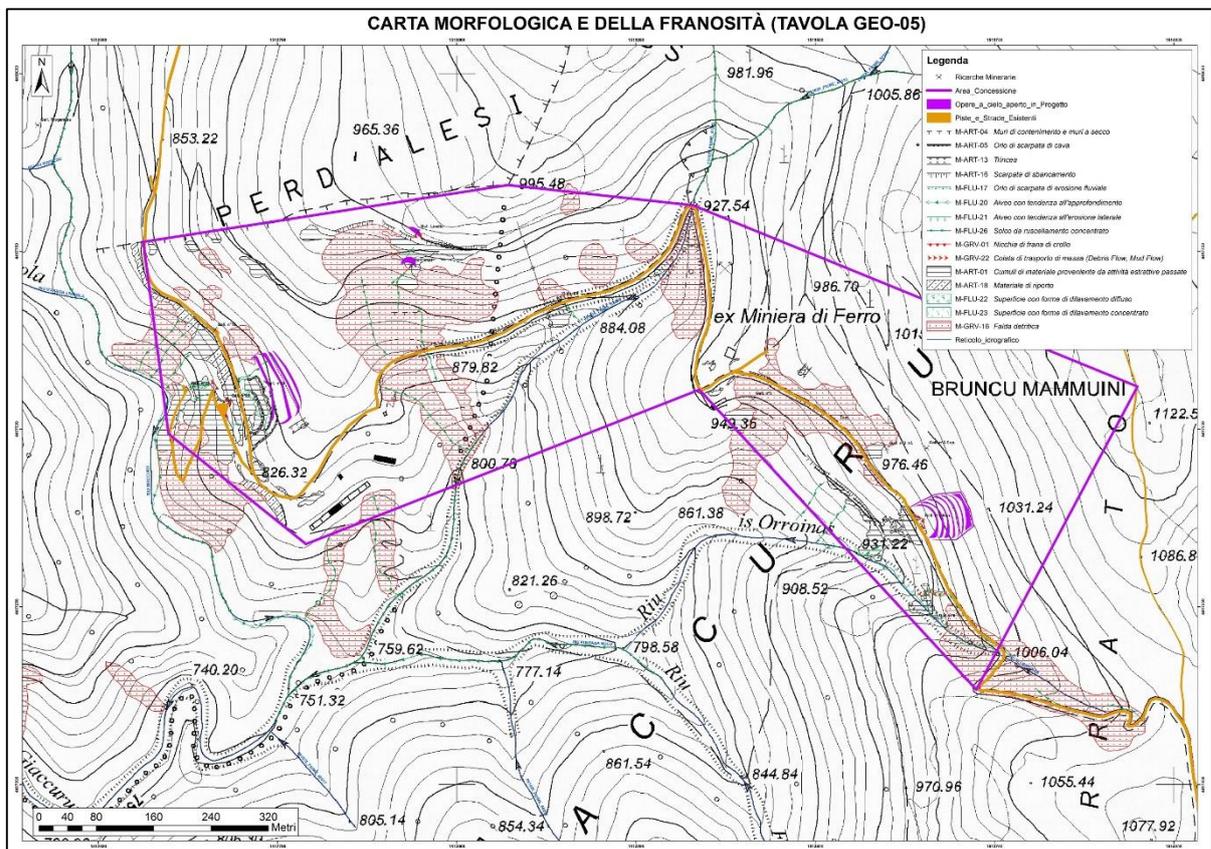


Figura 40 - CARTA MORFOLOGICA DELLA FRANOSITÀ (GEO -05).

L'elaborato è stato inizialmente sviluppato sulla base dei principi del telerilevamento che hanno consentito, grazie al database della RAS e alle foto riprese col drone, di estrapolare dai modelli digitali del terreno DTM sufficienti informazioni sulle forme del territorio e sui processi morfodinamici che le hanno prodotte. Il lavoro di foto-interpretazione è stato approfondito,

dettagliato e modificato in funzione delle risultanze e delle osservazioni condotte sul campo nel corso di numerosi sopralluoghi.

Poichè inoltre nella cartografia sono stati inseriti anche i depositi clastici presenti nella carta geolitologica, al fine di rendere più chiara la lettura della carta e dei relativi simboli, è stato ritenuto opportuno non includere i retini relativi alle litologie dei substrati rocciosi.

Il tematismo **CARTA MORFOLOGICA E DELLA FRANOSITÀ**, riassume pertanto, attraverso una simbologia predefinita i principali aspetti morfologici che possono concorrere nel determinare ed innescare processi di dissesto geologico-idraulico, riportando tutte le fenomenologie franose e distinguendole, per quanto è stato possibile accertare direttamente, tra processi attivi, quiescenti o stabilizzati (*Figura 40, Figura 41, Figura 42*).

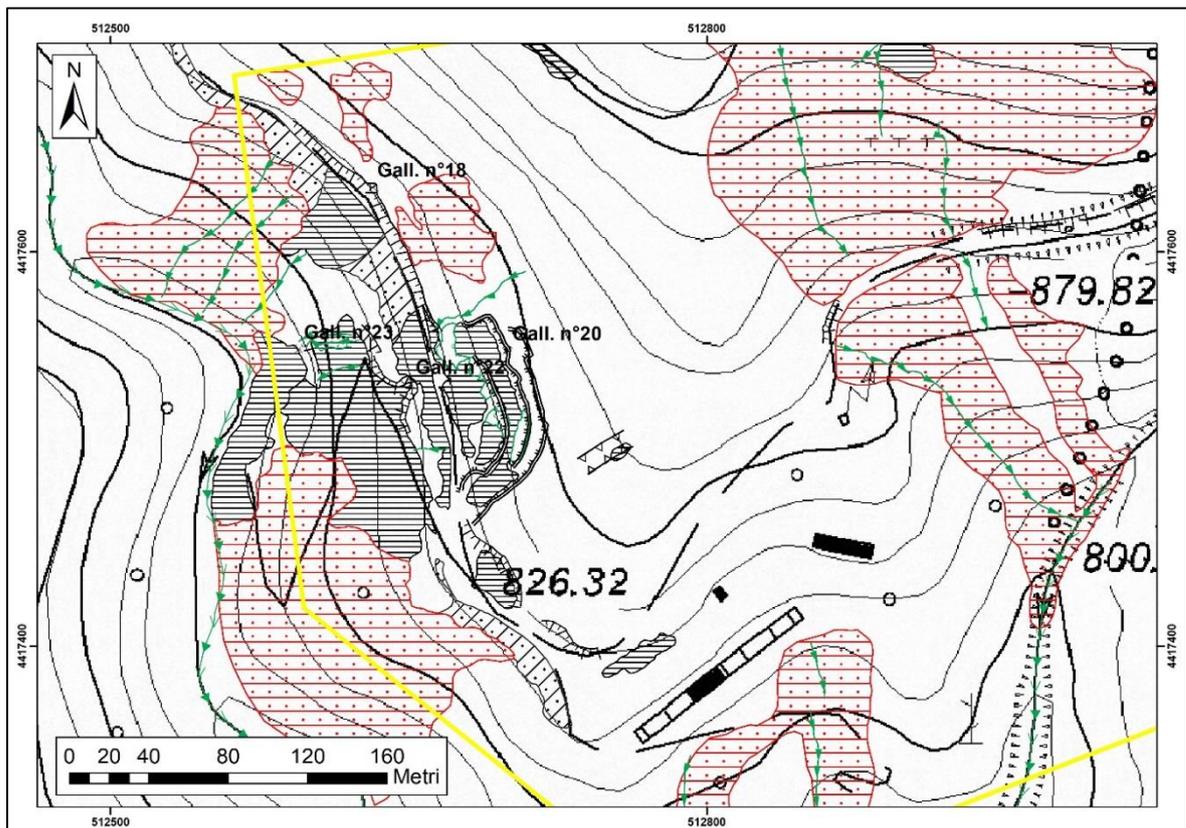


Figura 41 – Dettaglio della CARTA MORFOLOGICA DELLA FRANOSITÀ (GEO -05) presso la località Perd'Alesi.



Figura 42 – Legenda della CARTA MORFOLOGICA DELLA FRANOSITÀ (GEO -05).

4.9 ASSETTO GEOMORFOLOGICO GENERALE

La morfologia e l'evoluzione delle forme dell'area di studio sono influenzate dall'assetto geologico-strutturale, in particolare dagli eventi geodinamici passati (Terziario e Quaternario) e da quelli recenti (Attuale). L'area di studio ricade all'interno del basamento paleozoico. I caratteri morfologici principali del territorio sono da ricondurre al generalizzato ringiovanimento dell'orografia avvenuto nel Pliocene e proseguito nel Quaternario, accentuato dal progressivo smantellamento delle coperture post-varisiche che ha consentito la parziale riesumazione del Basamento Paleozoico. L'approfondimento delle linee di drenaggio fluvio-torrentizio hanno prodotto piccole vallate e versanti acclivi impostati sul basamento metamorfico (Figura 43).

4.9.1 ASSETTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO

L'area di studio ricade in interamente nel basamento paleozoico (eccezion fatta per le coperture quaternarie che mantellano i versanti) e sorge ad una quota di circa 780 m s.l.m. del Rio Giacurru fino ai 1122 m s.l.m. di Bruncu Mammuini; è caratterizzato da versanti acclivi soprattutto nel

settore occidentale (valle del Riu Giaccuru) mentre quello meridionale e settentrionale presentano un'acclività meno elevata.



Figura 43 - Morfologia dell'area di studio caratterizzata da versanti acclivi e piccole vallate incise nel basamento paleozoico.

Alcuni versanti sono caratterizzati dalla presenza di depositi antropici che mantellano i versanti nei pressi delle aree minerarie; in gran parte derivano dall'abbancamento dei materiali che tendono a disporsi lungo l'angolo naturale di riposo del pendio (*Figura 44*). Questi depositi presentano una buona porosità essendo costituiti in gran parte da clasti spigolosi che costruiscono una struttura clasto sostenuta; alla scala dell'affioramento si riscontrano solo locali rimobilizzazioni in corrispondenza dei compluvi. L'abbancamento sul versante degli sterili derivanti dall'attività mineraria, non permette lo sviluppo della vegetazione essendo questi costituiti da clasti rocciosi e di conseguenza inadatti allo sviluppo della flora locale (assenza di suolo organico).

Dal punto di vista Geomorfologico gli sterili sono esposti all'azione degli agenti atmosferici ed in particolare delle acque ruscellanti ne consegue la formazione forme di erosione tra le quali spiccano i solchi di ruscellamento concentrato, e superfici con forme di dilavamento diffuse e concentrate (*Figura 45, Figura 46*).

Sono presenti anche seppur localizzati alcune flussi di detrito con trasporto di massa legati all'erosione da parte delle acque superficiali che si manifestano in prossimità degli eventi pluviometrici più importanti. Questi processi interessano soprattutto i depositi di versante lungo i compluvi.



Figura 44 - Depositi antropici derivanti dall'attività mineraria presso le gallerie n°20 e n°22.



Figura 45 - Solco da ruscellamento concentrato con trasporto di massa presso la Galleria n°6.

4.9.2 DINAMICHE EVOLUTIVE DEI VERSANTI E DEI PROCESSI FRANOSI

Per quanto concerne le problematiche specifiche oggetto di questo studio, l'analisi effettuata ha permesso di individuare tipologie di dissesto dovute quasi essenzialmente alla gravità in quanto rappresentative della naturale evoluzione e modellamento dei versanti. Nell'area di studio la maggior parte dei processi di dissesto risulta influenzato parzialmente dall'azione antropica come nel caso specifico delle modalità di abbancamento di materiali derivanti dall'attività mineraria passata. L'assenza di copertura vegetale ha determinato un marcato aumento dell'azione ed efficacia dei processi morfologici di modellamento superficiale. Di seguito vengono espone le principali tipologie dei processi di dissesto, attivi e non, riscontrate in modo da consentire una valutazione del livello di pericolosità reale.

4.9.2.1 FRANE DA CROLLO E DI RIBALTAMENTO

Nei pressi dei cantieri minerari non si rinvergono processi di crollo significativi eccezion fatta per piccoli blocchi che si possono distaccare dai versanti rocciosi. Il contesto geomorfologico nel quale si sviluppano è legato a ambiti con substrato essenzialmente costituito da rocce metamorfiche fratturate esposte agli agenti atmosferici e soggette a più o meno lento detensionamento litostatico. Fanno parte di questi ambiti anche i settori modellati artificialmente (antropizzati) con

formazione di fronti di sbancamento anche subverticali. Le aree in cui si accumulano questi depositi sono molto limitate di dimensioni esigue e non cartografabili.

4.9.2.2 **COLATA DA TRASPORTO IN MASSA (DEBRIS FLOW)**

Rappresentano una particolare fenomenologia franosa che associa un trasporto dovuto a gravità con quello legato alla presenza di flussi idrici. Si tratta sostanzialmente della mobilizzazione, in condizioni di elevata acclività, di materiale detritico preesistente disposto in forme allungate in direzione della massima pendenza in occasione di precipitazioni intense e durature tali da annullare quasi completamente l'attrito tra gli elementi clastici formando un flusso misto di acqua e detrito. Nell'area di studio questa fenomenologia è stata riscontrata, come forma attiva recente, solo in pochi settori, in particolare presso la galleria n°6 (*Figura 45, Figura 46*).

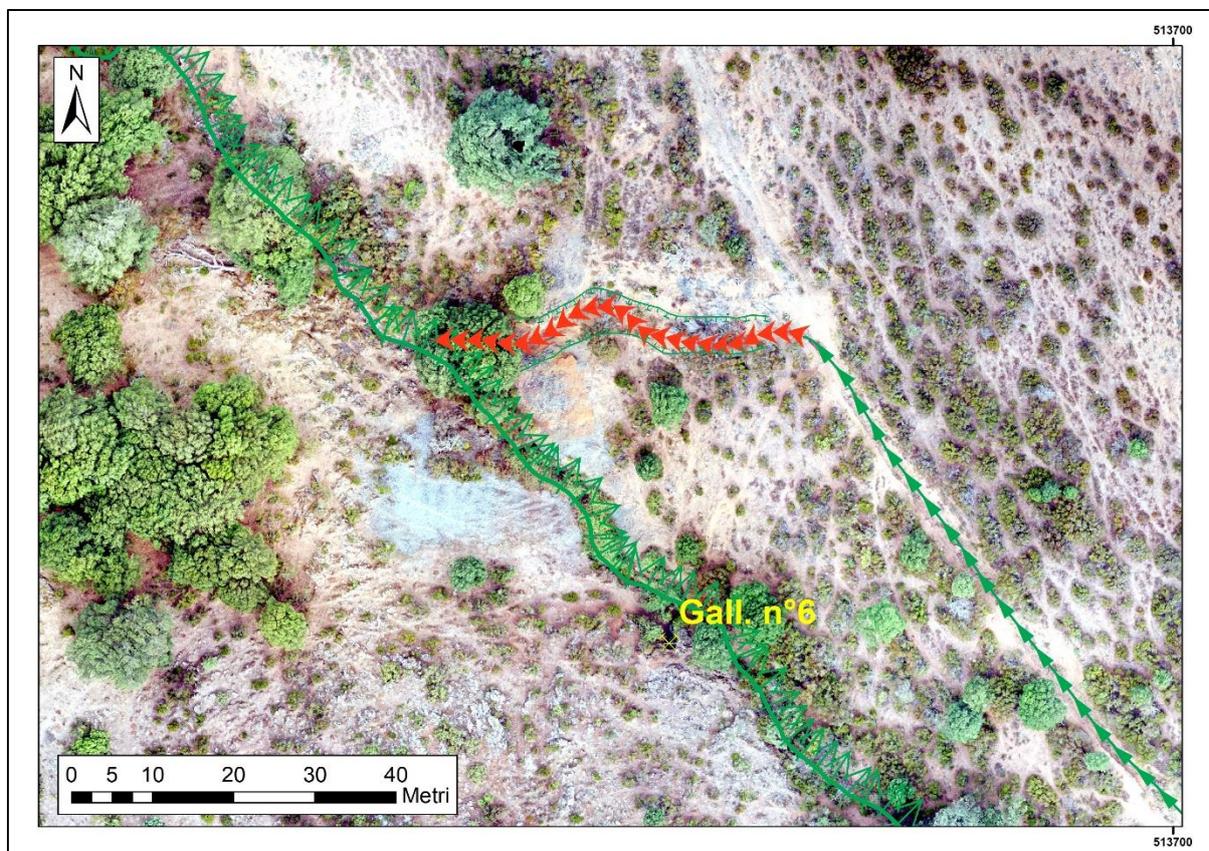


Figura 46 – Solco di ruscellamento concentrato con trasporto di massa (in rosso).

4.9.2.3 **SOLCO DA RUSCELLAMENTO CONCENTRATO**

Fenomenologia di dissesto spesso associata a depositi detritici sia di genesi naturale (a) sia antropica (h1m, h1r), non protetti da vegetazione e con pendenze maggiori del 20%, direttamente interessati da ruscellamento superficiale areale che evolve in ruscellamento concentrato (*Figura 47*). Indica pertanto condizioni di disequilibrio tra condizione geostatica locale e flussi idrici superficiali,

generalmente indotti da trasformazioni antropiche. Si segnala l'attivazione del fenomeno lungo i compluvi e interessano i depositi antropici solo parzialmente.



Figura 47 - Solco di ruscellamento concentrato che interessa i depositi di versante presso un compluvio.

4.9.2.1 SUPERFICI CON FORME DI DILAVAMENTO PREVALENTEMENTE DIFFUSO

Indicano quelle superfici più o meno ampie interessate da un processo morfogenetico legato allo scorrimento superficiale delle acque meteoriche sui versanti, in assenza di una morfologia con linee di impluvio nette e con pendenze maggiori del 10-20%. Si tratta anche di una modalità di deflusso delle acque meteoriche verso il piede del versante quando la superficie topografica permette lo scorrimento dei filetti liquidi senza che questi producano dei solchi di erosione concentrata. In condizioni normali, se la copertura detritica superficiale è sufficientemente protetta dalla vegetazione il passaggio della lama d'acqua comporta un'azione erosiva minima che in genere è controllabile dall'assetto naturale dei luoghi. Nel caso invece di un versante degradato il ruscellamento diffuso implica anche fenomeni di dilavamento più o meno intensi che possono evolvere verso la formazione di una rete di solchi d'erosione capace di asportare, in condizioni

climatiche e di coltre vegetale favorevoli, la copertura eluvio-colluviale più superficiale (suolo) in tempi relativamente brevi.

4.10 DEFINIZIONE DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA (GEO-06)

Verificata l'attendibilità generale della **CARTA DELLA INSTABILITÀ POTENZIALE (GEO-04)**, la procedura per la costruzione della **CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA (GEO-06)** 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 MORFOLOGICA E DELLA FRANOSITÀ (GEO-05)**.

Secondo le definizioni di norma, la **CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA (Tavola GEO-06)**, in quanto carta di sintesi di molteplici tematismi tra loro interagenti, fornisce "il quadro delle condizioni di stabilità del territorio" rappresentando i fenomeni di dissesto in atto e i fattori che determinano la suscettibilità dei versanti al verificarsi di movimenti gravitativi e di massa, ovvero la condizione di pericolosità del territorio: quest'ultima viene indicata attraverso il parametro Hg secondo cinque distinti livelli di pericolosità, a ciascuno dei quali le L.G. del PAI hanno attribuito un "peso" su base puramente empirica.

Questo elaborato rappresenta pertanto un indubbio approfondimento di indagine rispetto alla vigente cartografia del PAI: la **CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA (Tavola GEO-06) (Figura 48)**, poiché talora modifica sostanzialmente il quadro di pericolosità definito dai precedenti studi, riporta alcune modifiche che ridefiniscono il livello di pericolosità di alcune aree del PAI vigente ponendo le condizioni per la procedura di variante ai sensi dell'art. 37 comma 2 e 3.

Nello specifico della zonazione della pericolosità da frana (**Tabella 14**), il presente studio ha consentito di omogeneizzare e razionalizzare le perimetrazioni con il risultato di un ragionato approccio alla pericolosità dei luoghi in virtù di una differente valutazione dell'uso del suolo rispetto al passato; questo approccio metodologico ha tenuto in maggior considerazione il locale assetto morfodinamico mediante una precisa cartografia della franosità **CARTA MORFOLOGICA E DELLA FRANOSITÀ (Tavola GEO-05)**.

Tabella 14 - Classi di pericolosità Hg e quantificazione lineare nell'intervallo 0 -1.

Classe	Intensità	Valore	Descrizione dei fenomeni areali, lineari e puntuali e degli effetti
Hg0	Nulla	0.0	Pericolosità assente - Aree non soggette, anche indirettamente, a fenomeni franosi o a instabilità dei suoli. Questa classe non è stata adottata.
Hg1	Moderata	0.25	Pericolosità assente o moderata - Aree non soggette a fenomeni franosi o a instabilità dei suoli significativa (assenza di fenomeni di dilavamento superficiale o legati a gravità). Aree con pendenze $\leq 20\%$ ma con prevalenza di quelle ad acclività $\leq 10\%$, indipendentemente dalla classe di instabilità

			potenziale. Aree con pendenze ≤ 35 % con copertura boschiva 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; 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 terrazzate artificialmente per uso agricolo o forestale con scarpate o muri di sostegno stabili o non degradati; zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indizi di movimenti gravitativi degni di nota; deformazioni gravitative profonde di versante stabilizzate. Aree estrattive a cielo aperto (cave) in attività, compresi i fronti di sbancamento produttivi. Classe di instabilità potenziale 3 (media).
Hg3	Elevata	0.75	Pericolosità elevata - Aree con frane di crollo/ribaltamento e/o scorrimento quiescenti; aree con fenomeni di erosione nelle incisioni vallive e/o soggette a fenomeni d'erosione concentrata a solchi e/o calanchi. Fronti di sbancamento di altezza plurimetrica lungo le strade e linee ferroviarie (tratti in trincea/mezzacosta) parzialmente protette da opere di consolidamento/sostegno; aree di versante con pendenze ≥ 35 % terrazzate artificialmente per uso agricolo o forestale con scarpate o muri di sostegno instabili o in degradazione per scarsa o assente manutenzione; aree di cava /miniera a cielo aperto su morfologia tabulare o poco acclive (< 35 %) con presenza di accumuli di inerti non stabilizzati o prive di interventi di restauro ambientale; aree interessate da pregressi fenomeni franosi nelle quali sono stati eseguiti interventi non risolutivi di messa in sicurezza (consolidamenti, opere di sostegno o di confinamento); aree soggette a significativi fenomeni di creep o con vegetazione arboreo-arbustiva interessata da evidenti alterazioni della crescita verticale. Orli di scarpata o di terrazzo alluvionale potenzialmente instabili a causa di elevata pendenza e altezza. Aree al contorno degli ingressi di cavità carsiche con sviluppo verticale prive di adeguati studi sulle loro condizioni di stabilità. Aree percorse da incendio (ultimi 5 anni) su pendii con pendenza prevalente compresa tra 20 e 50 %. Aree di accumulo di blocchi e massi franati, attualmente in discrete condizioni di stabilità per cementazione \pm diffusa ed efficace. Classe di instabilità potenziale 4 (forte).
Hg4	Molto Elevata	1.00	Pericolosità molto elevata - Aree con manifesti fenomeni di instabilità attivi o segnalati nel progetto AVI, IFFI o da altri ENTI o direttamente rilevate nel corso dei rilievi di campagna. Aree di conoide attiva o potenzialmente attiva non

		<p>protetta da opere di difesa e di sistemazione a monte; frane di crollo/ribaltamento attive comprese aree con falda e/o coni di detrito e canaloni in roccia (e non) con frequenti scariche di detrito; frane di scorrimento attive o con scivolamenti rapidi in roccia o detrito; aree con fluidificazioni di terreni sciolti superficiali (anche di origine antropica); aree con numerose piccole frane attive; aree con fenomeni di crollo/ribaltamento e/o scorrimento in scarpate rocciose/detritiche artificiali lungo tracciati stradali e ferroviari o in aree di cava dismessa; aree di pertinenza idraulica, sia a carattere temporaneo sia occasionale con significativi fenomeni di erosione e/o trasporto detritico nelle incisioni vallive (debris flow). Cavità sotterranee naturali o artificiali per le quali sono stati accertati fenomeni attivi di crollo o sprofondamento (sinkhole). Pareti rocciose di altezza da plurimetrica a pluridecimetrica soggette a fenomeni di degrado e/o allentamento geostatico con elevata frequenza di distacchi di frammenti rocciosi eterometrici (dal detrito fine ai blocchi ciclopici); aree oggetto di pregressa coltivazione mineraria su versante acclive o molto acclive con presenza di discariche di sterili (pietraie mobili) solo parzialmente stabilizzate dalla vegetazione. Aree percorse da incendio (ultimi 5 anni) su pendii con pendenza prevalente > 50 %. Classe di instabilità potenziale 5 (massima).</p>
--	--	--

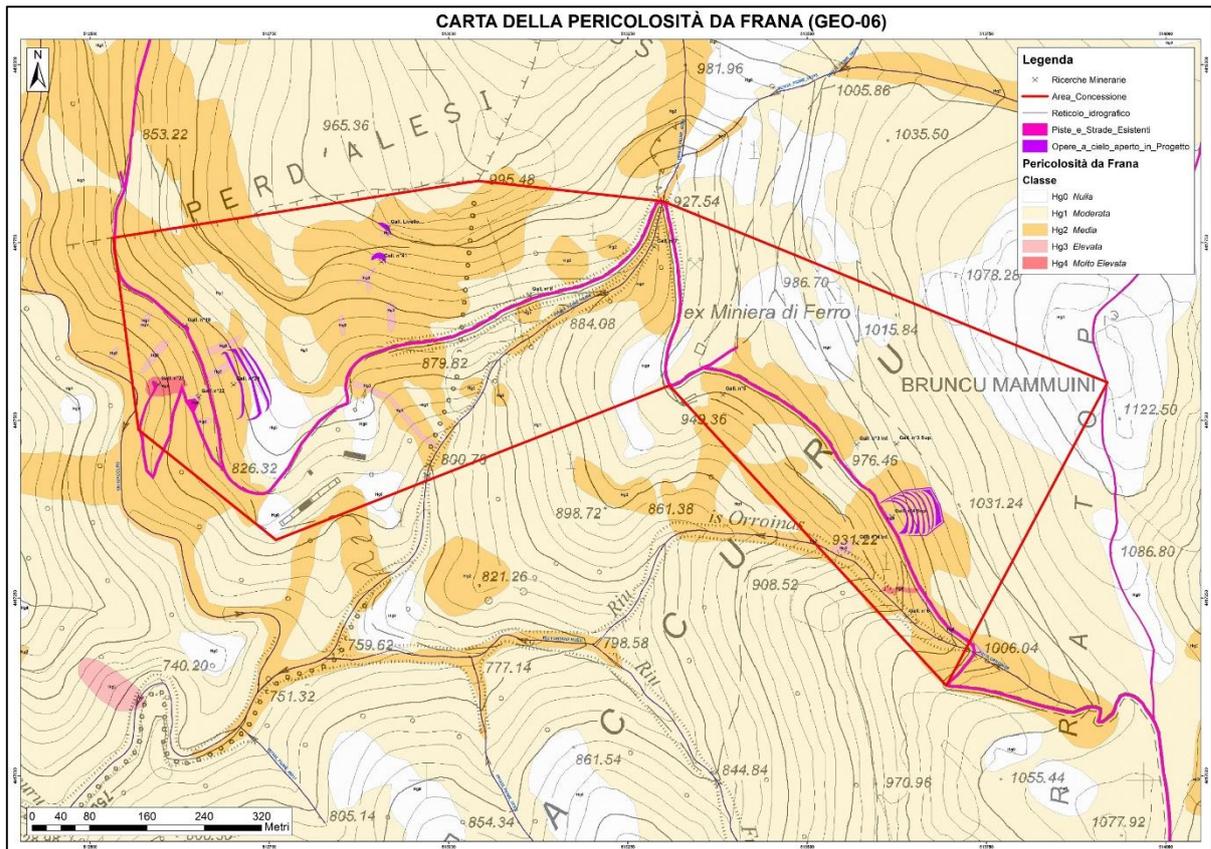


Figura 48 - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA (GEO-06).

4.11 ELABORAZIONE DELLA CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO (GEO-07)

La **CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO (Tavola GEO-07)** (Figura 49) definisce ai sensi del DPCM 29.09.1998 come elementi sensibili e quindi a rischio nell'eventualità di un evento franoso: "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". Al fine della procedura di variante al PAI, a supporto dell'attività di individuazione del relativo rischio derivante dalle pericolosità geologico-idrauliche individuate, il Servizio Difesa del Suolo - Assetto Idrogeologico e Gestione del Rischio Alluvione della Direzione Generale dell'Agenda del Distretto Idrografico Sardegna, ha messo a disposizione dei tecnici e degli EE.LL. l'informazione degli elementi a rischio che il Comune dovrà opportunamente verificare, aggiornare ed integrare secondo la codifica e standard già individuati dalla RAS. Nel presente studio, la carta degli elementi a rischio è stata redatta sulla base della CARTA DELL'USO DEL SUOLO (GEO-02),

rivista ed aggiornata, raggruppando le classi di uso del suolo in classi di elementi a rischio E in base alle indicazioni riportate nelle L.G. del PAI.

La base cartografica così ottenuta è stata integrata e completata con i tematismi del Database Multi Precisione (mancanti nella Carta dell'Uso del Suolo) messo a disposizione dalla RAS. Alcuni elementi già presenti nel D.B.M.P. sono stati inoltre completati sulla base di un più attento controllo della C.T.R e da quanto ricavabile dalla presa in visione delle ortofoto satellitari più recenti.

A ciascuno degli elementi a rischio così individuati è stato attribuito un peso che ne definisce l'importanza intrinseca e che verrà utilizzato successivamente per la quantificazione del rischio geologico e la definizione della Carta del Rischio Geologico (*Tabella 15*).

Tabella 15 - Classificazione degli elementi a rischio ed attribuzione del relativo peso (Fonte Linee Guida PAI.)

Classi	Elementi	Peso
E1	Aree libere da insediamenti e aree improduttive; zona boschiva; zona agricola non edificabile; demanio pubblico non edificato e/o edificabile.	0.25
E2	Aree con limitata presenza di persone; aree extraurbane, poco abitate; edifici sparsi; zona agricola generica (con possibilità di edificazione); zona di protezione ambientale, rispetto, verde privato; Parchi, verde pubblico non edificato; infrastrutture secondarie	0.50
E3	Nuclei urbani non densamente popolati; infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche, ferrovie, lifelines, oleodotti, elettrodotti, acquedotti); aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); zone per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti, zone a cava.	0.75
E4	Centri urbani ed aree urbanizzate con continuità (densità abitativa superiore al 20% della superficie fondiaria); nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche); zona discarica speciali o tossico nocivi; zona alberghiera; zona campeggi e villaggi turistici; beni architettonici, storici e artistici	1.00

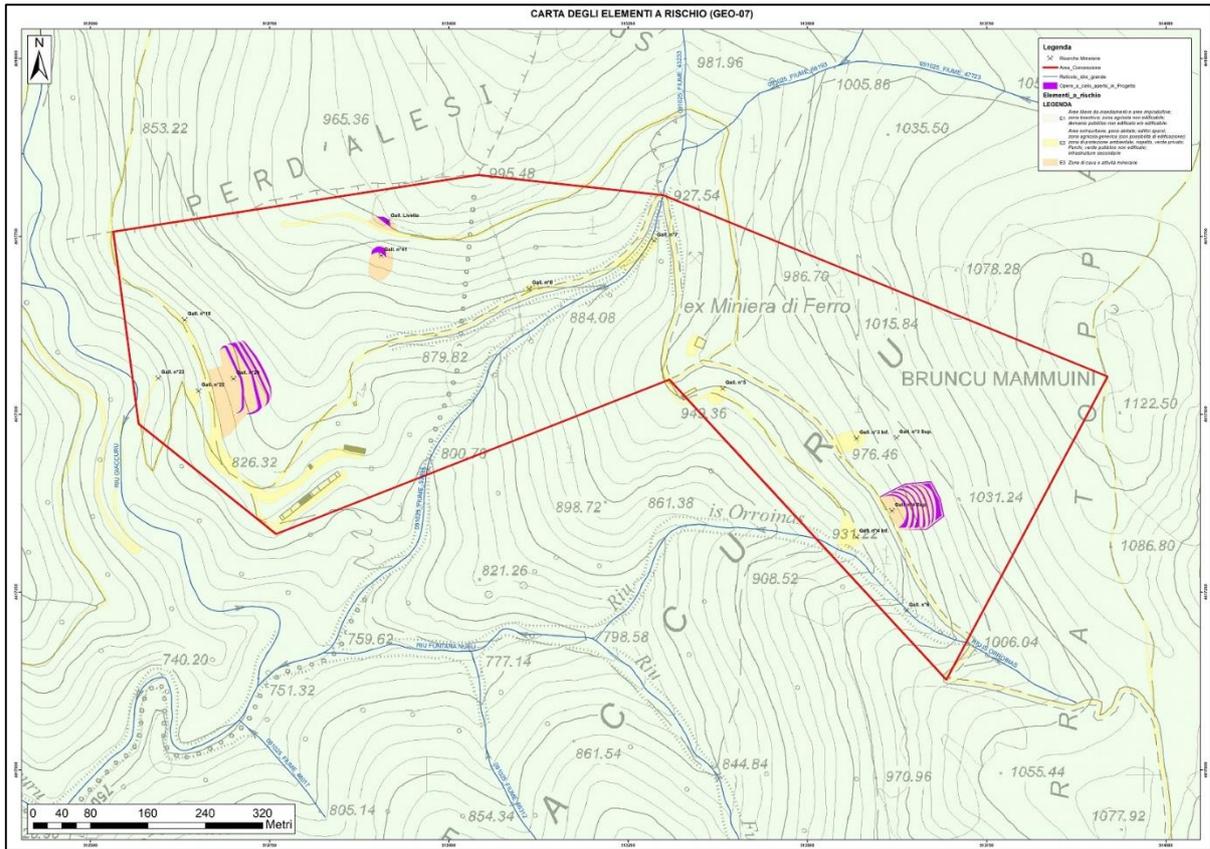


Figura 49 - CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO (GEO-07).

4.12 ELABORAZIONE DELLA CARTA DEL RISCHIO DA FRANA (GEO-08)

Sulla base delle considerazioni maturate durante le varie fasi in cui si è articolato il presente studio, è stata elaborata la **CARTA DEL RISCHIO DA FRANA (Tavola GEO-8)**, che descrive attraverso l'analisi della CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA e della CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO "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".



Il rischio geologico (R) è definito come il prodotto tra la pericolosità (Hg), 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") (*Tabella 17*). La valutazione dei livelli di rischio è stata condotta incrociando la pericolosità Hg con le classi di elementi a rischio E, così come previsto dalle L.G. del PAI secondo la matrice di calcolo espressa di seguito (*Tabella 16*).

Tabella 16 - Matrice di calcolo utilizzata per la determinazione delle classi di Rischio da Frana.

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
	Hg1	Hg2	Hg3	Hg4
E1	0,25	0,25	0,25	0,25
E2	0,25	0,25	0,50	0,50
E3	0,25	0,50	0,75	0,75
E4	0,25	0,50	0,75	1,00

Tabella 17 - Definizioni dei vari livelli di rischio da Frana.

Classe	Intensità	Valore	Descrizione degli Effetti
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

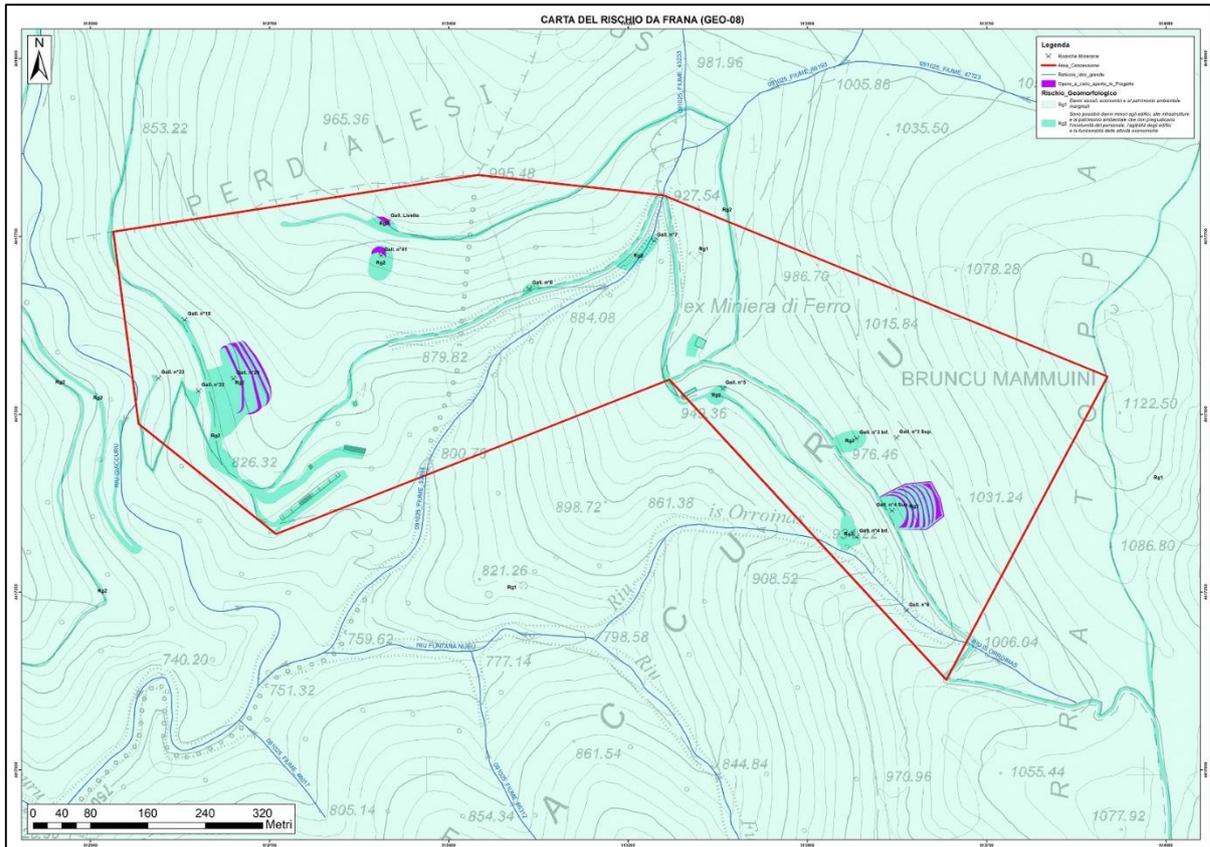


Figura 50 - CARTA DEL RISCHIO DA FRANA (GEO-08).

4.12.1 RISULTATI RELATIVI AGLI AREALI A RISCHIO DA FRANA DELL'AREA DI STUDIO

Dall'analisi effettuata emergono i seguenti risultati (Figura 50):

- Non sono state censite aree perimetrate in Rg4 e Rg3 (rischio da frana molto elevato ed elevato);
- Le aree perimetrate in Rg2 (rischio da frana medio), quelle di maggior rilievo riguardano indubbiamente la viabilità locale, le opere a cielo aperto esistenti e quelle in progetto. Le perimetrazioni interessano pertanto aree per le quali sono state accertate fenomenologie di frana quiescente potenzialmente in grado di riattivarsi in determinate condizioni meteo climatiche sino a determinare danno minori a edifici, infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche comunque meritevoli di un livello di attenzione di una periodica manutenzione in quanto in alcuni casi i processi erosionali hanno origine da settori di versante sovrastanti;

- **Gran parte dell'area di studio presenta aree censite in Rg1 (rischio da frana moderato),** in queste aree sono possibili danni molto marginali e limitati di conseguenza si consiglia solo una manutenzione periodica.

SEZIONE V

VALUTAZIONI FINALI E CONCLUSIONI

5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente STUDIO DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO, redatto ai sensi dell'art. 8, comma 2 e dell'art. 37, comma 2 e 3, lettera b, delle N.A. del PAI, costituisce lo studio relativo alla definizione del RISCHIO DA FRANA nell'area mineraria di "Giaccuru" riguardante il progetto della concessione mineraria per l'estrazione e valorizzazione di materiali di ferro "Giacurru" finalizzata allo sfruttamento del giacimento residuo ed al ripristino ambientale.

Lo studio esteso a tutta la concessione mineraria e anche oltre la stessa con un buffer superiore di alcune centinaia di metri, rappresenta un prodotto di indagine mai interessato finora dalla vigente cartografia PAI, pertanto, la **CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA (Tavola GEO-06)** perimetra ex novo gli ampi settori non ancora censiti che ridefiniscono il livello di pericolosità dell'area di studio, fornendo uno strumento di dettaglio a supporto delle pianificazione urbanistica e territoriale nonché per il procedimento di VIA . Lo studio della cartografia relativa alla PERICOLOSITÀ DA FRANA è stato predisposto ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle stesse norme di attuazione.

Sulla base delle risultanze della **CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA (Tavola GEO-06)** in scala 1:2.000 e della **CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO (Tavola GEO-07)**, è stata predisposta la **CARTA DEL RISCHIO DA FRANA (Tavola GEO-08)** che rappresenta l'elaborato di sintesi dell'analisi di interazione tra fenomeno naturale (evento franoso) e gli elementi che possono conseguentemente subire danno nonché anche l'elaborato finale del lungo processo di studio intrapreso per la definizione del rischio da frana nel distretto minerario di Giaccuru. La suddetta carta, derivante dall'analisi di una matrice ottenuta dal prodotto della pericolosità (intesa come funzione della probabilità di accadimento di un evento franoso) e il peso assegnato all'elemento a rischio coinvolto, è stata costruita seguendo le indicazioni disposte dalle L.G. del PAI.

Alla luce dello studio effettuato si può affermare che:

- **Dalla sintesi dell'analisi dell'interazione tra la pericolosità da frana con elementi a rischio non emergono condizioni di criticità particolari che possono pregiudicare le opere in progetto a patto che vengano eseguite manutenzioni periodiche che possano contenere e ridurre i processi erosionali dei versanti al contrario di uno stato di incuria e abbandono;**
- **Le aree per le quali sono state accertate fenomenologie di frana potenzialmente in grado di riattivarsi in determinate condizioni meteo climatiche (possibili danni minori a edifici, infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale e la funzionalità delle attività economiche) sono molto limitate;**

- **Interventi di messa in sicurezza lungo i versanti (pulizia, riprofilatura, soil nailing, reti in aderenza, regimentazione delle acque superficiali, ecc.) nelle aree a rischio di frana, possono ridurre notevolmente il rischio delle opere in progetto.**

Sadali 14/10/2021

Il tecnico incaricato:

Dr. Geol. PhD, Mattia Alessio Meloni

