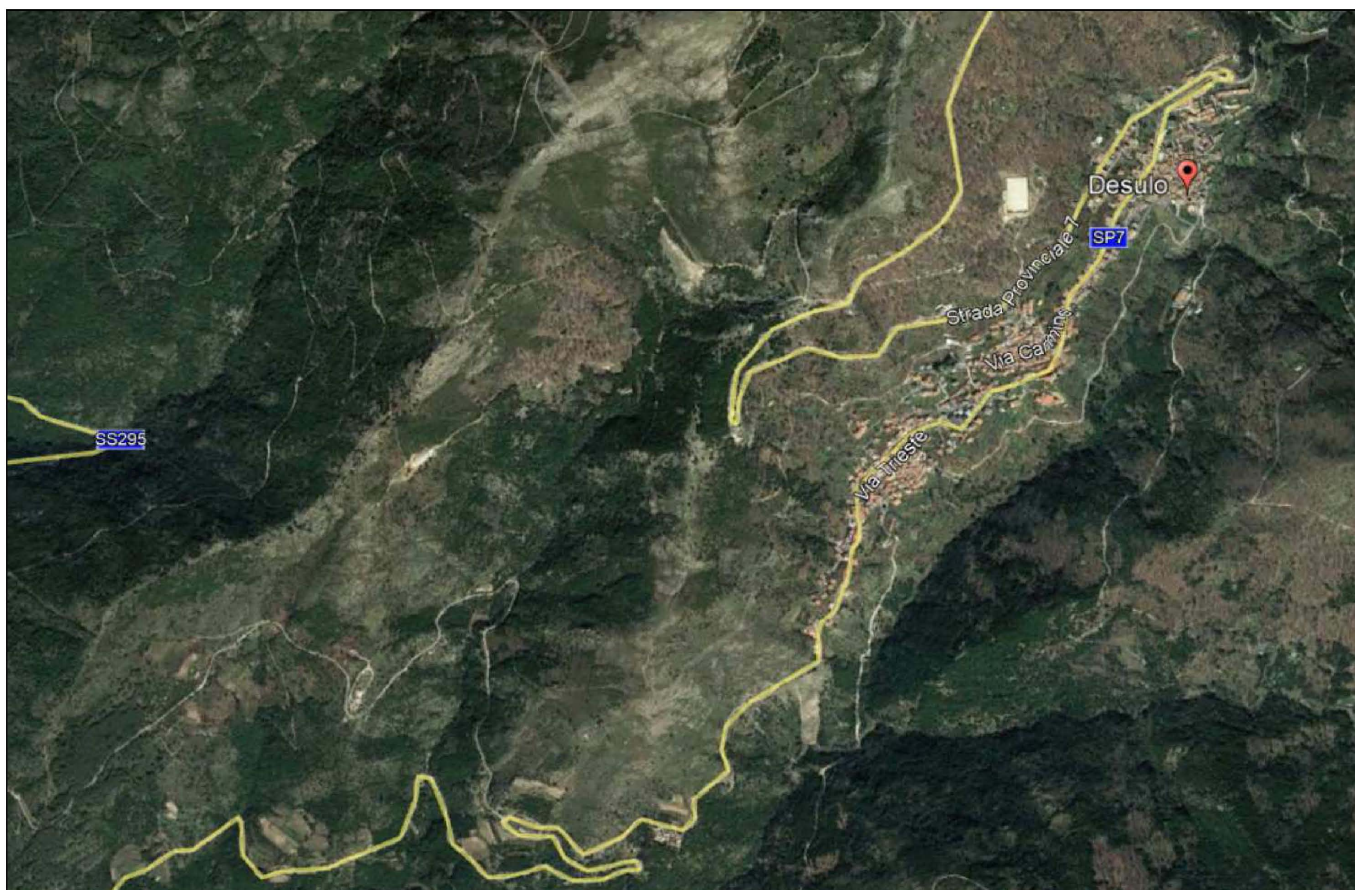




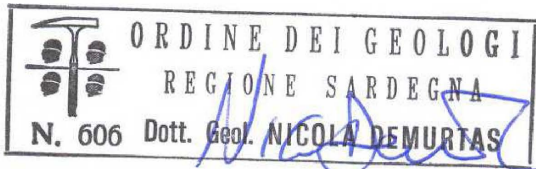
COMUNE DI DESULO

Provincia di Nuoro



**VARIANTE AL P.A.I. AI SENSI DELL'ART. 37 COMMA 3 LETTERA B – STUDIO DI
MAGGIOR DETTAGLIO SUI LIVELLI DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA NELL'AREA
SITA IN LOCALITÀ MELANU - LOCALITÀ BATTIANULE - LOCALITÀ BRUNCU
TRACUGUA IN AGRO DEL COMUNE DI DESULO (NU)**

RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA

Data: Agosto 2020	Il tecnico Dott. Geol. Nicola Demurtas 
Il committente: Azienda agricola e zootecnica di Sonia Peddio Loc. Melanu 08032 Desulo PARTITA iva 03719050928	

INDICE

PREMESSA.....	1
INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E VINCOLISTICO.....	3
ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ DI FRANA – LINEE GUIDA DEL PAI	7
VALUTAZIONE PONDERALE DELL’INCIDENZA DEI FATTORI DI SUSCETTIVITÀ FRANOSA.....	10
OVERLAY MAPPING DEI TEMATISMI DI SUSCETTIVITÀ FRANOSA.....	14
INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	19
CARATTERI GEOSTRUTTURALI GENERALI.....	24
LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI GENERALI.....	25
ASPETTI IDROGEOLOGICI: SCHEMA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA.....	28
LINEAMENTI CLIMATICI.....	31
CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI LOCALI DELLE AREE IN ESAME.....	33
INDAGINI GEOTECNICHE SPEDITIVE IN SITO.....	44
VERIFICHE DI STABILITÀ DEI VERSANTI.....	47
INDAGINI GEOFISICHE – TOMOGRAFIE SISMICHE A RIFRAZIONE.....	54
CARATTERI GEOMORFOLOGICI LOCALI.....	73
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	75
ALLEGATI	

01. PREMESSA

Su richiesta del Committente, Azienda agricola e zootecnica di Sonia Peddio Loc. Melanu Comune di Desulo (NU) - Partita iva 03719050928, il sottoscritto Dott. Geol. Nicola Demurtas, ha redatto apposito studio geologico, geotecnico, geofisico e geomorfologico di dettaglio sui livelli di pericolosità idrogeologica nell'area sita in località Melanu, località Battianule, località Bruncu Tracugua nel comune di Desulo (NU), finalizzato alla predisposizione di una proposta di variante al P.A.I. vigente, ai sensi dell'articolo 37 comma 3 lettera b delle Norme di Attuazione del PAI.

Il suddetto P.A.I. è stato realizzato nel novembre 2002 dalla società HY.M.STUDIO TORINO - Gruppo di coordinamento Dott. Geol. Daria Dovera, Prof. Ing. Marco Mancini, Prof. Ing. Marco Salis. Nel dettaglio, l'area oggetto di studio rientra nella tavola B2Hg012/49 Sub bacino Tirso. Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale PAI, è redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione. Il P.A.I. è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006 con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici.

Il P.A.I. vigente comprende anche la Variante al P.A.I. frane del territorio comunale di Desulo, adottata in via definitiva con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 12 del 25.09.2013 (BURAS n° 46 del 10.10.2013).

La presente relazione intende illustrare i criteri generali che il gruppo di lavoro ha seguito nella predisposizione della suddetta variante. Le attività di studio e di ricerca sono state articolate secondo le seguenti fasi:

- esame del P.A.I. vigente (il settore in esame ricade nelle classi di pericolosità Hg2-Hg3);
- reperimento di dati bibliografici relativi a idrogeologia - geomorfologia - geotecnica;
- rilevamento di campagna e sopralluoghi - rilevamento con GPS differenziale;
- reperimento di studi geologico - geotecnici eseguiti in aree limitrofe e/o caratterizzati dalla stessa formazione litologica riscontrata in sito – Variante al P.A.I. anno 2013;
- consultazione e analisi del progetto **IEFI Inventario Fenomeni Franosi in Italia**. Tale studio fornisce un quadro aggiornato ed omogeneo sulla distribuzione delle frane sull'intero territorio nazionale, secondo modalità standardizzate e condivise;
- consultazione e analisi del progetto **AVI – Aree Vulnerate Italiane** – (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche GNDICI del CNR). Il progetto realizza un censimento delle aree storicamente vulnerate da calamità geologiche - idrauliche;
- rilievo geomeccanico dei litotipi riscontrati;

- Indagini geofisiche tipologia tomografie sismiche a rifrazione;
- elaborazione dati acquisiti;
- applicazione procedura di overlay mapping (uso suolo, acclività, litologia);
- verifiche di stabilità dei versanti (metodi di Fellenius – Jambu – Bishop);
- stesura relazione geologica – geotecnica – geomorfologica - geofisica e realizzazione della relativa cartografia tematica.

02. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO - VINCOLISTICO

Il territorio comunale di Desulo (NU) ricade nella Sardegna centro – orientale, e risulta confinante con i comuni di Arzana, Villagrande Strisaili, Ovodda, Fonni, Tiana, Tonara, Belvì. Aritzo.

Il suo territorio, vasto 74,5 km² non comprende isole amministrative in discontinuità territoriale. Il suddetto territorio è inquadrato all'interno della Cartografia Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000, all'interno dei seguenti fogli: n°530030 - 530040 - 530080 - 516110 - 516120 - 516150 - 516160.

Il territorio comunale di Desulo (NU), inoltre, non è contenuto all'interno di nessun Ambito Costiero omogeneo del Piano Paesaggistico Regionale.

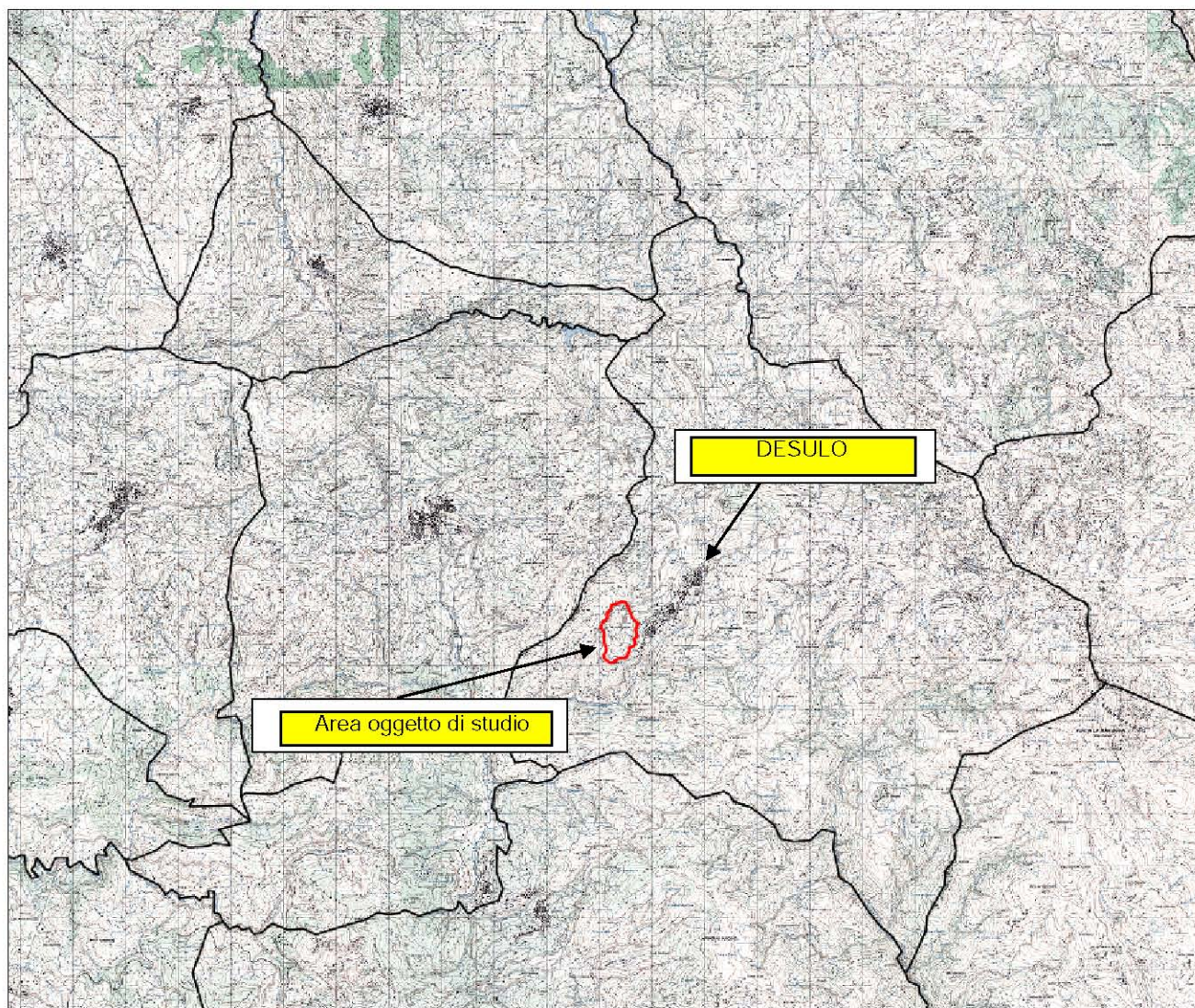


Figura 1: Territorio comunale di Desulo (NU) e limite area soggetta a variante PAI – Stralcio I.G.M.

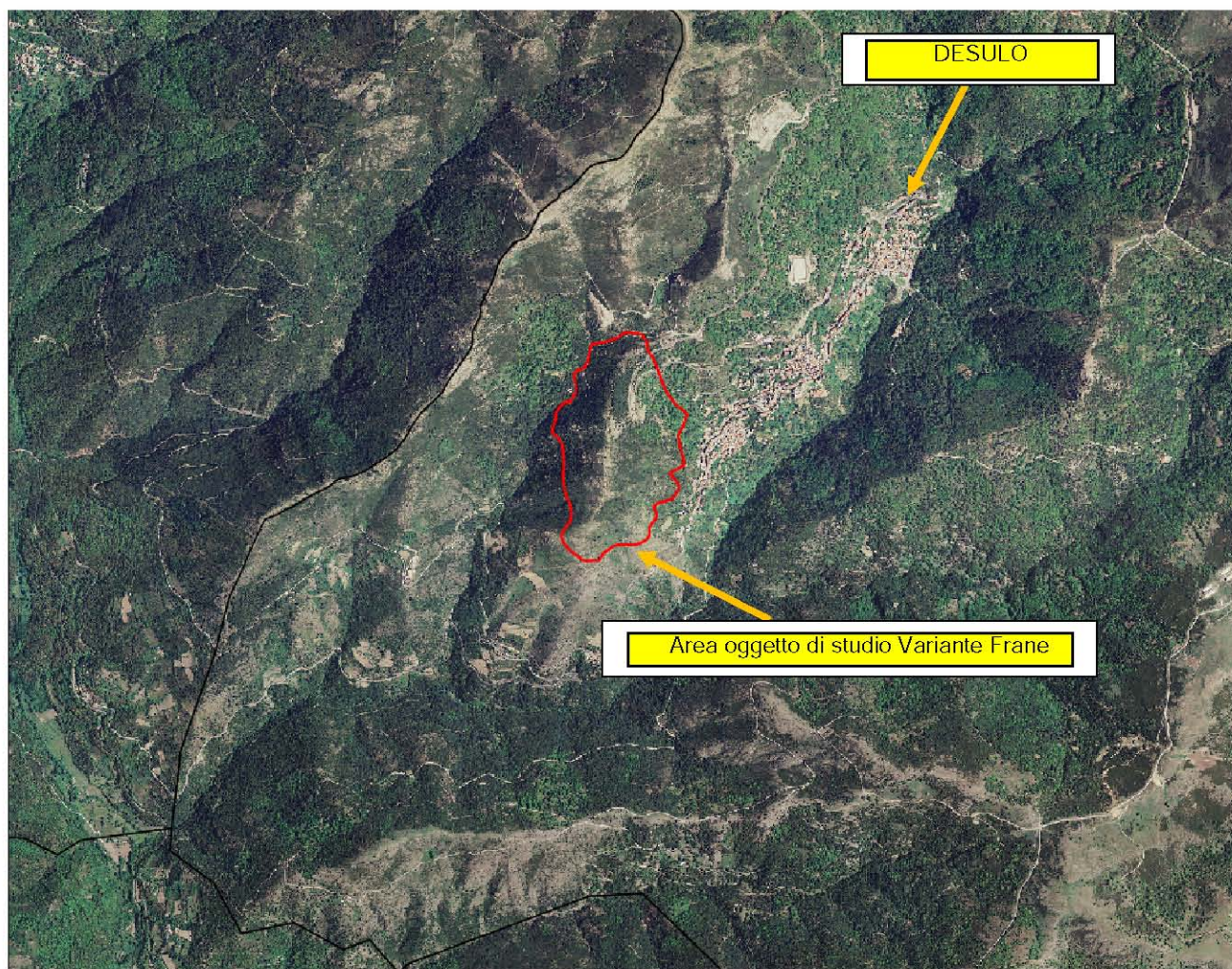


Figura 2: Comune di Desulo (NU) e limite area oggetto di studio – Immagine ortofoto Google DigitalGlobe

La prima versione del P.A.I. è stata realizzata nel novembre 2002 dalla società HY.M.STUDIO TORINO - Gruppo di coordinamento Dott. Geol. Daria Dovera, Prof. Ing. Marco Mancini, Prof. Ing. Marco Salis. Nel dettaglio, l'area oggetto di studio rientra nella tavola B2Hg012/49 Sub bacino Tirso. Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale PAI, è redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione. Il P.A.I. è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006 con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici.

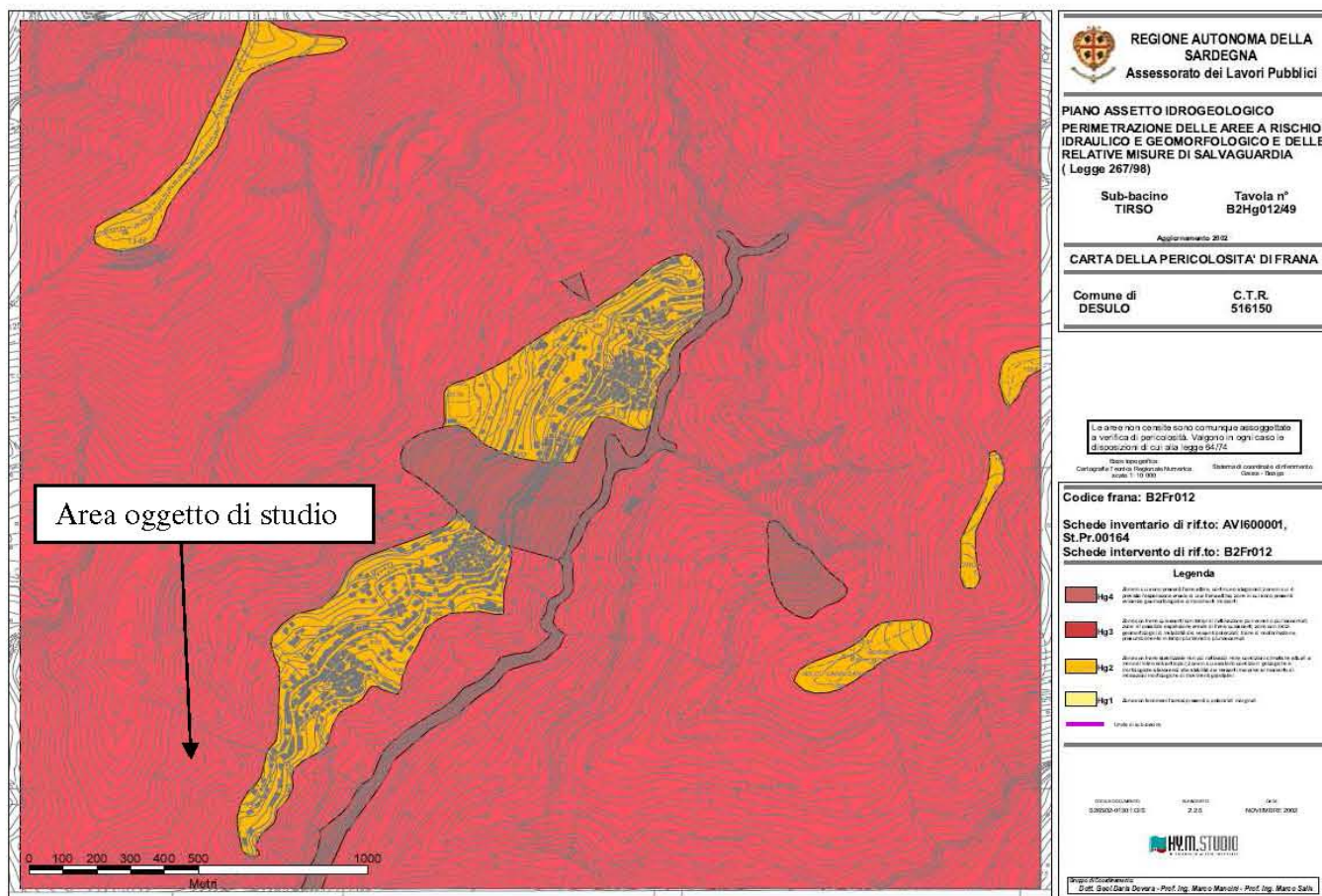


Figura 3: Comune di Desulo (NU) – P.A.I. versione (2002)

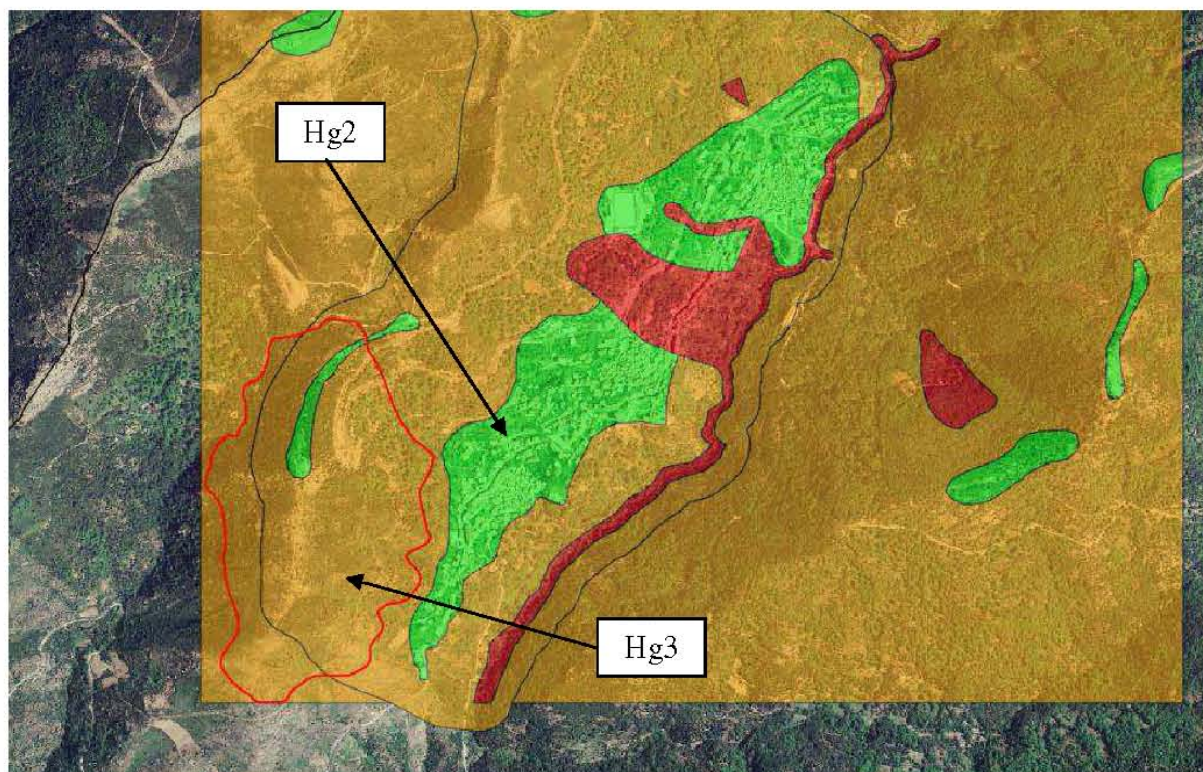


Figura 4: Comune di Desulo (NU) – P.A.I. vigente (PAI 2013) e limite area in studio (rosso) oggetto della presente proposta di Variante

L'area oggetto di studio ai fini della proposta di Variante al suddetto P.A.I., è ubicata geograficamente a sud – ovest rispetto al centro abitato di Desulo in località Melanu - Battianule, Bruncu Tracugua, risulta ricompresa all'interno della C.T.R. all'interno del Foglio 516 sezione 160 e possiede un'area pari a 5,6 km².

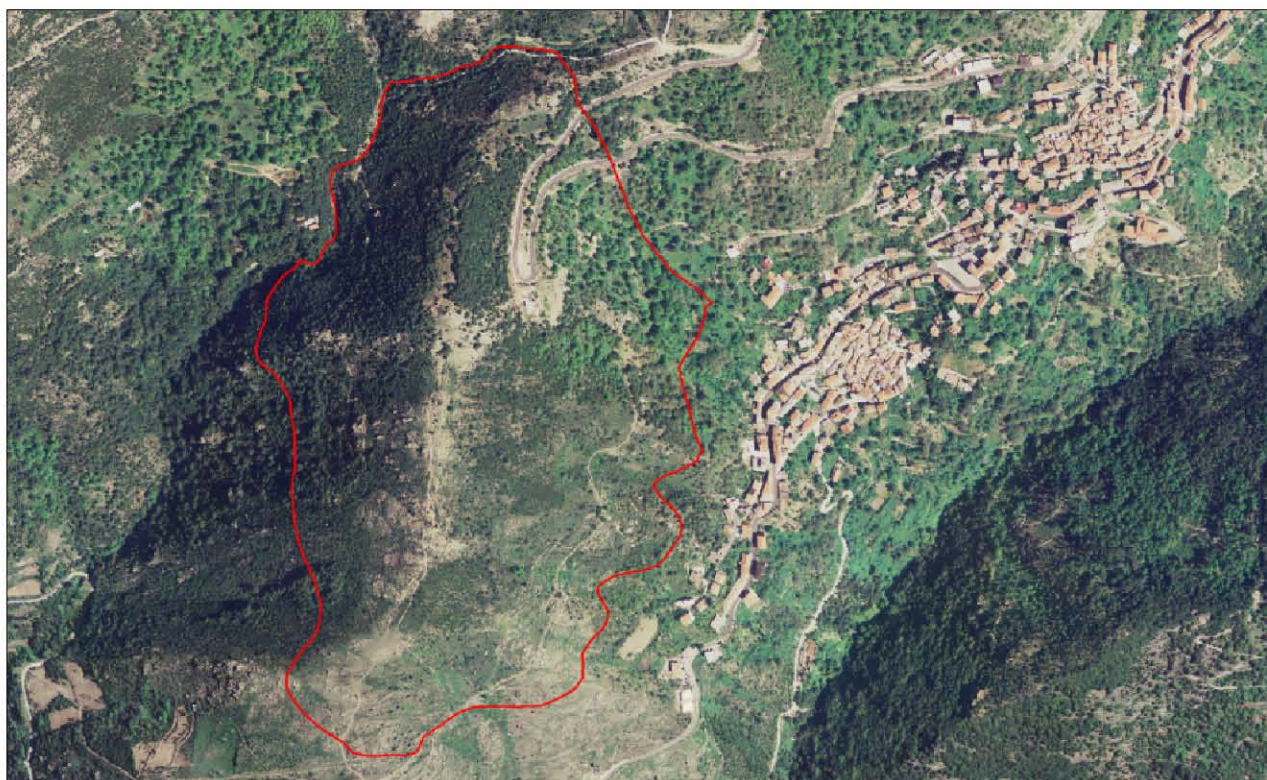


Figura 5: Comune di Desulo (NU) – Area soggetta a proposta di variante al P.A.I. - Località Località Melanu - Battianule, Bruncu Tracugua

Area oggetto di Proposta di Variante al P.A.I.:

- Comune di Desulo (NU) Località Melanu - Battianule, Bruncu Tracugua;
- Altimetria compresa tra 1089,0 m s.l.m. e 900,0 m s.l.m. – Superficie 56000,0 m²;
- Coordinate chilometriche del baricentro - Gauss Boaga E 1518331 – N 4428288;
- Compresa all'interno della C.T.R. n° 516 150 TONARA;
- Classi di pericolosità di frana P.A.I. vigente: Hg3 – Hg2.

E' inoltre importante sin d'ora sottolineare che l'analisi storica dei fenomeni franosi relativi all'area nella quale si sta eseguendo il presente studio di variante al P.A.I., condotta utilizzando le fonti precedentemente menzionate, non ha dato esito, nel senso che sia il progetto IFFI, che l'AVI non hanno messo in evidenza fenomeni franosi all'interno e/o subito al di fuori della suddetta area.

03. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ DI FRANA – LINEE GUIDA DEL PAI

Conformemente alle indicazioni contenute nelle Linee Guida del P.A.I. (Linee Guida per l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia – D.L. 180 e Legge 267/1998 – di seguito denominate LINEE GUIDA), l'analisi di pericolosità franosa è stata condotta anche valutando e pesando, in ogni sito potenzialmente soggetto a pericolo di frana, l'influenza che i diversi fattori di suscettività franosa hanno sulle condizioni di stabilità dei versanti in osservazione. E' stata quindi redatta, per ciascun tematismo di suscettività franosa, specifica cartografia tematica, associata al relativo database: i fattori di suscettività franosa sono stati indicizzati mediante l'attribuzione di pesi numerici proporzionali alla presunta incidenza del singolo fattore sul possibile sviluppo del fenomeno franoso. La carta di pericolosità franosa, che costituisce l'elaborato grafico di sintesi del processo di valutazione, è stata ottenuta attraverso la sovrapposizione (overlay mapping) e la sommatoria, in ogni area potenzialmente soggetta a pericolo di frana, dei pesi attribuiti a tutti i tematismi franosi considerati.

Si specifica che al fine di ottenere la carta litologica pesata, sono state utilizzate anche tutte le informazioni ricavate dai sopralluoghi di campo, dall'analisi di laboratorio eseguite su i campioni prelevati Variante PAI 2013 e dai rilievi geomeccanici eseguiti sulle formazioni riscontrate.

Mentre, al fine valutare la pericolosità da frana finale, sono state poi considerate anche le informazioni ottenute dalla verifica di stabilità del versante realizzate tramite le metodologie di Fellenius, Jambu e Bishop.

L'analisi di pericolosità franosa, eseguita alla scala di dettaglio 1:1.000, è stata realizzata nell'area oggetto di variante al P.A.I., individuata con un criterio morfologico e ubicata in agro del territorio comunale di Desulo (NU).

Il suddetto P.A.I. è stato realizzato nel novembre 2002 dalla società HY.M.STUDIO TORINO - Gruppo di coordinamento Dott. Geol. Daria Dovera, Prof. Ing. Marco Mancini, Prof. Ing. Marco Salis. Nel dettaglio, l'area oggetto di studio rientra nella tavola B2Hg012/49 Sub bacino Tirso. Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale PAI, è redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione. Il P.A.I. è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006 con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici.

La suddetta analisi di pericolosità, per quanto riguarda il territorio in studio, è stata condotta attraverso le seguenti fasi:

03.1 ANALISI DEI FATTORI DI SUSCETTIVITA' FRANOSA

Tutte le analisi territoriali sono state effettuate utilizzando la seguente cartografia topografica:

Carta aerofotogrammetrica in scala 1:2.000 3D e CTR 1:10.000 n. 516150, 3D, fornita dall'Ufficio tecnico del Comune di Desulo.

La valutazione di pericolosità ha preso in considerazione i seguenti fattori di suscettività franosa:

- la distribuzione dei fenomeni franosi;
- l'acclività dei versanti;
- la litologia delle formazioni in affioramento;
- l'uso del suolo;

Per poter analizzare e pesare tali fattori, è stato necessario rilevare e restituire le seguenti carte tematiche:

Carta Geomorfologica, redatta sulla base della documentazione raccolta dai censimenti P.A.I. (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia - Regione Autonoma della Sardegna, Luglio 2004) e IFFI (Progetto IFFI, Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia - Regione Autonoma della Sardegna, Settembre 2005) e dei rilievi diretti in campagna. Questa carta, che non è stata sovrapposta alle altre carte dei fattori di suscettività franosa, nè pesata in termini numerici e né rappresentata cartograficamente, rappresenta tuttavia una prima ed importante indicazione di distribuzione reale della pericolosità franosa. Tale tematismo ha posto in evidenza, l'assenza di fenomeni franosi pregressi censiti dai sopraccitati studi. L'assenza dei suddetti fenomeni franosi pregressi ha quindi utilmente guidato e aiutato il Gruppo di Lavoro nella individuazione e nella valutazione delle aree di pericolosità franosa;

Acclività (scala 1:4.000), costruita utilizzando la C.T.R. in scala 1:10.000 3D e l'aerofotogrammetrico in scala 1:2.000 3D;

Litologia (scala 1:4.000), costruita sulla base della Carta Geologica della Regione Sardegna, Edizione 2008, in scala 1:25.000, verificata e corretta con rilievo diretto in campagna. Tale Carta Geologica è stata realizzata dall'Agenzia regionale Progemisa, la quale ha messo a disposizione il suo patrimonio di cartografia (Ricerche Minerarie di Base, 1980-1999; Progetto CARG, 1993-2008), conoscenze geologiche e professionalità. La geologia è stata rappresentata al 1:25.000, scala di compromesso tra la disomogeneità del dato di base e la necessità di disporre una cartografia unica ed omogenea per l'intera Isola (58 Fogli in scala 1:50.000, comprendenti 197 Sezioni in scala

1:25.000). La carta litologica è stata verificata e corretta sulla base dei rilevamenti di campo. Inoltre, sono state sempre tenute in considerazione le informazioni ricavate da progetti realizzati nella aree in studio o in zone limitrofe. I numerosi rilievi di campo realizzati all'interno delle aree oggetto di studio, sono stati d'aiuto per l'attribuzione del peso PAI. Tali pesi rientrano all'interno del processo elaborazione dell'Overlay Mapping utilizzato per l'individuazione della pericolosità di frana.

Uso del suolo (scala 1:4.000), costruita sulla base della Carta dell'Uso del Suolo della Regione Sardegna, Edizione 2008, in scala 1:25.000, verificata e corretta con rilievo diretto in campagna.

Per la realizzazione dell'aggiornamento dell'uso del suolo della Regione Autonoma Sardegna, attraverso la fotointerpretazione, sono state utilizzate: ortofoto AGEA 2003, Ortofoto 2004, immagini Ikonos 2005-06, immagini Landsat 2003, immagini Aster 2004, oltre a materiali ausiliari CTRN10k, DBPrior 10k. La scala di riferimento è 1:25.000, l'unità minima cartografata 0,5 ettari all'interno dell'area urbana e 0,75 ettari nell'area extra urbana.

Si è deciso di utilizzare la suddetta carta dell'uso del suolo in quanto, è stata considerata maggiormente rappresentativa rispetto alla carta, in scala 1:10.000, fornita dall'Ufficio Tecnico del Comune di Desulo.

03.2 VALUTAZIONE PONDERALE DELL'INCIDENZA DEI FATTORI DI SUSCETTIVITÀ FRANOSA

I fattori di suscettività franosa sono stati indicizzati mediante l'attribuzione di pesi numerici proporzionali alla presunta incidenza del singolo fattore sul possibile sviluppo del fenomeno franoso. Mediante questa operazione si sono costruite, per ciascun fattore considerato, le corrispondenti carte pesate dei fattori di suscettività franosa:

Carta dell'acclività pesata, che mette in conto l'intensità della componente gravitativa destabilizzante: è stata costruita accorpendo in classi i valori di acclività e attribuendo a ciascuna classe di acclività i pesi numerici previsti dalle Linee Guida, così come riportato nella tabella che segue:

Classi di acclività e relativi pesi

classi di pendenza	0-10%	10-20%	20-35%	35-50%	> 50%
pesi	+2	+1	0	-1	-2

Carta litologica pesata. Il fattore litologico di suscettività franosa vuole rappresentare l'entità delle forze resistenti, che, per effetto delle peculiari caratteristiche proprie della specifica formazione litologica, si oppongono alle forze destabilizzanti che danno luogo ai potenziali fenomeni franosi. Per litologia si deve pertanto qui intendere un fattore articolato e complesso, valutato da un punto di vista preminentemente geotecnico, che rende conto di tutte le caratteristiche geologico-strutturali, giaciture e fisico-meccaniche dell'ammasso roccioso in relazione al potenziale fenomeno franoso.

Si ribadisce nuovamente che al fine di ottenere la carta litologica pesata, sono state utilizzate anche tutte le informazioni ricavate dai sopralluoghi di campo, dall'analisi di laboratorio eseguite su i campioni prelevati Variante PAI 2013, rilievi geomeccanici eseguiti sulle formazioni riscontrate in sito.

Le LINEE GUIDA riportano che la scala dei valori da applicare alla litologia va da 1 a 10, dove i valori più alti corrispondono ai termini litologici più resistenti, compatti, poco alterati, mentre quelli più bassi ai termini più fragili e sciolti. La tabella di Attribuzione dei pesi alle classi litologiche, fornita a titolo di esempio e basata su condizioni generiche individuabili nel territorio sardo, non riporta descrizioni di tipi litologici sufficientemente aderenti alla situazione specifica rilevata sul campo nel corso dei rilievi eseguiti per il presente studio. A titolo di esempio si riporta il caso delle voci di legenda riferite ai litotipi metamorfici, le quali descrivono le due seguenti situazioni estreme:

Attribuzione dei pesi alle classi litologiche		
Classe	Descrizione	Peso
14	Calcescisti, micascisti, argilloscisti	4
16	gneiss con elevata densità di giunti di fratturazione	5
17	gneiss massicci e con giunti di fratturazione radi	8

È evidente che vengono a mancare le voci descrittive di tutte quelle situazioni intermedie, ampiamente descritte precedentemente, per le quali risulterebbe una forzatura l'inserimento nell'una o nell'altra classe. In particolare, nel territorio in esame, non si hanno invece situazioni di potenti coperture di materiale di alterazione del basamento metamorfico esistente, ma al massimo coltri di filladi fratturate da molto a mediamente alterate dello spessore medio di 1,0 - 3,0 m, che lasciano rapidamente il passo alle filladi fratturate e ad aspetto sano. Quanto sopra riportato ha comportato la necessità di individuare un iter procedurale per la definizione dei pesi, descritto nel seguito.

In fase di rilevamento geologico è stata rilevata un'unica formazione litologica caratterizzante l'intero versante in esame, la quale si presenta nei tre seguenti aspetti:

- 1. Filladi fratturate – alterate;**
- 2. Filladi mediamente fratturate – alterate;**
- 3. Filladi poco fratturate – alterate.**

Al fine di giungere ad una assegnazione dei pesi confacente alla situazione realmente riscontrata sul campo, per ciascuna formazione è stato effettuato il rilievo del maggior numero possibile di dati e caratteristiche geologiche e geologico-geotecniche in corrispondenza di sezioni ed affioramenti ritenuti sufficientemente rappresentativi.

L'assegnazione del peso nel caso delle filladi alterate, è risultato complesso in quanto, hanno una estensione areale tale da dover accertare l'eventualità di una differenziazione interna alla stessa formazione.

Al fine di superare queste problematiche si è stabilito di procedere all'attribuzione di un peso ad una o più sequenze lito-stratigrafiche che comprendano più differenziazioni interne.

Si è proceduto innanzitutto con l'individuare dei “domini lito-stratigrafici”, ove i termini descrittivi, le caratteristiche geotecniche ed i rapporti geometrici dei due litotipi si possano

ragionevolmente definire costanti ed omogenei nel loro insieme. La zonazione è stata definita in base a dati lito-stratigrafici, geologici, geotecnici e geomeccanici, qualitativi e quantitativi, secondo la procedura di seguito descritta.

Considerato che potenze e caratteristiche fisico-meccaniche delle filladi alterate, unitamente ad altri elementi qualitativi, possono influenzare la dinamica del pendio predisponendolo o meno alla franosità, in fase di rilevamento di superficie è stata predisposta una campagna specifica volta a rilevare nel dettaglio quei caratteri diagnostici ritenuti indicativi al fine di giungere ad una stima del grado di pericolosità geomorfologica. Pertanto, in corrispondenza delle numerose sezioni di scavo disponibili nell'area in studio, sono stati rilevati i seguenti dati:

- spessori della coltre di alterazione e, ove possibile, loro variabilità sia in direzione longitudinale che trasversale al versante;
- distinzione nelle sezioni di scavo di livelli a differente grado di alterazione;
- definizione, per ciascuno dei livelli individuati al punto precedente, del grado di alterazione e delle condizioni fisico-meccaniche attraverso la descrizione qualitativa dell'affioramento, previa rimozione dell'areola di alterazione, dello spessore medio di circa 10-30 cm;
- prelievo di campioni rappresentativi delle diverse facies osservate, da sottoporre a confronto con i dati geotecnici ricavati dalla prove di laboratorio eseguite all'interno della VARIANTE 2013.

In base ai dati raccolti si è verificata una certa omogeneità nell'organizzazione, nella sequenza e negli spessori delle alterazioni.

I risultati delle analisi di laboratorio Variante PAI 2013 effettuate sui singoli termini appena descritti (determinazione dei parametri geotecnici della franosità: coesione, angolo di attrito interno) hanno consentito di effettuare una stima della tendenza alla franosità delle sequenze-tipo lito-stratigrafiche anche su basi oggettive e quantitative, piuttosto che esclusivamente descrittive e qualitative.

Detta stima, ha condotto comunque in ultimo alla decisione di attribuzione di tre pesi PAI per la litologia caratterizzante il versante in esame: Formazione delle Filladi grigie del Gennargentu.

Tale azione risulta assolutamente cautelativa, in quanto sono stati assegnati tre pesi rappresentativi con valore medio-basso.

Di seguito viene riportata la tabella, presente nella carta litologica, con l'indicazione delle litologie riscontrate, delle loro condizioni geotecniche e infine, del relativo peso P.A.I..

LITOLOGIA	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	PESO P.A.I.
FORMAZIONE DELLE FILLADI GRIGIE DEL GENNARGENTU. Irregolare alternanza di livelli da decimetrici a metrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi quarzose e filladi ("Postgotlandiano" Auct.). ?CAMBRIANO MEDIO - ?ORDOVICIANO INF.	Discrete – Litologia poco fratturata e alterata	6
FORMAZIONE DELLE FILLADI GRIGIE DEL GENNARGENTU. Irregolare alternanza di livelli da decimetrici a metrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi quarzose e filladi ("Postgotlandiano" Auct.). ?CAMBRIANO MEDIO - ?ORDOVICIANO INF.	Mediocri – Litologia mediamente fratturata e alterata	5
FORMAZIONE DELLE FILLADI GRIGIE DEL GENNARGENTU. Irregolare alternanza di livelli da decimetrici a metrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi quarzose e filladi ("Postgotlandiano" Auct.). ?CAMBRIANO MEDIO - ?ORDOVICIANO INF.	Scarse – Litologia fratturata e alterata	4

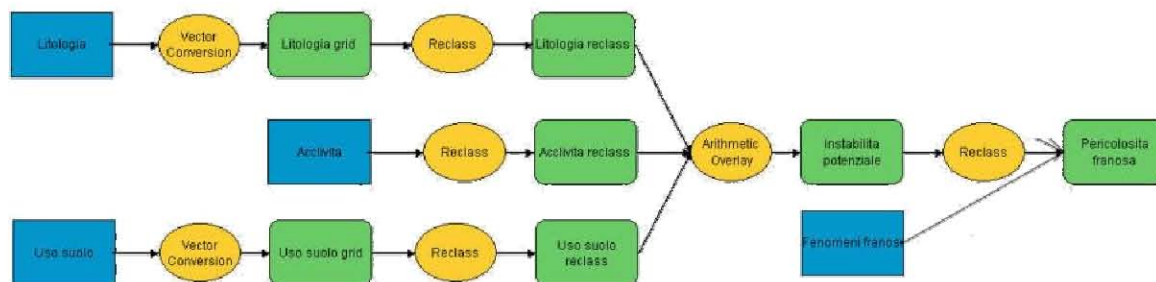
Carta dell'uso del suolo pesato, che prende in considerazione un parametro attivo, esterno al versante e variabile nel tempo, a volte anche rapidamente, e dà una qualche misura dell'impatto della copertura vegetale e dell'attività antropica sulle condizioni di stabilità dei versanti. La presenza di una copertura vegetale, infatti, costituisce una protezione della superficie del terreno dall'azione degli agenti atmosferici e un'azione di consolidamento esercitata dall'apparato radicale. Un bosco ad alto fusto è, generalmente, un impedimento al dissesto idrogeologico (massima impedenza), mentre un terreno lavorato stagionalmente, quindi arato, rappresenta uno scarso impedimento all'erosione e all'instabilità dell'area in esame (impedenza minima o nulla). La carta dell'uso del suolo pesato, quindi, è stata costruita per tutta l'area in studio adottando le medesime classi di uso del suolo e i medesimi pesi previsti dalle Linee Guida del P.A.I.

Classi di uso del suolo e relativi pesi

Classi di Uso del suolo	Pesi
Tessuto discontinuo (extraurbano)	0
Boschi di latifoglie	2
Castagni da frutto	2
Gariga	+2
Aree a pascolo naturale	0
Cespuglieti ed arbusteti	+2
Macchia mediterranea	+2

04. OVERLAY MAPPING DEI TEMATISMI DI SUSCETTIVITÀ FRANOSA

Il processo di overlay mapping delle Carte indicizzate dei fattori di suscettività franosa si è sviluppato secondo il diagramma di flusso rappresentato nella figura seguente:



La sovrapposizione, attraverso processi di overlay mapping, delle Carte indicizzate dei fattori di suscettività franosa ha prodotto, in una prima analisi, il seguente elaborato:

Instabilità potenziale (scala 1:4.000), ottenuta dalla sovrapposizione di acclività pesata, litologia pesata e uso del suolo pesato, in cui ogni area elementare del territorio indagato è caratterizzata da un indice numerico di pericolosità, ottenuto dalla somma aritmetica dei pesi dei fattori di suscettività franosa considerati, che traduce in termini numerici l'influenza che i fattori stessi esercitano sulle condizioni di stabilità dei versanti.

La sovrapposizione, attraverso processi di overlay mapping, delle sopracitate Carte Indicizzate della Litologia (range +1 ÷ +9), dell'Acclività (range -2 ÷ +2) e dell'Uso del Suolo (range -2 ÷ +2) produce quindi una cartografia di prima sintesi della pericolosità franosa dell'area considerata (range -3 ÷ +13), in cui ogni area elementare del territorio studiato viene caratterizzata da un indice numerico di pericolosità, ottenuto dalla somma aritmetica dei pesi dei tre fattori considerati, che traduce in termini numerici l'influenza che i tre fattori esercitano sulle condizioni di stabilità dei versanti.

In accordo con quanto previsto dalle Linee Guida del P.A.I., il range dell'indice numerico di pericolosità è stato suddiviso in quattro classi di differente grado di pericolosità, di pari ampiezza, secondo lo schema di seguito riportato:

Classe Hg1	→ pericolosità moderata	→ ultimo quarto dei pesi (range +9 ÷ +13)
Classe Hg2	→ pericolosità media	→ terzo quarto dei pesi (range +5 ÷ +9)
Classe Hg3	→ pericolosità elevata	→ secondo quarto dei pesi (range +1 ÷ +5)
Classe Hg4	→ pericolosità molto elevata	→ primo quarto dei pesi (range -3 ÷ +1)

Dalla Carta dell'instabilità potenziale, dall'osservazione della Carta Geomorfologica e dall'analisi dei risultati delle verifiche di stabilità dei versanti realizzate, si è infine ottenuta la seguente carta di sintesi di pericolosità franosa:

Pericolosità di frana (scala 1:4.000), che rappresenta la carta di sintesi finale, nella quale tutto il territorio indagato è stato perimetrato secondo aree a diverso grado di pericolosità franosa. In accordo con quanto previsto dalle Linee Guida del PAI, la zonazione di pericolosità franosa è stata effettuata suddividendo il range dell'indice numerico di pericolosità, prodotto dalla sovrapposizione dei tematismi, in quattro classi di differente grado di pericolosità, di pari ampiezza, secondo lo schema di seguito riportato:

Classe	Intensità	Peso
Hg1	Moderata	0,25 (ultimo quarto dei pesi)
Hg2	Media	0,50 (terzo quarto dei pesi)
Hg3	Elevata	0,75 (secondo quarto dei pesi)
Hg4	Molto elevata	1,00 (primo quarto dei pesi)

Al fine di evitare l'eccessiva dispersione della zonazione di pericolosità in classi troppo frammentate, così come risulterebbero dalla semplice sovrapposizione dei tematismi pesati per effetto dell'elevato grado di dettaglio delle elaborazioni (pixel di 25x25 m), la carta di sintesi della pericolosità franosa è stata corretta procedendo all'accorpamento delle classi di pericolosità troppo disperse e frammentate, seguendo il criterio di omogeneizzare piccole aree contigue e differenziate alla classe di pericolosità più frequente o, cautelativamente, a parità di frequenza, alla classe di pericolosità più elevata.

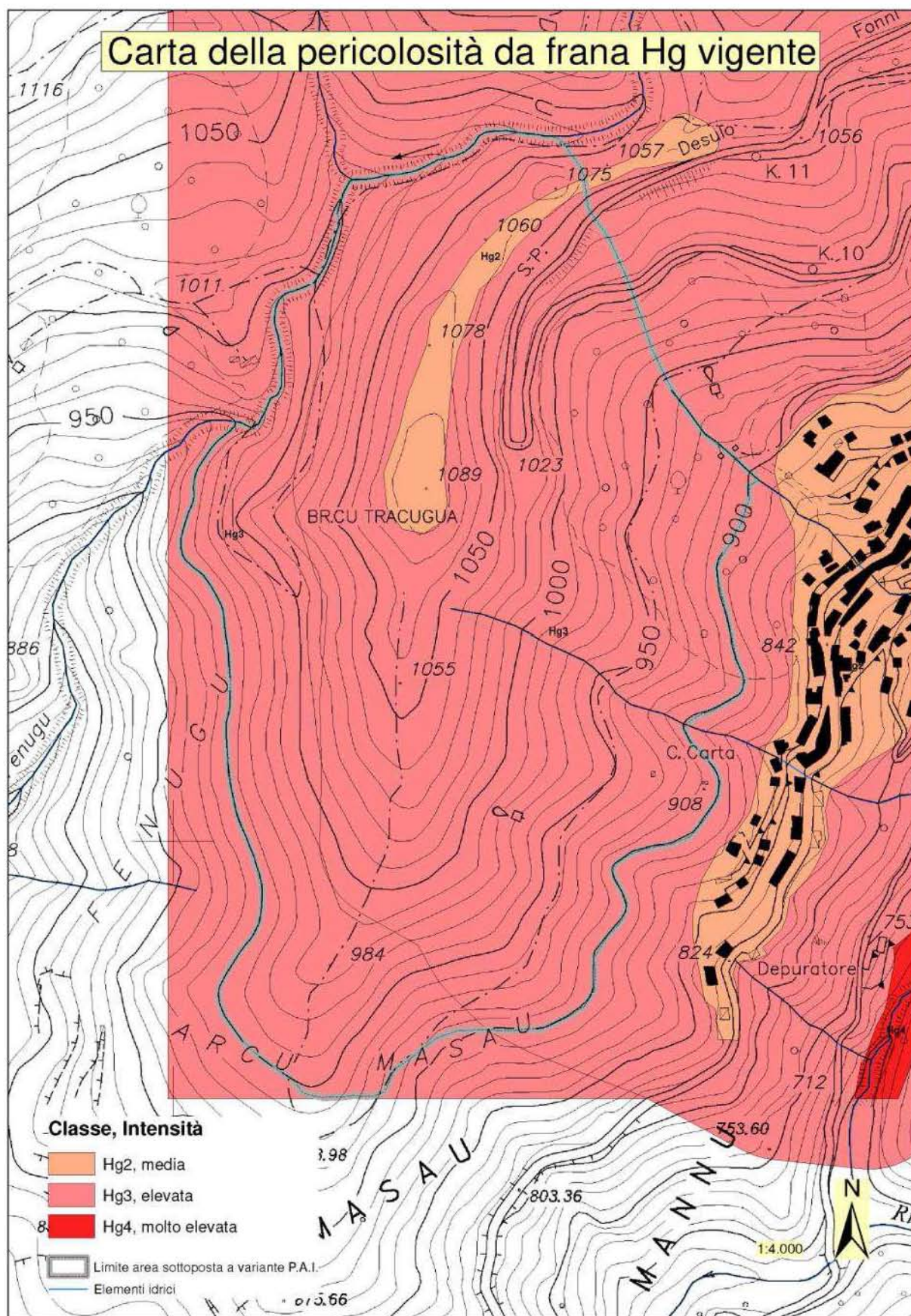


Figura 6: Perimetrazioni P.A.I. vigente Hg

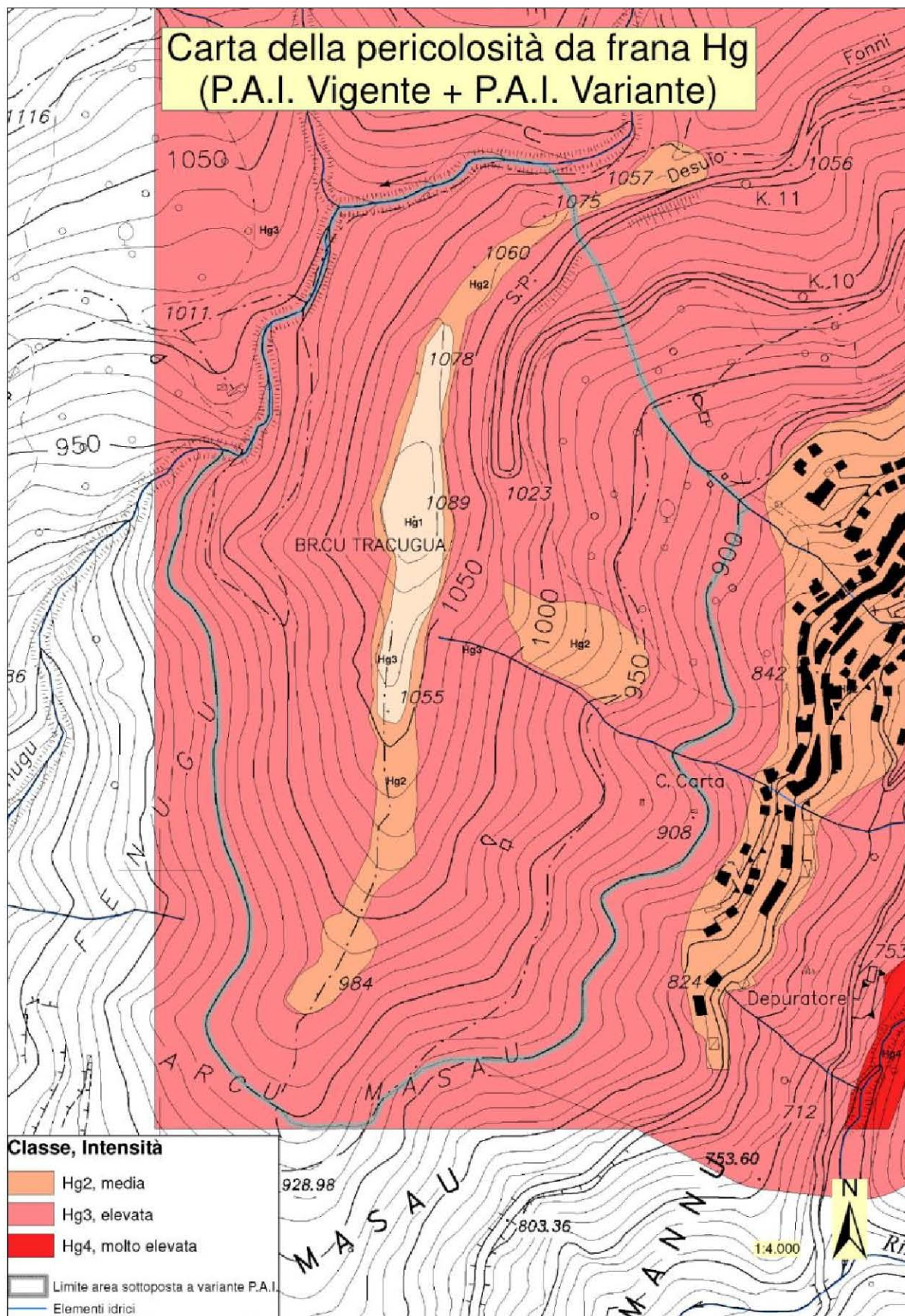


Figura 7: Carta della Pericolosità di frana Hg proposta nel presente studio

La figura 5 è relativa alle perimetrazioni P.A.I. vigenti, con rappresentate le classi di pericolosità franosa Hg. Infine, la figura 6, mostra il risultato finale del presente studio di proposta variante al P.A.I.. Come si può osservare dalle suddette figure, per quanto riguarda l'area in esame, è stata quasi completamente confermata la pericolosità di frana vigente Hg3 elevata, mentre, in diversi casi, si propone un declassamento del grado di pericolosità Hg3 a quello Hg2 e da Hg2 a quello Hg1.

Nei capitoli successivi verrà illustrato il procedimento utilizzato al fine di pervenire alle nuove perimetrazioni Hg relative alla presente proposta di Variante al PAI frane (figura 6).

05. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Dal punto di vista litostratigrafico il territorio del Comune di Desulo (NU) può essere suddiviso in tre principali tipologie litologiche, descritte di seguito:

- I Depositi sedimentari del Quaternario (Olocene – Pleistocene);
- Il Complesso Intrusivo e Filoniano del Ciclo Ercinico (Carbonifero - Permiano);
- Il Complesso Metamorfico dell'Unità Tettonica della Barbagia (Cambriano - Ordoviciano).

Le litologie caratterizzanti il territorio comunale di Desulo, sono costituite da sedici classi litologiche. Nella seguente descrizione dell'inquadramento geologico generale, si è ritenuto opportuno, per una maggior facilità di inquadramento, accorpare le suddette quindici litologie nelle tre seguenti classi generali.

DEPOSITI SEDIMENTARI QUATERNARI

Le formazioni sedimentarie quaternarie presenti all'interno del territorio comunale vanno ad interessare circa il 12% dell'intera zona. Siamo quindi in presenza di:

- b2: Coltri eluvio colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica (OLOCENE);
- b: Depositi alluvionali (OLOCENE);
- a: Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. (OLOCENE).

I tipi litologici appartenenti al Quaternario rilevati nel Comune di Desulo sono stati tutti depositi in facies continentale, essendo depositi di natura alluvionale e colluviale geneticamente legati alle variazioni climatiche del Quaternario ed alle conseguenti variazioni del profilo di base dei corsi d'acqua. Essi sono scarsamente e frammentariamente distribuiti all'interno dell'area in esame, eccezion fatta per le alluvioni dei corsi d'acqua attuali, per i coni di detrito.

Le alluvioni del Pleistocene sup. sono depositi ghiaiosi eterometrici e poligenici, poco coerenti, immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa che si presenta con una colorazione debolmente arrossata.

I ciottoli assumono varie dimensioni, da pochi cm di diametro a quasi 1 metro; sono mal classati, con una disposizione caotica. Sono composti da clasti sferoidali prevalentemente di granito e porfido rosato microgranulare quasi poco alterati ed infine da ciottoli isolati di quarzo.

Altri depositi importanti a causa della loro frequenza sono i con di detrito accumulati nei canaloni e nei solchi di ruscellamento dei rilievi, derivati dall'azione di disaggregazione meccanica delle rocce paleozoiche in tempi recenti e attuali, ma anche di probabile natura crioclastica e quindi, ipoteticamente, di genesi precedente. Sono distribuiti per tutta l'ampiezza dell'area esaminata interessando le formazioni granitiche paleozoiche; a causa probabilmente della loro composizione litologica e quindi del loro modo di rispondere alle sollecitazioni degli agenti erosivi, principalmente acqua e gravità, non si trovano immersi in una matrice che possa in qualche modo cementarli e trattenerli, quindi questi accumuli si rinvengono allo stato sciolto. In questo caso i clasti sono spigolosi, di dimensioni spesso piuttosto contenute e comunque selezionati granulometricamente dall'alto verso il basso.

Presenti, inoltre, anche con detritici impostati sui graniti, i quali si presentano con clasti più arrotondati e, soprattutto, immersi in una matrice sabbioso-argillosa che ha contribuito a legare ed a trattenere il deposito in posto permettendo l'instaurarsi di fenomeni pedogenetici con conseguente crescita della vegetazione che nasconde questi depositi alla vista.

I depositi incoerenti costituiscono infine il materasso alluvionale degli alvei attuali. Sono costituiti da ciottoli e trovanti di litologie paleozoiche anche di notevoli dimensioni, a testimoniare l'elevata energia di trasporto dei fiumi in occasione di eventi idrologici importanti, non infrequenti nella zona, e da sabbie più o meno grossolane. I massi ed i ciottoli di grandi dimensioni si rinvengono frequentemente dispersi entro gli alvei dei corsi d'acqua in maniera caotica.

COMPLESSO INTRUSIVO E FILONIANO DEL CICLO ERCINICO

L'unità magmatica intrusiva va ad interessare circa il 20% del territorio comunale di Desulo.

Le formazioni granitiche variano da granodioriti monzogranitiche a biotite inequigranulari, granodioriti. Il batolite granitico, e sovente attraversato da corpi filoniani, costituiti da porfidi di colore rossastro, porfidi granitici di colore giallastro tendenti ad aplitici e pegmatitici, filoni di porfido quarzifero di colore bianco rosato con struttura parzialmente cristallina. Talvolta sono presenti filoni e ammassi di micrograniti di modesto spessore.

I litotipi intrusivi sono costituiti da granodioriti monzogranitiche e granodioriti inequigranulari. La struttura dei graniti è olocristallina cioè data da minerali ben cristallizzati. Le

granodioriti presentano una grana da media a minuta, colore variabile da grigio chiaro a grigio scuro, struttura inequigranulare e tessitura orientata determinata dalla presenza di anfiboli e biotiti di grosse dimensioni.

Sono costituite in prevalenza da plagioclasio sodico-calcico (andesina), feldspato di potassio, quarzo e minerali femici quali orneblenda e biotite; questi ultimi sono presenti in maggiori percentuali rispetto ai graniti in senso stretto. Il granito, molto spesso, appare arenizzato costituendo, a tratti, dei veri e propri sabbioni di alterazione.

Nei litotipi granitici si rinvencono degli inclusi a struttura cipollare con tessitura più fine e colore scuro rispetto alla roccia incassante. All'interno della formazione granitoide, come evento petrogenetico successivo, si rilevano sistemi di filoni acidi di porfido granitico di colore rosso e porfido quarzifero di colore generalmente chiaro dovuto alla forte presenza di minerali sialici.

La messa in posto dei filoni è avvenuta in parte contemporaneamente alla risalita e al raffreddamento dei plutoni intrusivi, secondo direzioni coincidenti generalmente con i lineamenti tettonici regionali (NE-SW e NW-SE). L'andamento di queste linee di frattura ha influenzato fortemente i rapporti di giacitura, la struttura e la morfologia di vaste zone del territorio, come ad esempio l'andamento dei corsi d'acqua e l'allineamento dei rilievi.

I filoni di porfido granitico hanno una lunghezza variabile da qualche decimetro fino ad alcuni chilometri. Talvolta scompaiono alla vista o perché più brevi o perché localmente interrotti o ricoperti dai loro stessi prodotti detritici.

I filoni aplitici (quarziferi) più abbondanti dei precedenti, sono in genere più compatti, orientati in direzioni variabili all'interno della massa granitica. Il colore generalmente chiaro varia dal bianco al rosato, la loro potenza raramente supera qualche decina di cm.

IL COMPLESSO METAMORFICO DELL'UNITÀ TETTONICA DELLA BARBAGIA

Le formazioni metamorfiche del Paleozoico presenti all'interno del territorio comunale vanno ad interessare circa il 70% dell'intero settore amministrativo. Siamo quindi in presenza di:

SCISTI A GRAPTOLITI AUCT. Metapeliti carboniose e metasiltiti con graptoliti; intercalati livelli di diaspri neri (liditi). **SILURIANO - DEVONIANO MEDIO**

Litofacies nella FORMAZIONE DI MONTE SANTA VITTORIA. Metagrovacche vulcaniche e metavulcaniti; probabili originarie piroclastiti a chimismo intermedio-basico ("formazione di Serra Tonnai" Auct.). **ORDOVICIANO ?MEDIO**

Litofacies nella FORMAZIONE DI MONTE SANTA VITTORIA. Metaepiclastiti: metaepiclastiti a matrice vulcanica, metaquarzogrovacche e metarenarie, metaconglomerati a prevalenti componenti di vulcaniti acide ("formazione di Manixeddu" Auct.). ORDOVICIANO ?MEDI

Litofacies negli SCISTI A GRAPTOLITI AUCT. Metacalcari. Metacalcari scuri e metacalcari nodulari fossiliferi. SILURIANO - DEVONIANO MEDIO

FORMAZIONE DI ORROELEDU. Alternanze irregolari di metarenarie, metarenarie quarzose talora grossolane, filladi e metasiltiti talora fossilifere, con intercalazioni di metaconglomerati minuti in strati decimetrici. ORDOVICIANO SUP.

FORMAZIONE DELLE FILLADI GRIGIE DEL GENNARGENTU. Irregolare alternanza di livelli da decimetrici a metrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi quarzose e filladi ("Postgotlandiano" Auct.). ?CAMBRIANO MEDIO - ?ORDOVICIANO INF.

I terreni paleozoici caratterizzano l'intero territorio comunale di Desulo con rapporti stratigrafici, tra le varie formazioni, complessi e di difficile interpretazione.

Le formazioni metamorfiche affioranti in modo esteso e continuo in tutto il territorio comunale di Desulo, si presentano con successioni stratigrafiche molto caotiche e di non facile interpretazione.

Da sud, spostandoci verso la parte centrale, affiorano invece le famiglie di granitici ercinici, unitamente al sistema filoniano le cui direzioni predominanti segue la direttrice NO - SE.

Nel territorio oggetto di studio, si distinguono schematicamente le seguenti formazioni litologiche:

Basamento metamorfico: composto dalla Formazione delle Filladi grigie del Gennargentu, appartenenti alla unità tettonica della Barbagia. Risulta essere costituita da scisti, metarenarie quarzose e micacee, filladi, filladi quarzose metapeliti e metasiltiti. Si tratta di una successione terrigena, il cui spessore non è valutabile, e in cui appaiono in affioramento gli scisti nell'area posta subito a sud rispetto al centro abitato. Si presentano localmente fratturati, a volte, all'interno delle linee di fratturazione, si ritrovano lineazioni quarzose di spessore variabile.

In alcuni casi la somiglianza con le successioni cambro-ordoviciane del Sarrabus – Gerrei è molto netta, in altri casi prevalgono invece termini più quarziticci o metarenarie a grana fine e metasiltiti. Lo spessore originario della formazione non è valutabile a causa della intensa e

complessa deformazione; lo spessore apparente si aggira sui 2000 m. Questa formazione si sovrappone tettonicamente alle formazioni dell'Unità di Meana Sardo.

Inoltre, il suddetto complesso metamorfico, che si estende tra Austis e Sorgono, va ad interessare anche la parte più ad Est, comprendente i territori di Tonara, Desulo, Aritzo, Belvì, Gadoni.

Il settore oggetto di studio – Proposta di Variante al PAI Hg, è caratterizzato dalla presenza della suddetta formazione metamorfica delle Filladi grigie del Gennargentu, ad aspetto fratturato/alterato e sano.

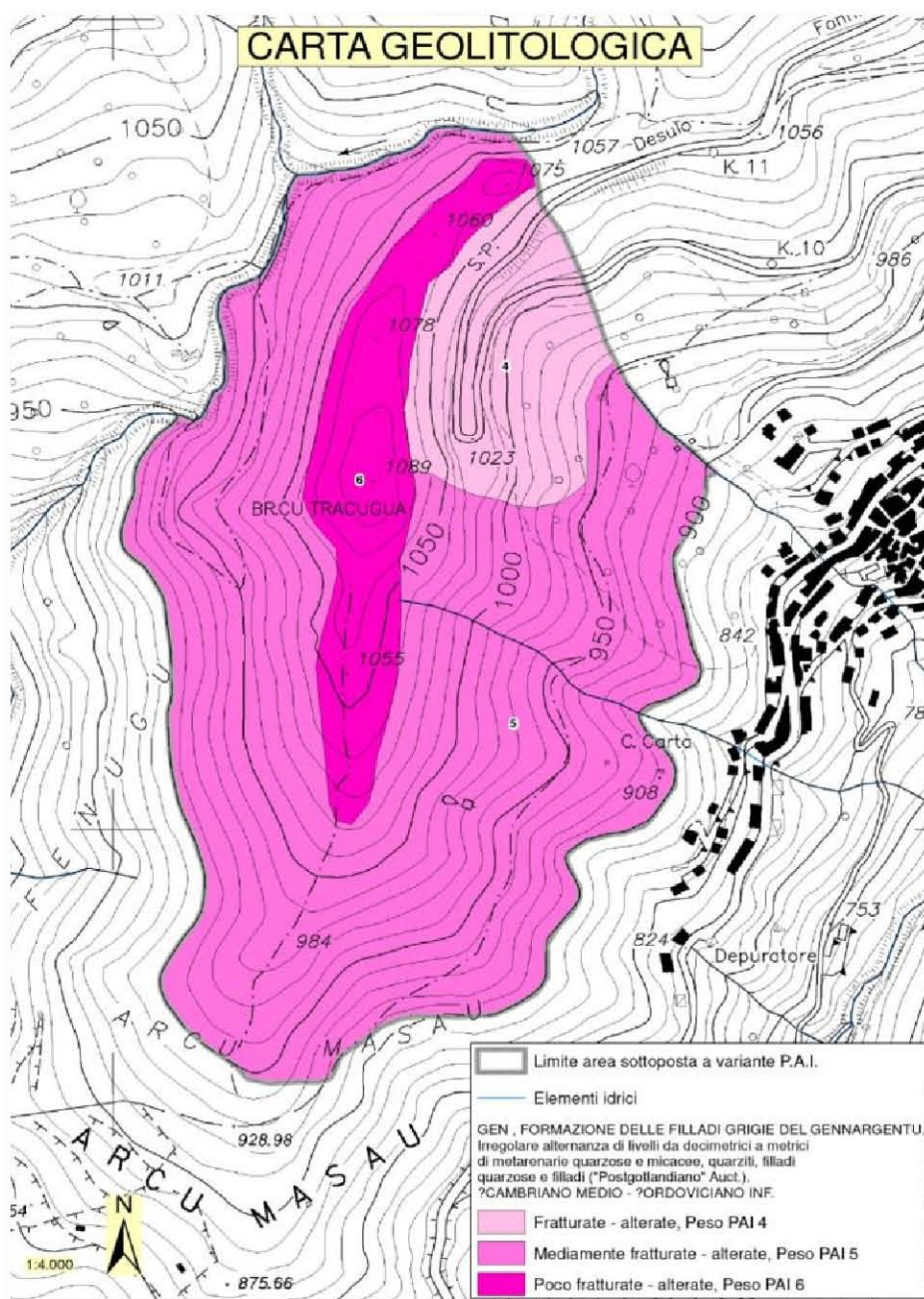


Figura 8: Carta geolitologica e Area soggetta a Proposta di Variante P.A.I. Hg

06. CARATTERI GEOSTRUTTURALI GENERALI

L'area in esame è caratterizzata da affioramenti rocciosi cartografabili con discreta precisione in quanto ubicati al di fuori del centro abitato, quindi con assenza di edificazione continua. Il rilevamento è stato eseguito con maggiore precisione lungo le scarpate degli scavi che hanno permesso di analizzare l'assetto stratigrafico e le caratteristiche geologico-strutturali delle unità e dei litotipi affioranti. L'assetto geologico-strutturale regionale rappresenta il risultato degli eventi geodinamici che hanno interessato il territorio sardo e principalmente legati ai cicli orogenetici ercinico e secondariamente alpino.

All'orogenesi ercinica sono imputabili i più intensi fenomeni plicativi e metamorfici che hanno interessato le formazioni paleozoiche ed hanno determinato la messa in posto dei plutoni intrusivi e la caratterizzazione geologico-strutturale del basamento sardo secondo direttrici fondamentali successivamente riprese in episodi successivi. La fase successiva è stata essenzialmente di carattere trascorrente e ha generato sistemi di faglie orientate secondo due gruppi di direttrici principali, NE-SW e NNW-SSE. La fase alpina ha ripreso alcune delle direttrici più antiche e generando inoltre strutture dirette principalmente N-S e NW-SE.

Alle fratture di chiara origine tettonica si debbono aggiungere quelle prevalentemente suborizzontali. Queste considerazioni permettono facilmente di comprendere come la distribuzione estremamente eterogenea delle fratture possa difficilmente essere ricondotta a uno o più schemi secondo i motivi strutturali della regione. I corpi rocciosi metamorfici, essendosi formati in un arco di tempo piuttosto ampio, portano i segni più evidenti della complessa geodinamica regionale.

07. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI GENERALI

Dal punto di vista fisiografico nella zona domina un paesaggio collinare - montuoso con quote variabili da 800,0 m s.l.m. a 1089,0 m s.l.m.

L'area oggetto di studio, viene individuata all'interno del sistema montano - collinare di origine metamorfica che caratterizza l'agro del comune di Desulo. In particolare, l'area oggetto di intervento, comprende le località Melanu – Battianule – Bruncu Tracugua (1094,0 m s.l.m.).

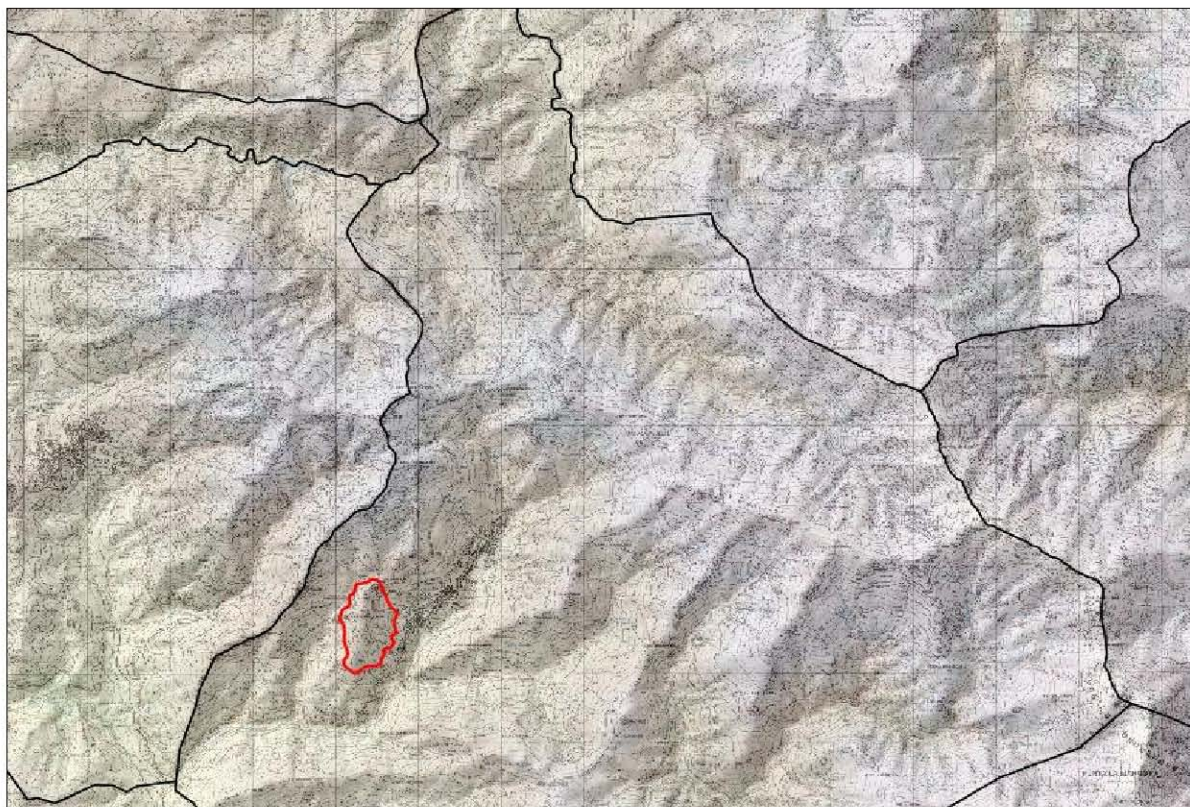


Figura 9: Ubicazione area in esame e modello digitale DEM – Sfondo base cartografica I.G.M.

La quasi totalità delle forme di versante risulta abbastanza dolce, con rotture di pendio maggiormente accentuate in corrispondenza di affioramenti litologici lapidei, più resistenti nei confronti dell'azione modellatrice degli agenti esogeni.

L'assetto morfologico dell'intera zona è ben strutturato in due unità con caratteristiche omogenee: la fascia montuosa e la fascia pedemontana.

La prima risulta costituita principalmente dalla estesa formazione metamorfica ercinica delle Filladi grigie del Gennargentu (Paleozoico).

La fascia montuosa, inoltre, è modellata dall'idrografia superficiale, che nel corso del tempo ha trasmesso all'area un aspetto particolare, definito, in letteratura geomorfologia, "maturo". Le numerose diaclasi presenti nelle suddette litologie ne hanno governato fortemente l'evoluzione

morfologica in quanto, essendo zone di maggiore debolezza, hanno consentito agli agenti meteoroclimatici di esplicare un elevato potere erosivo.

I rilievi quindi si presentano con forme più o meno accidentate a seconda della loro costituzione litologica; le litologie di origine metamorfica in particolare, quando interessate da fratture, appaiono in forte risalto ed emergono con versanti ripidi e scoscesi, incisi da profondi canali di erosione. Sovente originano creste rocciose molto marcate, dirupi e picchi rocciosi.

La fascia pedemontana, invece, caratterizzata dalla presenza di formazioni metamorfiche e sedimentarie, presenta un'inclinazione media, determinata anche dalla presenza dei prodotti sabbiosi di alterazione dei vari litotipi di origine metamorfica, sovrastati da sedimenti e suoli di età quaternaria. L'erosione di tipo selettivo, infatti, fa sì che gli agenti esogeni agiscano in maniera differente a seconda del litotipo presente, provocando, in tal modo, cambiamenti anche bruschi del contesto morfologico. Durante il Quaternario, l'evoluzione dei processi geomorfici sui versanti, strettamente legata alle variazioni climatiche ed ai movimenti tettonici plio-quaternari, ha dato luogo all'inversione del rilievo determinando l'accumulo dei prodotti alla base dei versanti.

Nelle litologie sopra menzionate, appare evidente che il ruscellamento superficiale non sia rilevante rispetto all'infiltrazione, in quanto i sedimenti sabbiosi-limosi, fungendo da letto permeabile, favoriscono la penetrazione da parte delle acque meteoriche.

La macchia mediterranea, presente per notevoli estensioni, assolve tuttavia al compito, seppure parziale, di regimazione delle acque meteoriche.

Per quanto concerne l'idrografia, il bacino idrografico di riferimento è quello appartenente al Riu Frummene, che scorre alla base dell'abitato di Desulo. L'area in esame non è interessata dalla presenza di corsi d'acqua o compluvi naturali-artificiali di raccolta acque.

Il microclima presente favorisce la crescita di una vegetazione costituita prevalentemente da macchia mediterranea e arbusti di medie dimensioni.

L'altimetria della suddetta zona interessata dai lavori in progetto, è pari a 950,0 metri s.l.m..

Oltre ai sistemi morfologici naturali e ai conseguenti processi geomorfici agenti, sui quali non ci soffermeremo oltre, si evidenziano, in tutto il settore, frequenti modificazioni del paesaggio indotte dall'azione antropica, quest'ultima in continua evoluzione.

Queste "Unità Geomorfologiche" presentano caratteristiche omogenee sia nelle forme del rilievo che nella prevalenza di certe dinamiche geomorfologiche sulle altre; tuttavia se scendiamo in dettaglio nell'individuazione degli elementi fisiografici e morfogenetici, al loro interno si potranno

individuare subunità più piccole con caratteristiche omogenee. E' importante sottolineare che queste "Unità" non rappresentano porzioni di territorio a sé stanti ma sistemi aperti in cui i processi morfogenetici condizionano o sono condizionati da elementi delle aree attigue in modo tale che le unità tendono a raggiungere condizioni di reciproco equilibrio dinamico nell'evoluzione del rilievo.

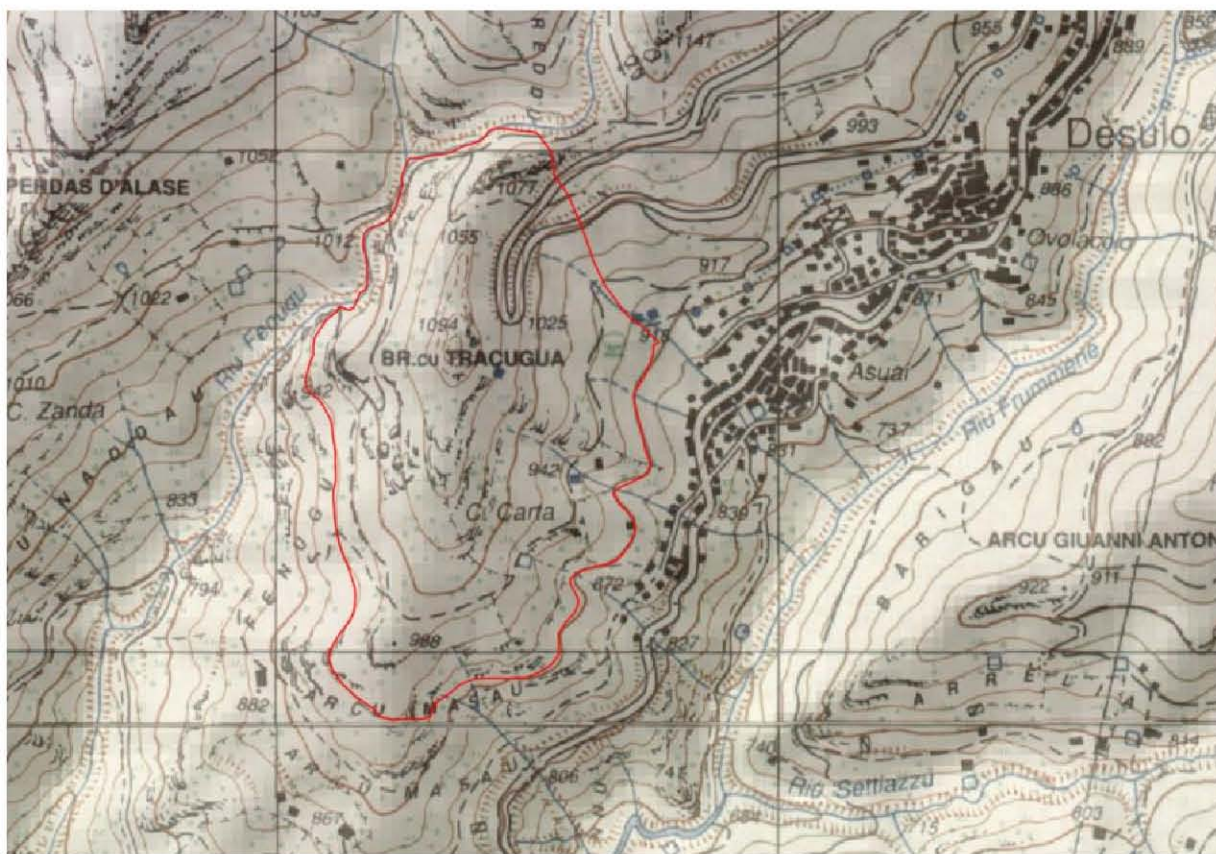


Figura 10: Ubicazione area in esame e modello digitale DEM – Sfondo base cartografica I.G.M. - DETTAGLIO

08. ASPETTI IDROGEOLOGICI: SCHEMA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA

Lo studio idrogeologico del settore in esame è basato sull'analisi dei fattori che influenzano la dinamica della circolazione idrica sotterranea e superficiale. Essi sono la geologia, la struttura e la giacitura delle varie litologie affioranti, nonché la morfologia, la climatologia e la vegetazione. Anche le opere antropiche possono influenzare l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo o facilitarne lo scorrimento superficiale.

Il regime idrologico dei fiumi - torrenti è fortemente influenzato dalle caratteristiche litologiche dei rispettivi bacini. Infatti, la media permeabilità del complesso metamorfico paleozoico ercinico, se ad aspetto litoide massivo, che costituisce la facies litologica dominante nella parte a monte del bacino, garantisce un discreto deflusso delle acque meteoriche e limita le perdite quasi esclusivamente per infiltrazione e per evapotraspirazione; le restanti facies litologiche presenti, sebbene semipermeabili e localmente permeabili, non rappresentano un ostacolo al deflusso delle acque, sia perché poco estese rispetto al complesso impermeabile, sia a causa della potenza piuttosto ridotta.

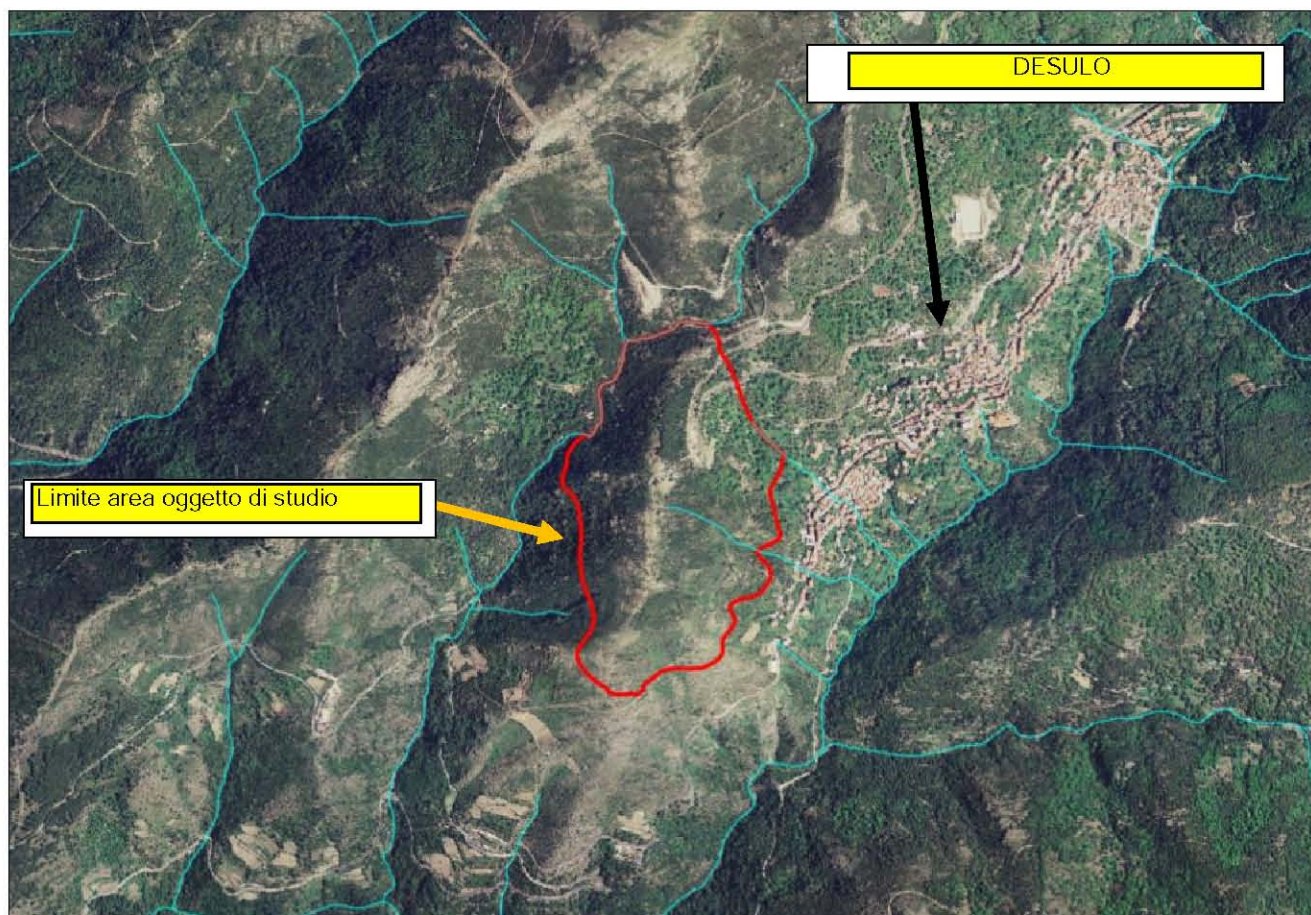


Figura 11: Reticolo idrografico superficiale e limite area oggetto di Proposta di Variante al PAI Hg

Il territorio comunale di Desulo è drenato dai bacini montani del rio Settiazzzu - rio Fremmene a NE, che alimentano il più importante Riu Uatzo. Il centro abitato risulta invece ubicato in prossimità del suddetto corso d'acqua Riu Fremmene e relativi affluenti.

L'area oggetto di studio e di proposta di Variante al PAI, comprende anche quattro compluvi. Il primo ubicato nella parte ovest, Riu Fenugu, mentre ai due compluvi, ubicati nella parte a est, gli è stato attribuito il codice SIT RAS pari a fiume_3289 e fiume_3290. Il compluvio ubicato a nord è quello relativo al Riu Laghini.

La forma ed i diversi parametri che caratterizzano i reticoli idrografici sono influenzati dall'assetto tettonico e dalle litologie su cui insistono.

Nel territorio comunale si distinguono due litologie principali, complesso terrigeno metamorfico del Paleozoico e coltri di alterazione del Quaternario, che rispondono in maniera differente all'azione delle acque di precipitazione, sia in termini di permeabilità che di erodibilità.

I due litotipi, da mediamente a poco permeabili, a scala generale, hanno favorito lo sviluppo di una rete idrografica assai articolata e ben gerarchizzata ad andamento dendritico e subordinatamente meandriforme. Il regime dei corsi d'acqua è di tipo torrentizio.

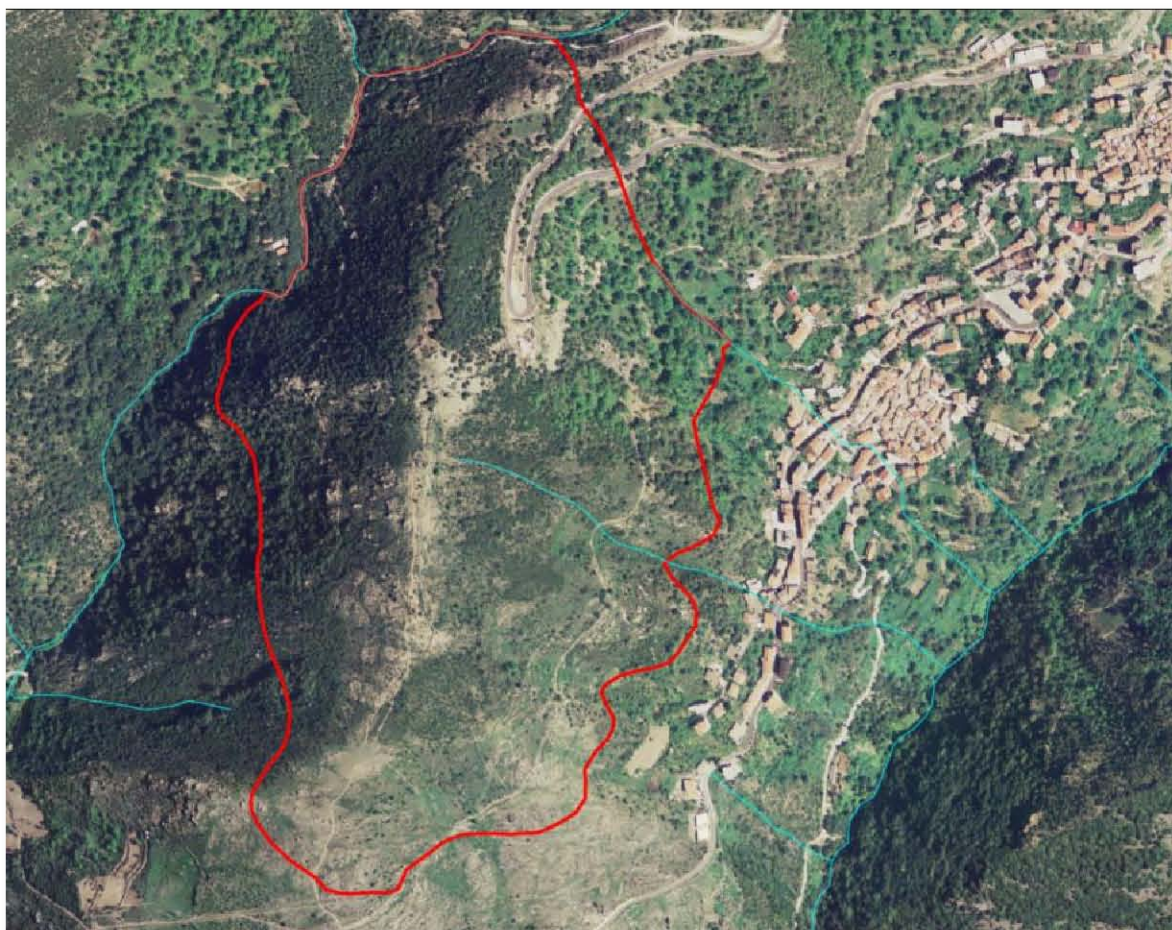


Figura 12: Area oggetto di proposta VARIANTE al PAI e corpi idrici superficiali - DETTAGLIO

Dal punto di vista idrogeologico, il territorio è caratterizzato dalla media permeabilità della formazione metamorfica e infine dalla medio - alta permeabilità della coltre limosa-sabbiosa di alterazione - depositi olocenici.

In assenza di dati ricavati da prove di emungimento e/o di portata eseguibili su pozzi prossimi all'area in studio, e in assenza di risultati da prove di laboratorio realizzate su campioni di terreno indisturbati, sono stati assunti dei parametri medi di conducibilità idraulica (capacità di spostamento dell'acqua sotterranea nel mezzo saturo), tipici di queste formazioni, al fine di valutare le caratteristiche idrogeologiche delle unità litologiche presenti.

Bisogna precisare che le unità idrogeologiche riscontrate sono interessate da una permeabilità K, che, in alcuni casi è per porosità e in altri per fessurazione.

Per quanto riguarda il complesso metamorfico, il quale rappresenta la litologia predominante all'interno dell'intera area in studio, siamo in presenza di due valori di permeabilità, uno per il complesso sano massivo, 10^{-9} - 10^{-11} m/s, e il secondo relativo ad un acquifero interessato da sistemi di fratture, quindi con una K compresa tra 10^{-6} - 10^{-7} m/s.

In definitiva, è stato riconosciuto un complesso idrogeologico principale facente parte del complesso terrigeno metamorfico paleozoico. Tale acquifero, ospita delle falde idriche in pressione profonde.

Non risultano presenti falde idriche superficiali che possono favorire eventuali movimenti franosi nel settore in esame proposto con variazione delle classi di pericolosità franosa Hg.

Non sono presenti manifestazioni sorgentizie nel settore oggetto di studio Proposta di al Variante al P.A.I. frane.

09. LINEAMENTI CLIMATICI

L'inquadramento idrogeologico e geomorfologico non può prescindere da un'attenta analisi dei parametri microclimatici relativi alla zona in studio. Tale premessa, in numerosi casi, rimane teorica e poco applicabile, sia per la difficoltà oggettiva di reperire dati statistici presso gli enti preposti, sia per le frequenti carenze quali-quantitative da cui essi sono affetti.

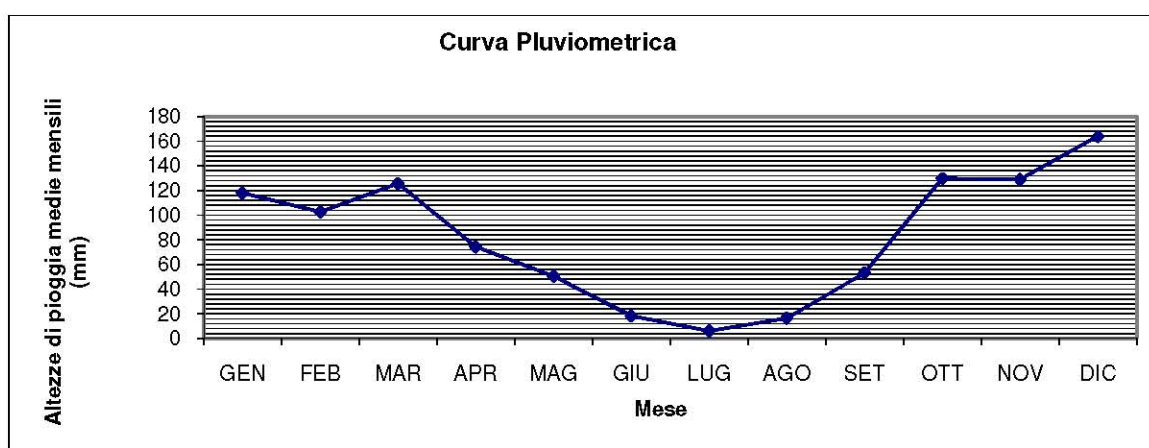
Nella fattispecie la presenza di una stazione pluviometrica nel vicino comune di Desulo (920 m s.l.m.) costituisce una circostanza estremamente positiva, consentendo di fruire di dati strettamente correlati all'area di indagine e quindi assai rappresentativi della reale situazione in situ, sia pure attraverso le necessarie mediazioni statistiche. I dati acquisiti dal Nuovo SISS sono relativi ad un modulo di 70 anni calcolato dal 1922 al 1992.

Il quadro di acquisizione dei dati è stato completato con quelli termometrici relativi sempre alla stazione di Desulo (920,0 m s.l.m.). Anche in questo caso i tempi di osservazione sono lunghi e con un modulo di 41 anni (1951-1992).

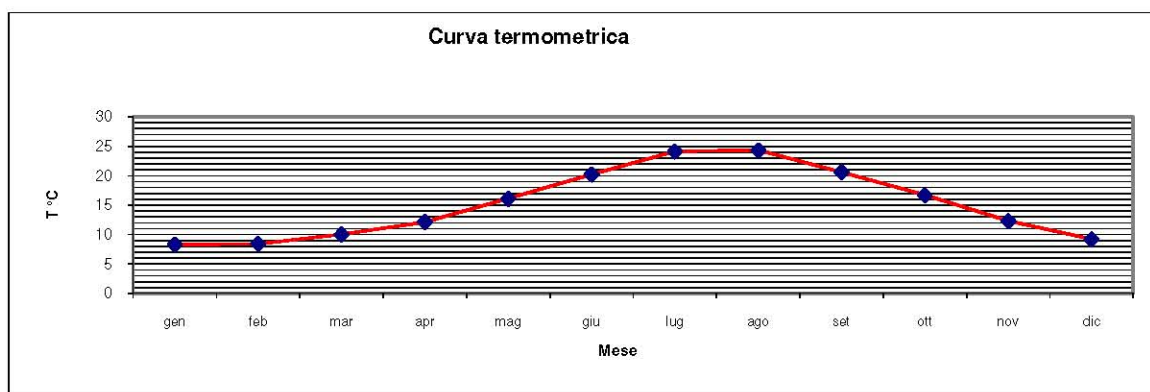
Il regime delle precipitazioni evidenzia una sostanziale omogeneità con quello medio delle coste della Sardegna, pur attestandosi su valori leggermente inferiori alla media regionale.

Le piogge si concentrano soprattutto nella stagione autunnale, con eventi più rari nei primi mesi dell'inverno che tendono a decrescere rapidamente con l'approssimarsi della primavera e a scomparire quasi completamente in estate.

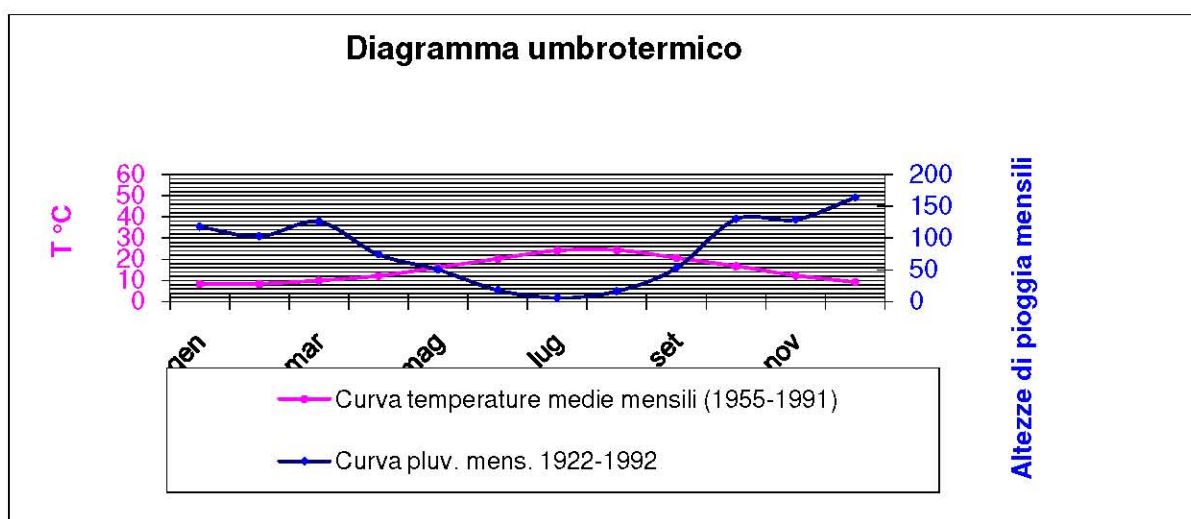
L'andamento delle precipitazioni è rappresentato dal sottostante grafico in base al quale, il minimo si colloca in luglio, con una media mensile di soli 6,1 mm di pioggia; il massimo assoluto si registra nel mese di dicembre, con 163,8 mm di pioggia.



L'andamento delle temperature manifesta, com'era lecito attendersi, un trend esattamente opposto, con valori più bassi nei mesi invernali, il cui minimo si registra a gennaio con media diurna di 8,3 °C, e temperature più elevate nel periodo estivo con il massimo diurno assoluto ad agosto (24,3 °C). Di seguito è mostrato il grafico delle temperature medie diurne.



La conoscenza delle medie pluviometriche e termometriche consente di caratterizzare quantitativamente il microclima dell'area in oggetto fornendo i parametri necessari all'impostazione dello studio idrogeologico. A tale scopo è opportuno fornire un quadro sintetico delle informazioni contenute nei due grafici sopra descritti, giungendo ad una sintesi che consenta di interpolare la tipologia climatica del sito relativamente ai periodi di maggiore apporto idrico ed a quelli in cui è prevalente il deficit idrometrico. Attraverso la fusione dei grafici precedenti si ottiene un ulteriore diagramma di sintesi, denominato umbrotermico, in cui è possibile riconoscere durata e collocazione temporale del periodo di aridità:



L'intervallo compreso tra le intersezioni delle due curve corrisponde alla durata del periodo di aridità che, nella fattispecie, si colloca tra maggio e settembre, in linea con quanto si registra comunemente nelle zone costiere della Sardegna. Nel periodo estivo si avrà, pertanto, un notevole deficit igrometrico con una prevalenza dell'evapotraspirazione sul bilancio idrologico, mentre il periodo autunno-invernale, caratterizzato da temperature più basse e precipitazioni più intense consentirà di chiudere in attivo il bilancio delle risorse idriche superficiali e sotterranee, con un positivo riscontro per l'alimentazione di sorgenti, pozzi e corsi d'acqua. **Potenziati eventi pluviometrici estremi non potranno compromettere la stabilità del settore in esame in riferimento alle aree proposte con una pericolosità franosa inferiore rispetto a quella attuale.**

10. CARATTERI LITO-STRATIGRAFICI LOCALI DELL'AREA IN ESAME

Ai fini della caratterizzazione litostratigrafica dell'area interessata dal presente studio di variante al P.A.I., è stato realizzato un rilevamento geologico - geomeccanico dell'intera zona in esame – versante a monte del centro abitato di Desulo e rilievo montuoso del Bruncu Tracugua.

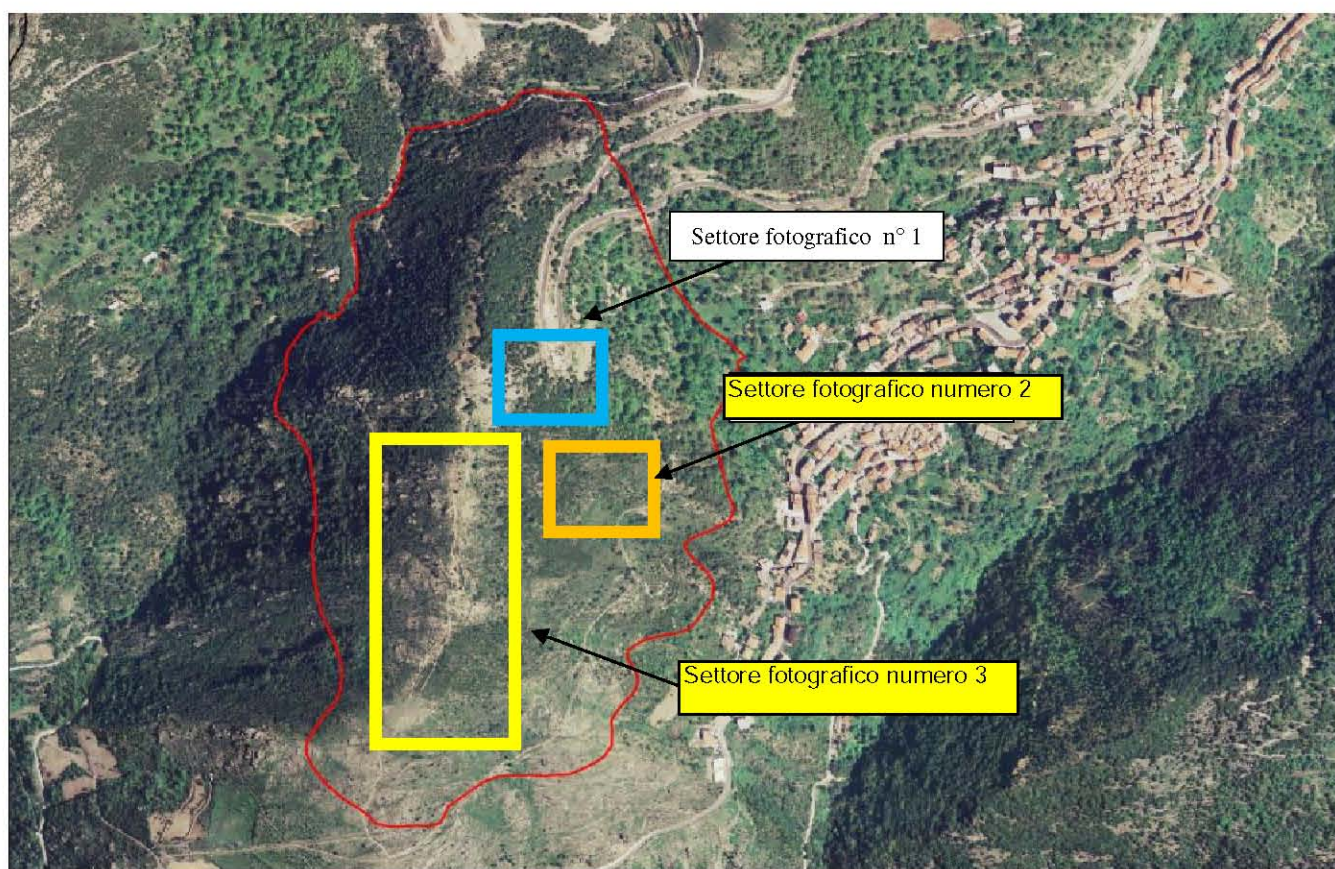
Sono risultati utili al suddetto fine, i rilievi e le analisi degli scavi posti in vicinanza alle porzioni di terreno oggetto d'intervento, come anche le sezioni stradali lungo le strade provinciali - comunali - vicinali . Si è ritenuto non necessario l'esecuzione della classica campagna di indagini geognostiche tipologia pozzetti geognostici (da eseguire tramite mezzo meccanico/terna gommata).

Un contributo importante è stato dato al presente studio grazie alla consultazione della documentazione relativa al P.A.I. vigente e Variante al P.A.I. frane del territorio comunale di Desulo, adottata in via definitiva con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 12 del 25.09.2013 (BURAS n° 46 del 10.10.2013).



Figura 13: Area oggetto di proposta VARIANTE al PAI e ubicazione sondaggi geognostici Variante al PAI 2013

Di seguito l'immagine ortofoto con ubicati i settori territoriali rilevati e oggetto di report fotografico:



Dal risultato del rilevamento geologico eseguito, si ipotizza la seguente successione stratigrafica dell'area d'intervento, dall'alto verso il basso abbiamo:

- **Terreno vegetale:** Si presenta con una tessitura da sabbioso-argillosa ad sabbioso-limosa. Possiede un colore marrone chiaro, si presenta asciutto e con spessore medio pari a 0,30 m;
- **Depositi quaternari recenti:** costituiti da depositi detritici, eluviali, colluviali, eterometrici, in genere ricchi in frazioni limosa, sabbiosa e argillosa, derivanti dall'alterazione delle formazioni metamorfiche presenti. Possiedono uno spessore medio pari a 0,50 - 1,50 m (OLOCENE);
- **FORMAZIONE DELLE FILLADI GRIGIE DEL GENNARGENTU:** Irregolare alternanza di livelli da decimetrici a metrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi quarzose e filladi ("Postgotlandiano" Auct.). ?CAMBRIANO MEDIO - ?ORDOVICIANO INF.

Settore di scatto fotografico n° 1 – Sezioni di
scavo stradale lungo strada provinciale n°7





Il suddetto settore numero 1 risulta caratterizzato dalla presenza di:

- Formazione delle Filladi grigie del Gennargentu ad aspetto sano e fratturato – alterato;
- Giacitura degli strati rocciosi da reggipoggio a franapoggio e sub orizzontale;
- Tagli stradali con modesti muretti di contenimento superficiale (esclusivamente per contenere la caduta di massi/blocchi di modeste dimensioni e frazione fine);
- Pareti sub verticali con diversi metri di sviluppo;

Risulta importante mettere in evidenza che in tale area, è stata confermata la classe di pericolosità franosa vigente elevata Hg3.

Settore di scatto fotografico numero 2 - Sezioni lungo sentieri esistenti in località Melanu - Azienda agricola e zootecnica si S. Peddio





Il suddetto settore numero 2 risulta caratterizzato dalla presenza di:

- Formazione delle Filladi grigie del Gennargentu ad aspetto sano e leggermente fratturato;
- Giacitura degli strati rocciosi da reggipoggio a sub orizzontale;
- Modesti tagli stradali su tracciati di mulattiere esistenti;
- Presenza di muretti a secco con azione di contenimento superficiale;
- Assenza di sedimenti superficiali relativi alla copertura formata dal prodotto di alterazione delle Filladi grigie del Gennargentu;

Risulta importante mettere in evidenza che in tale area, viene proposta una classe di pericolosità franosa media Hg2 in diminuzione rispetto a quella attuale Hg3 elevata.

Settore di scatto fotografico numero 3 - Pianoro sommitale Monte Bruncu Tracugua (1089,00 m s.l.m.)







Il suddetto settore numero 3 risulta caratterizzato dalla presenza di:

- Formazione delle Filladi grigie del Gennargentu ad aspetto sano e leggermente fratturato;
- Giacitura degli strati rocciosi principalmente sub orizzontale;
- Totale assenza di suolo e di sedimenti superficiali relativi alla copertura formata dal prodotto di alterazione delle Filladi grigie del Gennargentu;
- Pendenze modeste in quanto siamo in presenza di un pianoro sommitale.

Risulta importante mettere in evidenza che in tale area, viene proposta una classe di pericolosità franosa:

- **Media Hg2 in diminuzione rispetto a quella attuale Hg3 elevata;**
- **Moderata Hg1 in diminuzione rispetto a quella attuale Hg2 media.**

11. INDAGINI GEOTECNICHE SPEDITIVE IN SITO

Ai fini della caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni costituenti l'area interessata dal presente studio di variante al P.A.I., sono state effettuate le seguenti indagini, di laboratorio e in sito:

- **n. 35 prove in sito eseguite tramite il pocket penetrometer su livelli litologici ritenuti significativi;**

Come descritto in precedenza, è stato eseguito un rilevamento geologico di dettaglio in tutta l'area oggetto di studio, al fine di poter avere una informazione puntuale per quanto concerne la parte litostratigrafica e la parte geotecnica. Infatti, le suddette pareti di scavo rilevate, son servite per poter eseguire le prove in sito, tramite pocket penetrometer.

Per quanto riguarda, invece, il pocket penetrometer, nelle pareti delle sezioni di scavo rilevate, sono state eseguite trentacinque prove tramite penetrometro tascabile. Tale strumento viene utilizzato per la misura semplice e rapida della resistenza alla rottura di un terreno semicoesivo.

Il pocket penetrometer è costituito da due cilindri telescopici, che alloggianno una molla a compressione, e da una punta che penetra nel terreno da esaminare.

I valori di resistenza misurati con il suddetto strumento costituiscono un valido ausilio per la classificazione e descrizione di una terra e forniscono anche utili indicazioni sulla sua resistenza al taglio. Risultati ottenuti:

POCKET PENETROMETER			
Litologia: Filladi alterate sup.			
Prova n.	Q (MPa)	Prova n.	Q (MPa)
1	0,15	19	0,2
2	0,2	20	0,2
3	0,2	21	0,15
4	0,15	22	0,15
5	0,15	23	0,15
6	0,2	24	0,15
7	0,18	25	0,2
8	0,18	26	0,18
9	0,15	27	0,18
10	0,15	28	0,2
11	0,18	29	0,15
12	0,2	30	0,15
13	0,2	31	0,15
14	0,18	32	0,15
15	0,15	33	0,18
16	0,15	34	0,18
17	0,16	35	0,2
18	0,18		

Sono state infine prese in considerazione tutte le informazioni relative al progetto “Proposte di nuove perimetrazioni della pericolosità e del rischio frana in applicazione dell’articolo 37 – comma 3 – lettere a, b – delle Norme di Attuazione del PAI nel territorio comunale di Desulo (NU)” redatto nel dicembre 2012 dai tecnici Dott. Geol. Salvatore Borto e Dott. Ing. Piero Mattu.

Di seguito l’elenco delle informazioni analizzate e prese in considerazione:

- Stratigrafia relativa a undici sondaggi geognostici a carotaggio continuo con profondità pari a -15,0 metri;
- Analisi di laboratorio geotecnico – ventisei analisi granulometriche;
- Analisi di laboratorio geotecnico – ventisei prove di taglio diretto Casagrande;
- Analisi di laboratorio geotecnico – tredici prove Point Load Test;
- Verifiche di stabilità dei versanti;
- Studio di compatibilità geologica geotecnica.

Il sondaggio più prossimo all’area in esame è quello indicato con il numero 1, con la seguente successione stratigrafica:

0,00 – 1,00 m suolo;

1,00 – 15,0 m Filladi grigie debolmente fratturate.

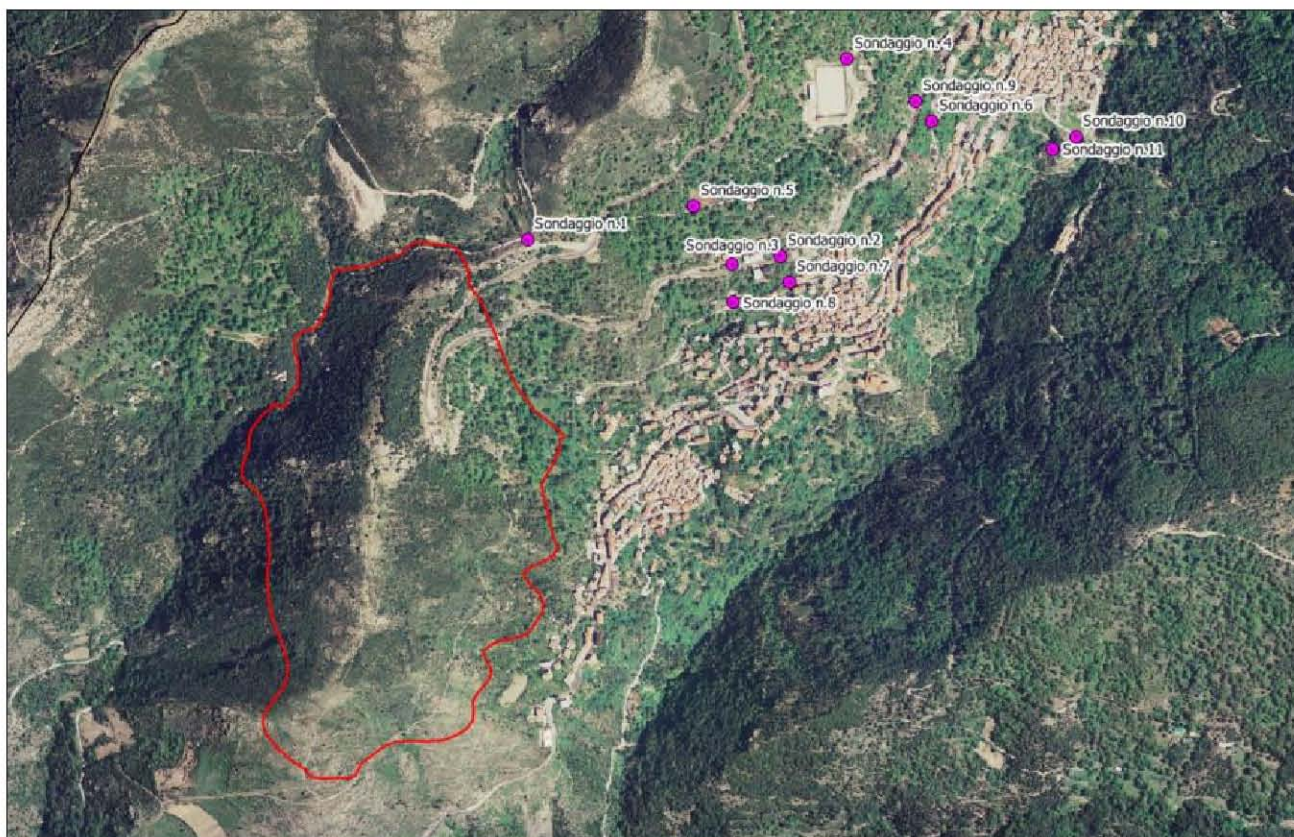


Figura 14: Area oggetto di PROPOSTA VARIANTE al PAI e ubicazione sondaggi geognostici Var. PAI 2013

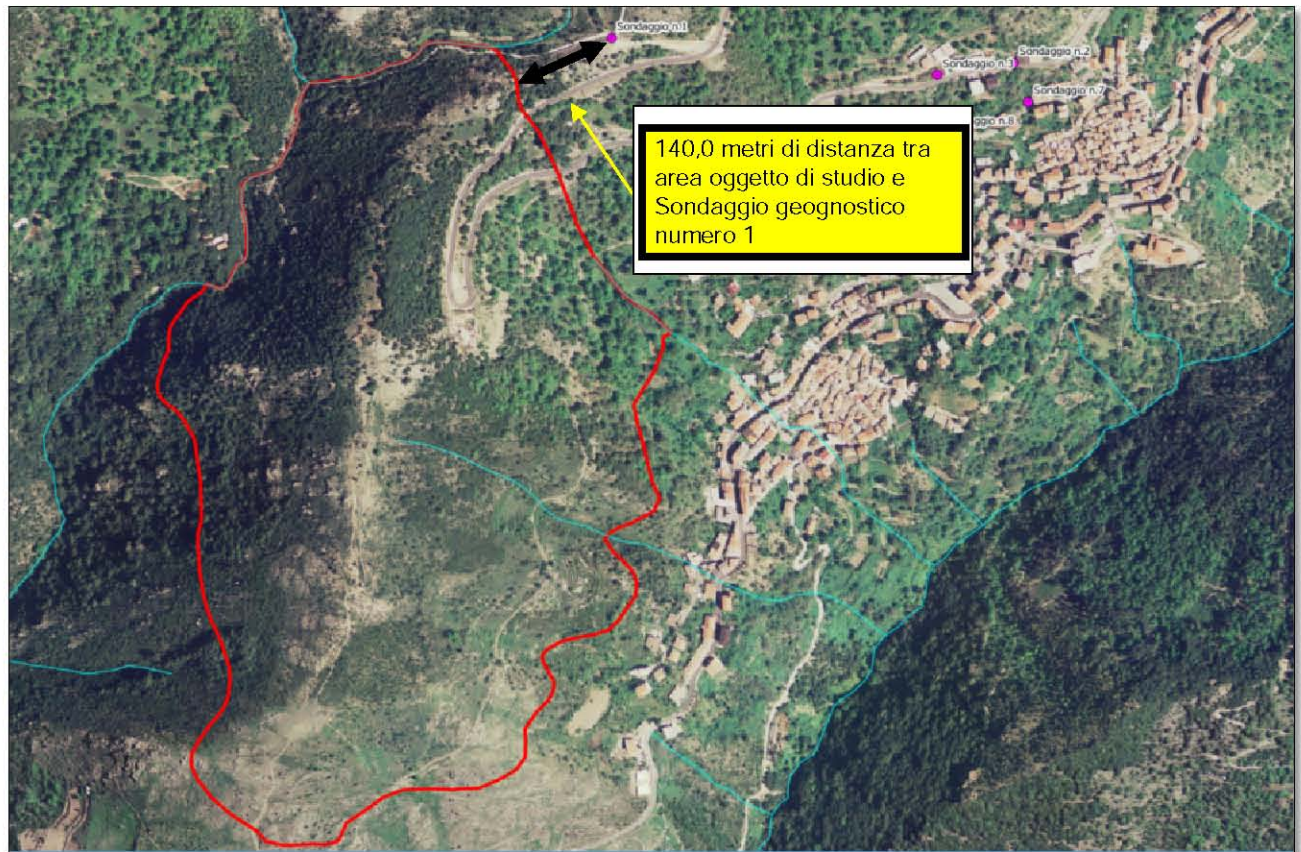


Figura 14 bis: Area oggetto di PROPOSTA VARIANTE al PAI e ubicazione sondaggi geognostici Var. PAI 2013

12. VERIFICHE DI STABILITÀ DEI VERSANTI

Al fine di valutare analiticamente la stabilità del versante nel suo complesso sono state eseguite una serie di verifiche di stabilità.

Una volta eseguiti i sopralluoghi, eseguito il rilevamento geologico di dettaglio ed eseguite le indagini geofisiche, si sono ricavati tutti i dati utili al fine della realizzazione delle suddette verifiche di stabilità.

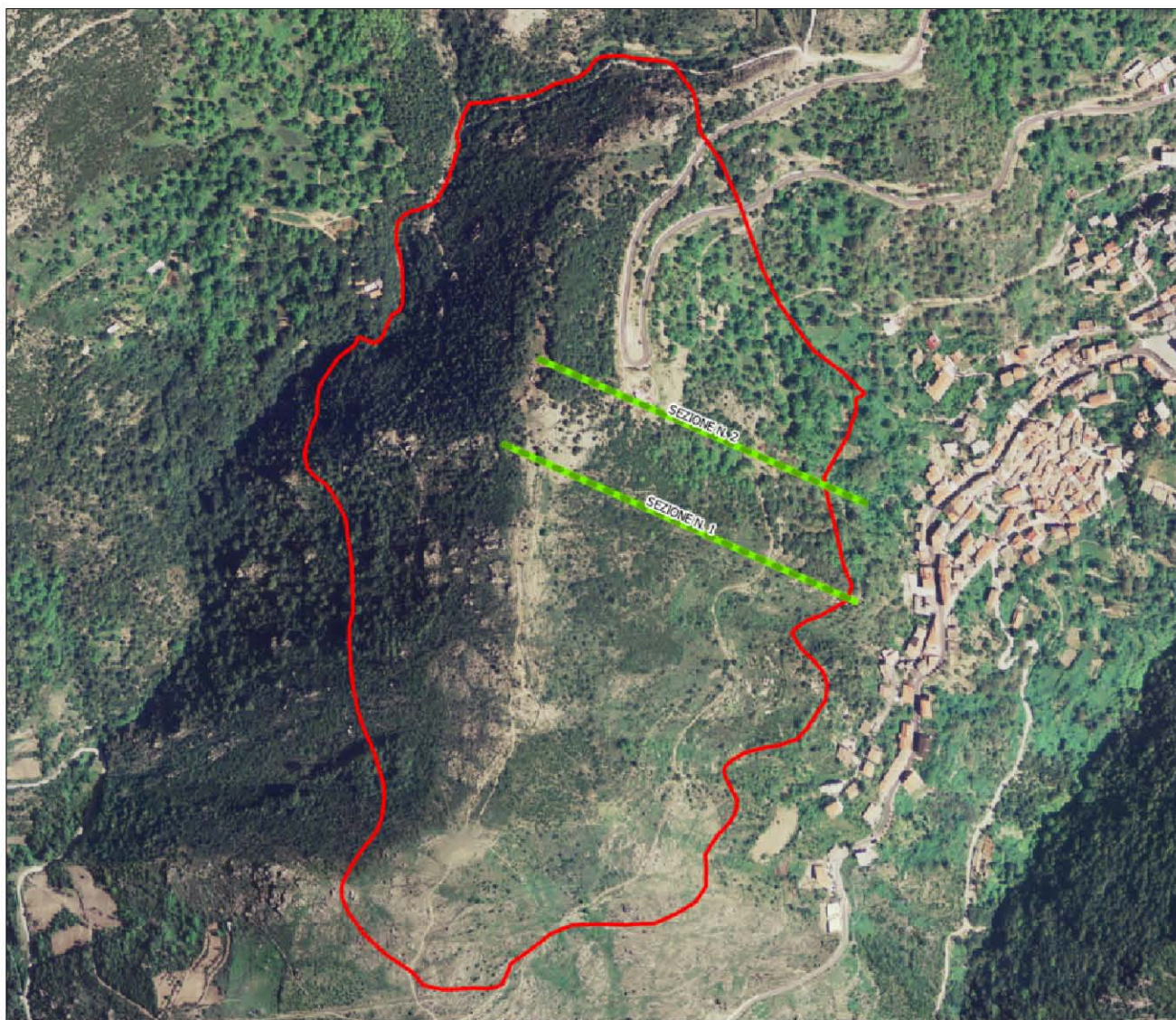


Figura 15: Limite area in esame e ubicazione delle sezioni di verifica di stabilità del versante

Le verifiche sono state realizzate in modo tale da comprendere l'intero versante interessato dalla proprietà della Azienda agricola e zootecnica di Sonia Peddio e la parte sommitale (pianoro) in località Bruncu Tracugua (1089,00 m s.l.m.) I dati sono stati elaborati con un programma elettronico secondo i Metodi di Fellenius e Bishop - Janbu semplificati, considerando, nei tre

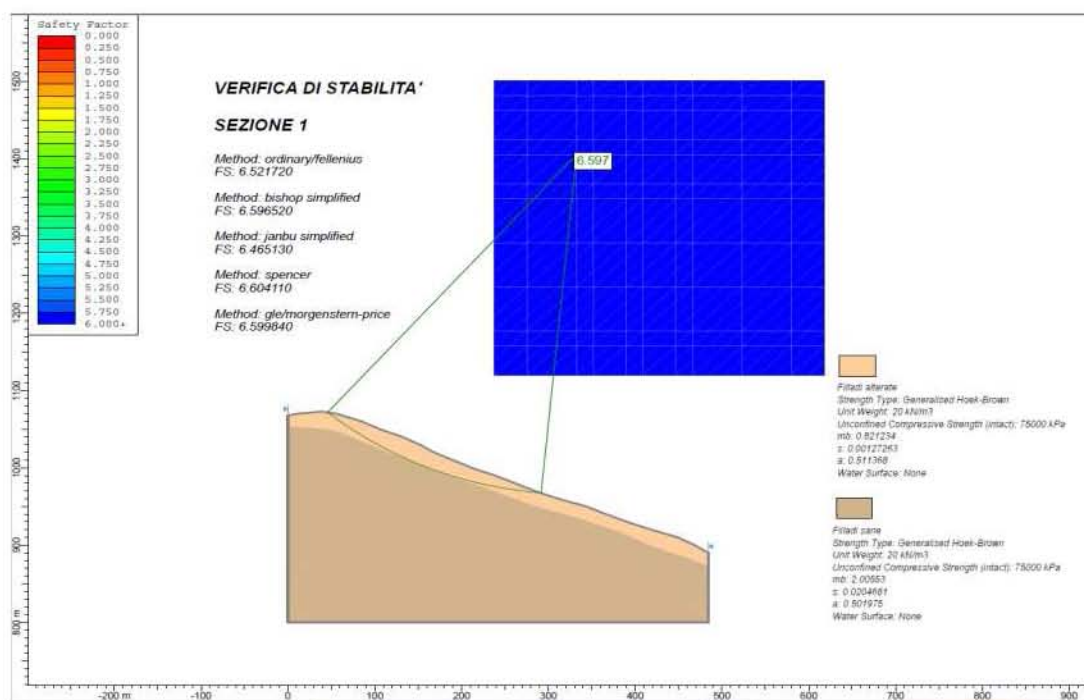
metodi, due differenti situazioni, ossia: a) assenza di falda idrica - b) presenza di falda idrica prossima al piano di campagna. Nel caso nel caso a, si è ipotizzato un versante costituito in parte dal prodotto di alterazione del complesso metamorfico ercinico, quindi, una situazione differente da quella reale, cioè, si è applicato un modello cautelativo, ponendoci in una situazione nettamente peggiorativa. Stesso discorso è stato fatto per il caso b, nel quale, si è ipotizzato un basamento roccioso di tipo metamorfico filladico con, nella parte sommitale, la falda idrica, prossima al piano di campagna e impostata all'interno del prodotto di alterazione del complesso metamorfico filladico.

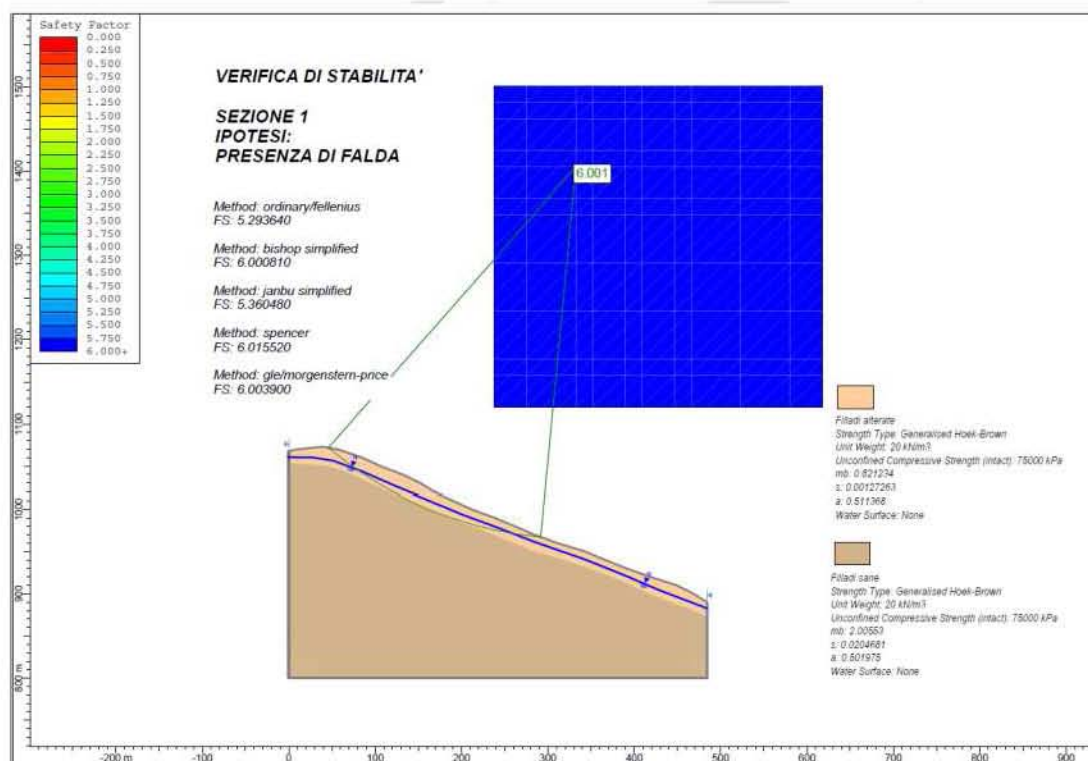
In entrambi i casi, si sono quindi, ipotizzate condizioni decisamente peggiorative rispetto a quelle effettivamente reali, nelle quali invece, si è in presenza di un versante stabile.

Le stratigrafie utilizzate sono semplificate e i parametri utilizzati sono quelli ricavati dalle analisi di laboratorio Variante PAI 2013 – dati bibliografici.

I risultati delle verifiche, tutti ampiamente positivi per la SEZIONE NUMERO 1, confermano a pieno le risultanze delle valutazioni geomorfologiche: il pendio oggetto dello studio si presenta stabile anche da un punto di vista analitico con coefficienti di sicurezza minimi superiori a quelli previsti dalla normativa vigente. Le sezioni complete sono riportate nell'Allegato – Verifiche di stabilità dei versanti.

Di seguito viene riportata, a titolo di esempio, la sezione di verifica di stabilità numero 1, nei casi di assenza e presenza di falda idrica.





Le instabilità di interi versanti o di importanti parti di versanti in roccia, avvengono per superfici circolari o subcircolari solo in presenza delle seguenti caratteristiche geostretturali e geomeccaniche:

- Pendio costituito da rocce altamente fratturate fino a cataclasate (“waste or crushed rock mass”), con comportamento a grande scala tendenzialmente simile a quello dei terreni e discontinuità non isorientate (“random”) in cui si verificano le condizioni:

- basso grado di “interlocking” ovvero di intercompennetrazione e reciproco incastro dei volumi rocciosi unitari determinati dalle superfici di discontinuità.
- dimensioni dei volumi rocciosi unitari isolati dalle discontinuità, trascurabili nei confronti delle dimensioni del pendio. Questa situazione si verifica nei confronti dei versanti fortemente estesi in rapporto al reticolo fratturativo presente; si tratta quindi di un fenomeno che risente in maniera piuttosto evidente del decadimento delle caratteristiche di resistenza per il cosiddetto “effetto scala”.

Tale fenomeno contraddistingue i cosiddetti “sackung” (“Deep Seated Mass Rock Creep”) che consistono in frane di versante di grosse dimensioni.

- Pendio costituito da rocce con una o più famiglie di superfici di discontinuità geostretturale - geomeccanica disposte sfavorevolmente alla giacitura del pendio o con direzione prossima alla stessa. Le superfici di discontinuità geostretturale-geomeccanica possono essere di origine

singenetica, tettonica o metamorfica (o post-tettonica o post-metamorfica) e possono essere inclinate in qualsiasi modo rispetto al pendio purché la loro direzione sia prossima allo stesso ($\pm 20^\circ$ da “Rock Slope Engineering”) ovvero le superfici siano “cinematicamente ammissibili”.

- Pendio costituito da rocce tenere e/o suoli molto compatti e sovraconsolidati dove il comportamento complessivo a grande scala è quello rispettivamente di un mezzo omogeneo isotropo continuo e dei terreni.

- Pendio costituito da rocce completamente alterate dai fenomeni di “weathering” dove il comportamento è quello dei terreni.

Superfici di rottura subcircolari possono verificarsi in tutti i casi in cui esiste una combinazione delle precedenti quattro tipologie di caratteristiche geostrutturali e geomeccaniche.

Di seguito vengono illustrati due dei tre metodi applicati.

Metodo di Fellenius

Con il metodo di Fellenius si pone la condizione che le forze agenti sulle superfici di separazione dei conci (forze di interstriscia) siano trascurabili. E' un metodo basato sull'equilibrio dei momenti agenti.

Posto:

$$N_i = W_{\text{concio}(i)} \cos \alpha_i;$$

con

$W_{\text{concio}(i)}$ = peso del volume di terra compreso nel concio i -esimo;

α_i = inclinazione della base del concio i -esimo;

N_i = componente normale alla base del concio di $W_{\text{concio}(i)}$.

Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro della superficie circolare di scivolamento potenziale del pendio, si può scrivere:

$$\sum R \sin \alpha_i W_{\text{concio}(i)} = \sum R T_i;$$

in cui il prodotto $R \sin \alpha_i$ rappresenta il braccio di $W_{\text{concio}(i)}$.

Si ottiene infine:

$$F_{\text{sic}} = \frac{\sum (C_i L_{\text{concio}(i)} + N_i \tan \phi_i)}{\sum \sin \alpha_i W_{\text{concio}(i)}};$$

con

C_i = coesione agente lungo la base del concio i ;

$L_{\text{concio}(i)}$ = lunghezza della base del concio i ;

ϕ_i = angolo d'attrito agente lungo la base del concio i ;

Introducendo il contributo dovuto alla presenza di falda idrica si ottiene:

$$F_{sic} = \sum C_i L_{concio(i)} + (N_i - h_{falda(i)} L_{concio(i)}) \tan \phi_i / \sum W_{concio(i)} \sin \alpha_i ;$$

in cui:

$h_{falda(i)}$ = altezza della falda rispetto alla base del concio i ;

Il metodo di Fellenius conduce generalmente a sottostime di F_{sic} rispetto a metodi più rigorosi, soprattutto in terreni coesivi e/o sovraconsolidati e per superfici profonde. L'errore è comunque a favore della sicurezza, anche se in alcuni casi può superare il 20% rispetto a metodi rigorosi.

Può essere utilizzato con superfici di calcolo circolari e di forma qualsiasi.

Metodo di Janbu (semplificato)

Nel metodo di Janbu semplificato si pone la condizione che le forze verticali agenti sulle superfici di separazione dei conci siano trascurabili. Di conseguenza i singoli conci interagiscono fra di loro solo attraverso forze orientate lungo l'orizzontale.

Questo metodo, consente di verificare superfici potenziali di scivolamento di forma qualsiasi ed è un metodo basato sull'equilibrio delle forze agenti.

La resistenza al taglio massima disponibile lungo la superficie potenziale di rottura e' data, per ogni concio, da:

$$T_{i \max} = X_i / (1 + Y_i / F_s);$$

$$\text{con } X_i = [c + (g \times h - g_w \times h_w) \times \tan \phi] \times [1 + (\tan \phi)^2] \times dx$$

con g_w = peso di volume dell'acqua;

h_w = altezza dell'acqua sulla base del concio;

dx = lunghezza del concio lungo l'orizzontale;

α = inclinazione del concio sull'orizzontale.

$$Y_i = \tan \alpha \times \tan \phi$$

La resistenza al taglio mobilitabile lungo il piano di taglio e' per ogni concio data da:

$$T_{i \text{ mob}} = Z_i$$

$$\text{con } Z_i = g \times h \times dx \times \tan \alpha$$

Il coefficiente di sicurezza del pendio viene espresso come segue:

$$F_s = \sum (i=1-n) T_{i \max} / \sum (i=1-n) T_{i \text{ mob}}$$

Si noti che il coefficiente di sicurezza F_s , che e' la grandezza da determinare, viene a comparire anche al numeratore attraverso l'espressione della T_{\max} . Di conseguenza non sarà possibile la

risoluzione diretta.

La procedura da adottare, anche in questo caso, dovrà essere di tipo iterativo fino all'ottenimento della convergenza su un valore praticamente costante di F_s .

Questi sono i passi da seguire:

1. si introduce un valore iniziale di F_s (per es. con Fellenius) e si determina un primo valore del coefficiente di sicurezza;
2. il nuovo valore di F_s (F_s') ottenuto viene confrontato col valore di partenza;
3. se la differenza supera un limite prefissato (es. $F_s' - F_s > 0.001$), si ritorna al passo a), inserendo al posto del valore di partenza di F_s , il nuovo valore calcolato;
4. se la differenza rimane contenuta nel limite indicato, l'elaborazione va interrotta: il coefficiente di sicurezza cercato è F_s' .

Il metodo va applicato preferibilmente su versanti costituiti da terreni eterogenei, dal punto di vista litologico e delle caratteristiche geotecniche, o fortemente sovraconsolidati. In questi casi infatti la superficie potenziale di rottura avrà probabilmente forma irregolare, lontana dalla circolarità.

Il metodo di Janbu può condurre, rispetto ad altri metodi più rigorosi, a scarti non trascurabili in presenza di superfici potenziali di rottura profonde o in presenza di forte coesione. È quindi consigliabile, in queste situazioni, l'introduzione di un fattore correttivo che minimizzi tale scarto.

Janbu suggerisce per tale coefficiente la seguente forma:

$$f = 1 + K \times [d/l - 1.4 \times (d/l)^2];$$

con

l = lunghezza del segmento retto congiungente il piede del versante con la sua estremità superiore;

d = scarto massimo fra la congiungente il piede del versante e l'estremità superiore e la superficie potenziale di scivolamento, misurato lungo la perpendicolare del primo;

K = costante uguale a 0.31 in terreni privi di coesione ($c=0$) e a 0.5 per terreni coesivi ($c>0$).

Il coefficiente di sicurezza corretto è dato quindi da:

$$F_s' = f \times F_s$$

con F_s = coefficiente di sicurezza non corretto.

Il metodo di Janbu semplificato si presta inoltre meglio di altre procedure alla verifica dell'influenza di superfici di discontinuità geostretturali-geomeccaniche sulla stabilità complessiva.

Le porzioni di superficie di potenziale scivolamento appartenenti alle superfici subcircolari e/o irregolari che ricadono all'interno di un intervallo prefissato intorno ai piani di discontinuità ne assumono le relative caratteristiche di resistenza, mentre le restanti parti assumeranno le caratteristiche della massa rocciosa nel suo complesso.

In pratica nel calcolo si tiene conto di ciò attraverso la seguente procedura:

- s'individuano le superfici di discontinuità con valore della direzione di immersione contenute entro $\pm 20^\circ$ rispetto alla direzione di immersione del pendio (asse della sezione) e le relative caratteristiche di:

a1) distribuzione di frequenza dei valori di immersione (β);

a2) caratteristiche di resistenza secondo il criterio di Hoek & Brown, Mohr-Coulomb o Barton;

- s'individuano le inclinazioni (α) delle basi dei conci della massa di potenziale scivolamento;

- si stima l'intervallo o “cono di confidenza” ($\pm \varepsilon$), dipendente dalla distribuzione di frequenza dei valori di immersione (β) entro il quale applicare alla base del concio le caratteristiche della discontinuità in essa compresa. L'intervallo (ε) si può determinare sulla base di:

c1) un valore prefissato “a priori”

c2) un valore di ampiezza della classe modale

c3) altri valori di significatività statistica in base alla forma di distribuzione di frequenza del campione (“gaussiana” o non)

- si attribuiscono le caratteristiche di resistenza alle basi dei conci quando la loro inclinazione (α) ricade all'interno dell'intervallo o “cono di confidenza” ($\pm \varepsilon$) precedentemente definito ovvero quando $\beta - \varepsilon < \alpha < \beta + \varepsilon$. Le caratteristiche di resistenza saranno immesse secondo i parametri richiesti dal criterio di resistenza prescelto nella fase a2).

La verifica di stabilità consiste nel ricercare tra le possibili superfici di rottura quella che presenta il minor fattore di sicurezza e nel verificare se questo è ancora ammissibile.

Il Coefficiente di sicurezza o Fattore di sicurezza (F_s), è definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile nei materiali presenti nel versante e quella mobilitata nei confronti dello scorrimento lungo l'ipotizzata superficie di rottura.

Nella tabella seguente, vengono riportati tutti i valori minimi, per i tre metodi applicati, relativi ai fattori di sicurezza ottenuti nelle elaborazioni.

Numerazione sezione	Falda idrica	FS - Fellenius	FS - Bishop	FS - Jambu
1	Assente	6,52	6,59	6,46
	Presente	5,29	6,00	5,36
2	Assente	1,17	1,18	1,17
	Presente	0,95	0,97	0,95

13. INDAGINI GEOFISICHE – TOMOGRAFIE SISMICHE A RIFRAZIONE

Scopo dell'indagine è stato quello di acquisire ulteriori elementi utili per la corretta valutazione delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso, della sua continuità sia verticale sia orizzontale, nonché lo spessore della copertura detritica e la sua distribuzione lungo le sezioni investigate.



L'indagine è stata articolata nell'esecuzione di n° 6 (sei) sezioni di tomografia sismica, disposte ad investigare l'area secondo allineamenti orientati circa N-S.

LA TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE

Il metodo della tomografia sismica di superficie è una tecnica d'indagine che permette di superare alcune limitazioni di cui soffre sia la classica sismica a rifrazione sia la tomografia sismica s.s. (cross-hole).

Infatti, mediante una differente distribuzione dei punti di energizzazione lungo lo stendimento sismico, è possibile l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie localizzate e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche al di sotto della superficie, basate sui tempi di primo arrivo (come nella normale sismica a rifrazione) e sulla geometria di acquisizione.

Mediante una differente distribuzione dei punti di energizzazione si ricostruisce un modello di velocità che, mediante un software dedicato, è migliorato attraverso successive iterazioni. La fase di calcolo si termina quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

Il processing dei dati, in questo caso è stato eseguito con l'impiego del software RAYFRAC, prosegue con un processo fase di inversione tomografica detta WET (Wavepath Eikonal Traveltime), che permette il calcolo delle traiettorie d'onda (wavepath) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'equazione che esprime le modalità di propagazione di un'onda in un mezzo isotropo.

Poi, mediante la successiva fase di imaging, nell'elaborazione della quale si fa ricorso ad un software dedicato (Surfer 10), si ottiene la sezione sismica tomografica dei materiali presenti lungo l'allineamento investigato.

Il sistema di acquisizione

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

- sismografo
- sorgente energizzante
- trigger
- apparecchiatura di ricezione



Il sismografo

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un registratore sismico mod. Echo 12/24 2010 avente le seguenti caratteristiche:

numero canali = 24

intervallo di campionamento da 0.052 a 0.296 m/sec

convertitore A/D = 24 bit

Impedenza di ingresso common mode: 1 Kohm

Guadagno selezionabile da 10 dB a 100 dB con step di 1 dB

Tensione di saturazione = +/- 2.3 V

Livello di saturazione 100 dB

Distorsione 0.01 %

Durata della registrazione: 25, 50, 100, 200, 400, 1000 o 2.000 m/sec

sommatoria di segnale (stacking)

Possibilità di inversione della polarità (Stack polarity)

Range dinamico 93 dB

Alimentazione 12 V

Il sistema di energizzazione

Come sorgente energizzante è stato utilizzato l'impatto generato dalla caduta di una mazza del peso di 10 kg su un apposito piattello di battuta in materiale alluminoso.

La mazza strumentata e il piattello di battuta



Il trigger

Il trigger utilizzato (opportunamente pilotato dalla caduta della mazza) consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un sistema di starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta; ciò consente ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso che dà inizio alla registrazione dei dati sismici.

Il sistema di ricezione

Per la ricezione delle onde P sono stati utilizzati 24 geofoni verticali mod. Sensor con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati al sismografo tramite una coppia di cavi sismici (ciascuno con 12 takeouts) ed una coppia di prolunghe.



Il risultato finale della fase di acquisizione dei dati di campagna è rappresentato da una serie di files in formato SEG Y e SEG2 che successivamente saranno elaborati tramite apposito software.

Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati si è sviluppata attraverso le seguenti fasi:

- a) formazione di un database contenente la geometria della linea sismica (posizione altimetrica e planimetrica dei geofoni e degli scoppi) ed i tempi di primo arrivo per ciascuno scoppio.
- b) conversione dei dati in formato ASCII.
- c) inversione Delta t-V per la ricostruzione dei profili monodimensionali (1D) di tipo profondità/velocità.
- d) ottimizzazione del profilo, per iterazioni successive, mediante inversione tomografica WET (Wavepath Eikonal Travelttime), che permette il calcolo delle traiettorie d'onda (wavepath) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'equazione che esprime le modalità di propagazione di un'onda in un mezzo isotropo.
- e) controllo del "fitting" tra tempi misurati e tempi calcolati ed eventuale reiterazione del processo di inversione.
- f) output grafico della sezione tomografica in formato Surfer.

Commento ai risultati delle prospezioni sismiche

Come detto, sono stati acquisiti i dati sismici lungo 6 (sei) sezioni tomografiche disposte secondo la planimetria allegata. Le suddette indagini geofisiche sono state eseguite unicamente all'interno della proprietà della Azienda agricola zootecnica di Sonia Peddio.

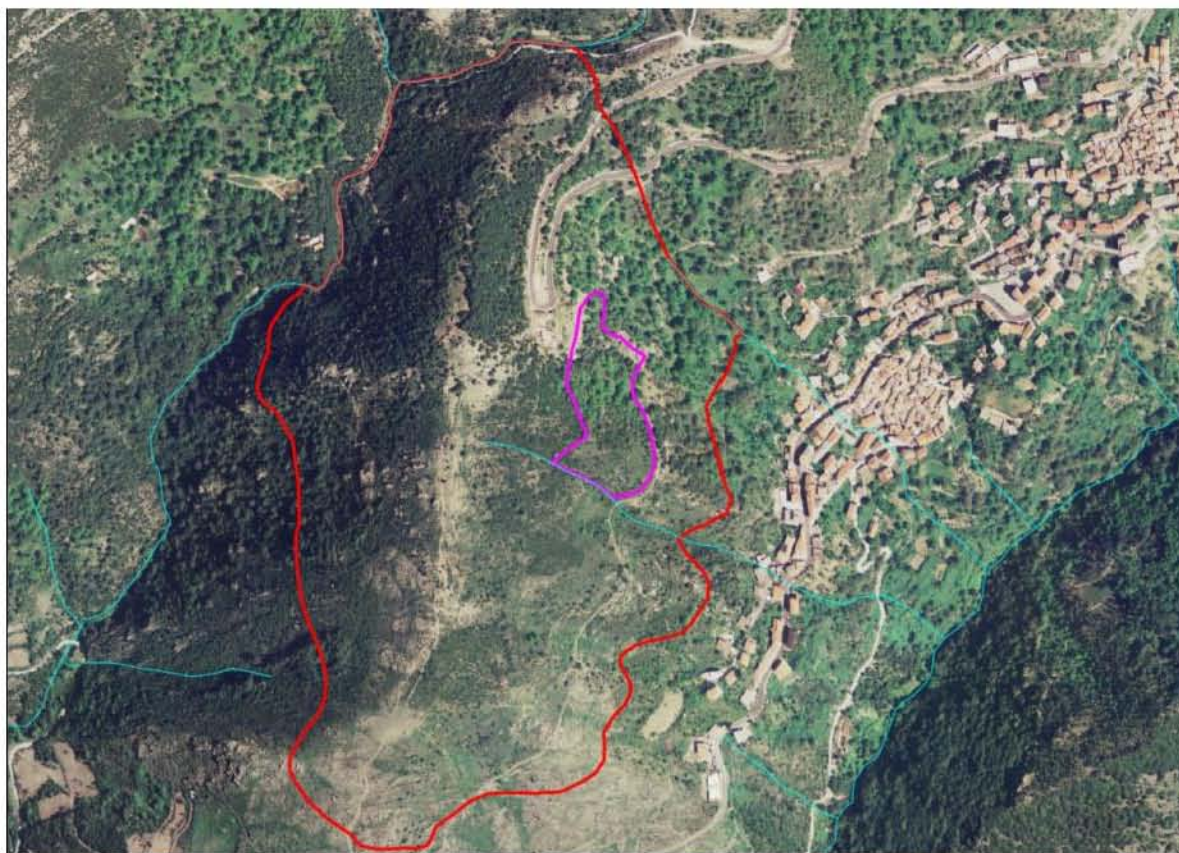


Figura 16: Ubicazione geografica dell'area (limite colore magenta) interessata dalle indagini geofisiche

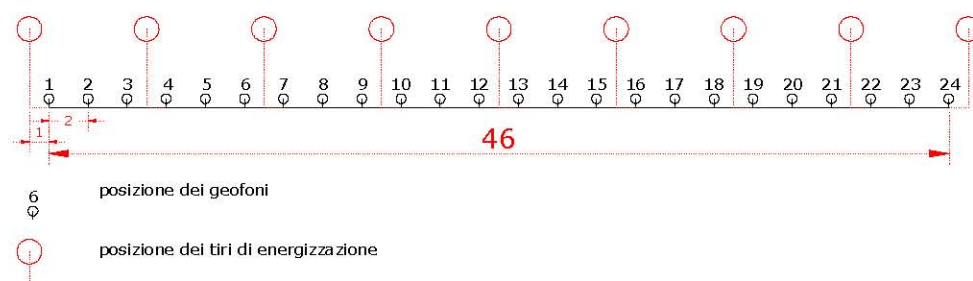


Figura 17: Ubicazione geografica delle indagini geofisiche eseguite - Sei sezioni tomografie sismiche

Ogni sezione è stata realizzata predisponendo un allineamento di 24 geofoni per onde P, con intervallo geofonico = 3 m e lunghezza = 72 m nel caso delle sezioni A e C, e con intervallo geofonico = 2 m e lunghezza 48 m nel caso delle sezioni B-D-E-F.

Al fine di acquisire la quantità di dati necessari per il corretto impiego delle tecniche di interpretazione tomografica, per ogni sezione sismica, la levata è stata eseguita mediante la predisposizione di 9 punti di energizzazione disposti lungo lo stendimento secondo il seguente schema:

stendimento tipo



La qualità delle registrazioni ottenute è stata buona e quindi tale da consentire la sicura individuazione dei primi arrivi sulle tracce dei sismogrammi.

Il risultato finale dell'indagine sismica tomografica è rappresentato dalle sezioni tomografiche elaborate con il programma RAYFRAC dove, mediante un'opportuna scala cromatica sono rappresentate le variazioni delle Vp nell'ambito della sezione interessata.

Si tenga conto che le sezioni tomografiche offrono comunque una maggiore discretizzazione delle velocità rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale, ma è inoltre doveroso tenere nel giusto conto che il metodo tomografico, per la caratteristica intrinseca dell'algoritmo di calcolo (basato sui gradienti di velocità), talora individua spessori differenti (di solito maggiori) rispetto a quelli valutati dalla sismica a rifrazione.

In dettaglio, con riferimento alle sezioni tomografiche interpretative allegate, e qui riprodotte, si evince la seguente situazione:

SEZIONE A:

Ha inizio sullo stradello di accesso all'area in studio, con il geofono n.1 posizionato verso il cancello d'ingresso ed il geofono n. 24 in prossimità del confine meridionale dell'area.

Come già detto nella presentazione della tipologia d'indagine, la sezione è stata acquisita mediante l'allineamento di 24 geofoni con distanza intergeofonica di 3.0 metri e lunghezza della sezione pari a 69 metri, cui si sommano ulteriori 3.0 metri derivanti dalla posizione dei tiri esterni per un totale di 72 metri di rilievo.



L'allineamento della Sezione A visto dal geofono n. 1.





Vista della sezione A dal geofono n. 12 verso il geofono n. 24.

Dall'analisi del grafico qui sotto riportato, ottenuto dopo un ciclo di 200 iterazioni, si possono osservare le seguenti caratteristiche:

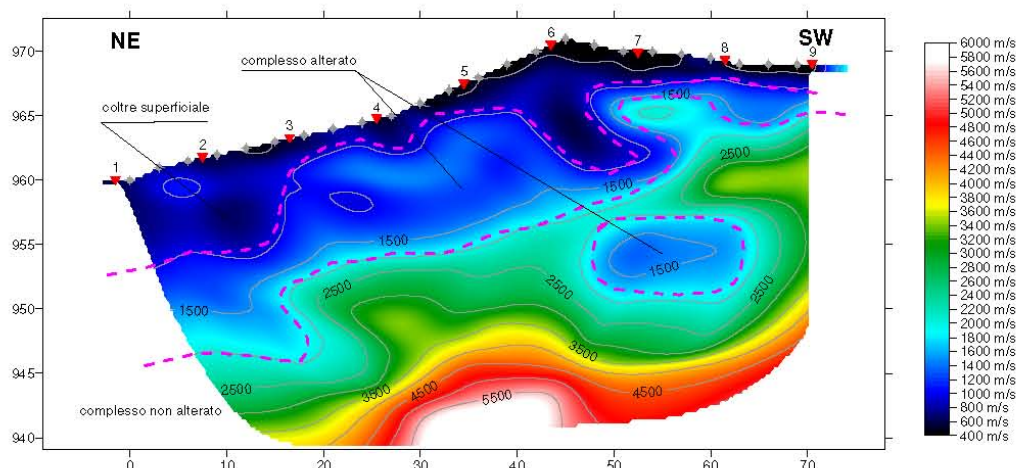
- dalla superficie fino a profondità di circa 1.0 m, si nota la presenza di un primo strato a bassa velocità ($V_p < 500$ m/sec) da correlarsi alla porzione areata del terreno sia allo stato naturale sia a quello rimaneggiato per effetto della realizzazione dello stradello;

da notare come questo strato non sia uniforme e che nella porzione iniziale e in quella centrale siano presenti due sacche con spessore plurimetrico;

- a questo fa seguito un orizzonte metrico di materiali derivanti dall'alterazione di quelli sottostanti, con V_p compresa tra 500 e 1500 m/s;

- a profondità superiori si osserva il naturale incremento della V_p ad indicare conseguimento del tetto del sottostante bed-rock.

Sezione A



E' da osservare la presenza di un nucleo di materiali debolmente alterati intercluso nella formazione litoide del bed-rock.

SEZIONE B:

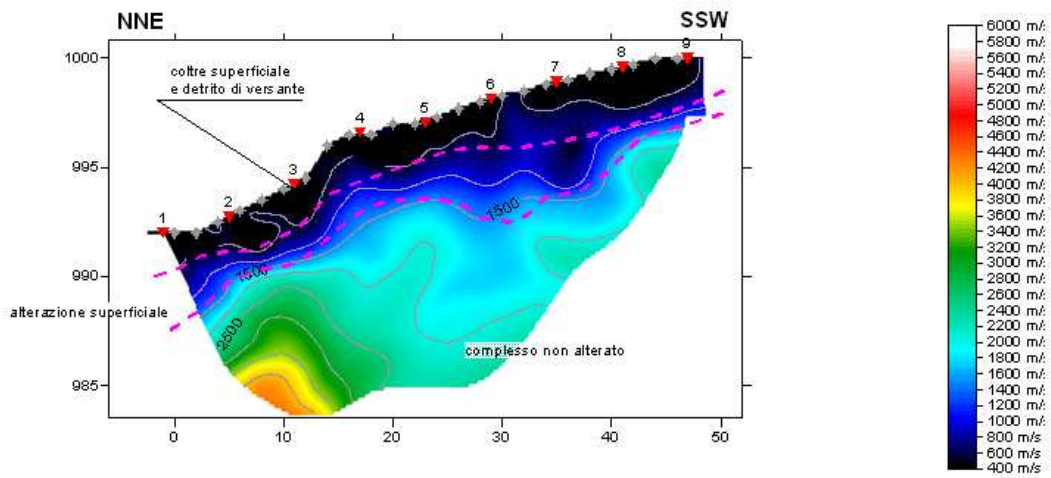
E' la sezione ubicata a quota più elevata, posizionata al piede di una discarica di materiali rocciosi frantumati provenienti dalla soprastante ex attività di cava.

Mantiene la stessa configurazione geofonica della Sezione A, con limitazione dell'intervallo geofonico a 2 metri dovuta a motivi logistici.

Dall'analisi della sezione tomografica che segue si osserva:

- dalla superficie fino a profondità di 2.0÷3.0 m s'incontra un primo strato a bassa velocità ($V_p < 500$ m/sec) rappresentativo del materiale detritico accumulato lungo il versante;
- segue un secondo strato caratterizzato da velocità $V_p < 1500$ m/sec, riferibile alla presenza di materiali derivanti dall'alterazione del sottostante bed-rock;
- successivamente la V_p diventa maggiore di 1500 m/sec ad indicare il conseguimento della formazione più compatta che costituisce il bed-rock;

Sezione B



neamento della Sezione B visto dal geofono B₁.

SEZIONE C

E' posta al piede della sezione B con il geofono C11 in prossimità del geofono B1.

La distanza intergeofonica è di 3.0 m per complessivi 72.0 metri di stendimento, ed è per metà sullo stradello e per metà lungo un camminamento che conduce al confine settentrionale della proprietà.



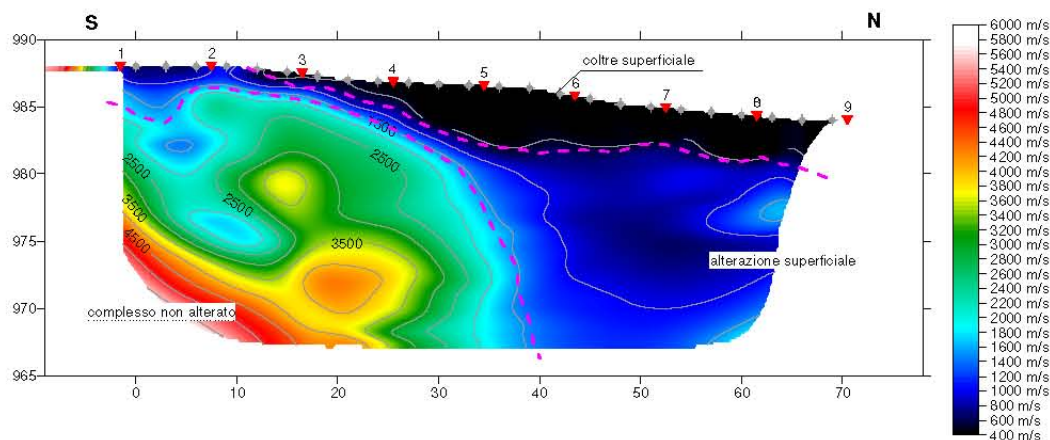
Allineamento della sezione C visto dal Geofono C12 verso il geofono C24



La sezione C vista dal geofono C₁₂ verso il geofono C₂₄.

Per quanto desumibile dalla sottostante sezione tomografica, come questa sezione sia da scomporre in due distinte aree: la prima, settentrionale, è caratterizzata dalla presenza di una coltre superficiale alquanto spessa ma, soprattutto da una massa di alterazione particolarmente sviluppata verso il basso.

Sezione C



Nel dettaglio:

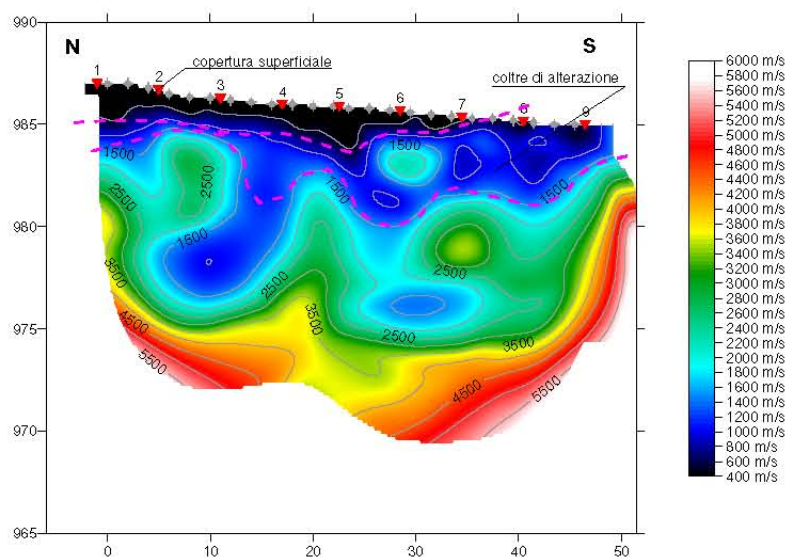
- la copertura detritica, quasi assente nella parte meridionale della sezione, assume valori metrici in quella settentrionale;
- lo stesso può dirsi anche per la fascia di alterazione;
- il bed-rock è stato raggiunto solamente nella porzione meridionale della sezione.

SEZIONE D

E' la prosecuzione verso Sud della sezione C.

Per motivi logistici, legati prevalentemente all'asperità dei luoghi e per assicurare l'allineamento rettilineo dei geofoni, è stata adottata nuovamente la configurazione a 24 geofoni spaziatati di 2 m.

Sezione D



Nel dettaglio si nota che:

- lo spessore della copertura superficiale tende a diminuire mano a mano che ci si sposta verso meridione;
- la coltre di materiali alterati ha andamento alquanto irregolare, con spessore metrico e presenza di inclusi plurimetrici di bed-rock;

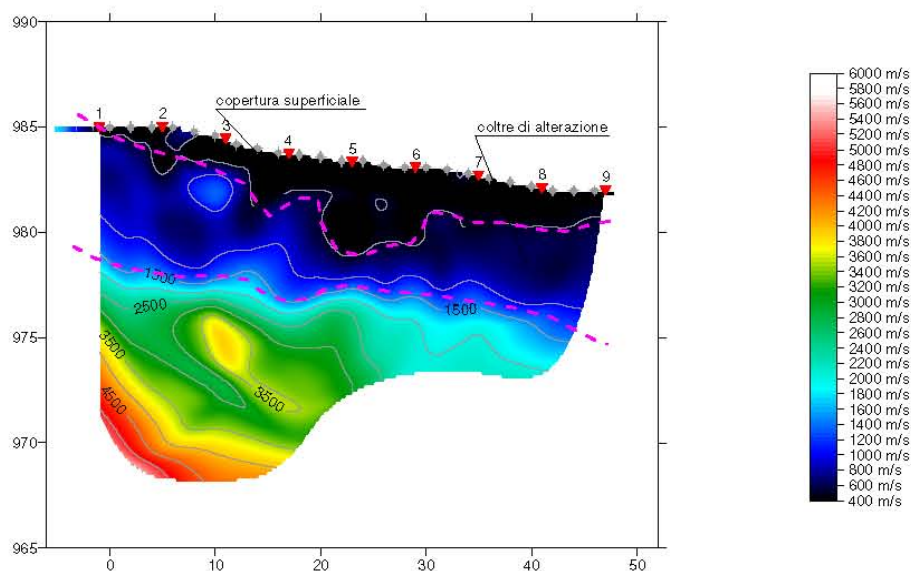
SEZIONE E

E' stata acquisita in successione alla Sezione D, della quale mantiene le caratteristiche geometriche.

In questa sezione si nota:

- un incremento dello spessore della coltre superficiale che, localmente, può conseguire anche 2 m (tra il tiro 5 e il tiro 6);
- anche la porzione di materiali alterati evidenzia un incremento dello spessore che giunge sino a 3 m;
- in questa sezione il bed-rock si presenta sufficientemente omogeneo (naturale incremento della Vs con l'aumento della profondità) e con andamento sub-orizzontale.

Sezione E





Lo stendimento della Sezione E visto dal geofono E₁.

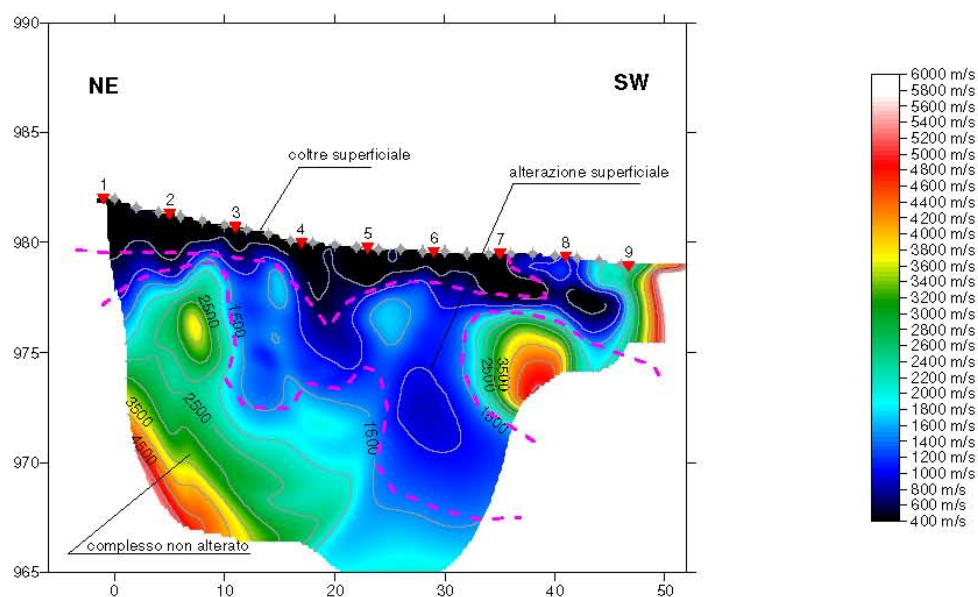
SEZIONE F

Anche questa sezione è costruita in successione a quella descritta in precedenza, mantenendone le caratteristiche geometriche e l'orientamento.

Nel dettaglio si nota:

- debole incremento dello spessore della coltre superficiale;
- incremento dello spessore dei materiali alterati, con presenza di inclusi, anche pluricentrici, di materiale proveniente dal sottostante bed-rock;
- il bed-rock è abbastanza prossimo alla superficie topografica nella porzione iniziale e finale della sezione

Sezione F



Lo stendimento della Sezione F visto dal geofono F₂₄.

Tabella riepilogativa:

SEZIONE GEOFISICA	RISULTATI FINALI
A	Filladi alterate con spessore di circa 1 m – Sottostante il bedrock
B	Circa 3 m di detrito superficiale – Sottostante le filladi fratturate
C	La parte settentrionale dello stendimento risulta essere la più critica con il bedrock non raggiunto dalla analisi geofisica.
D	Lo spessore della copertura superficiale tende a diminuire verso la parte meridionale dello stendimento. Le caratteristiche sismiche e geotecniche migliorano nettamente nella parte meridionale.
E	L'analisi mette in evidenza anche in questo caso un miglioramento delle condizioni verso la parte meridionale
F	Il bedrock è posizionato in prossimità della superficie topografica

14. CARATTERI GEOMORFOLOGICI LOCALI

Per quanto riguarda l'area in studio e oggetto di Proposta di Variante al P.A.I., si conferma quanto ricavato dai numerosi sopralluoghi in campo - indagini in sito. Tali dati sono stati riportati e rappresentati all'interno della tavola - Carta Geomorfológica.

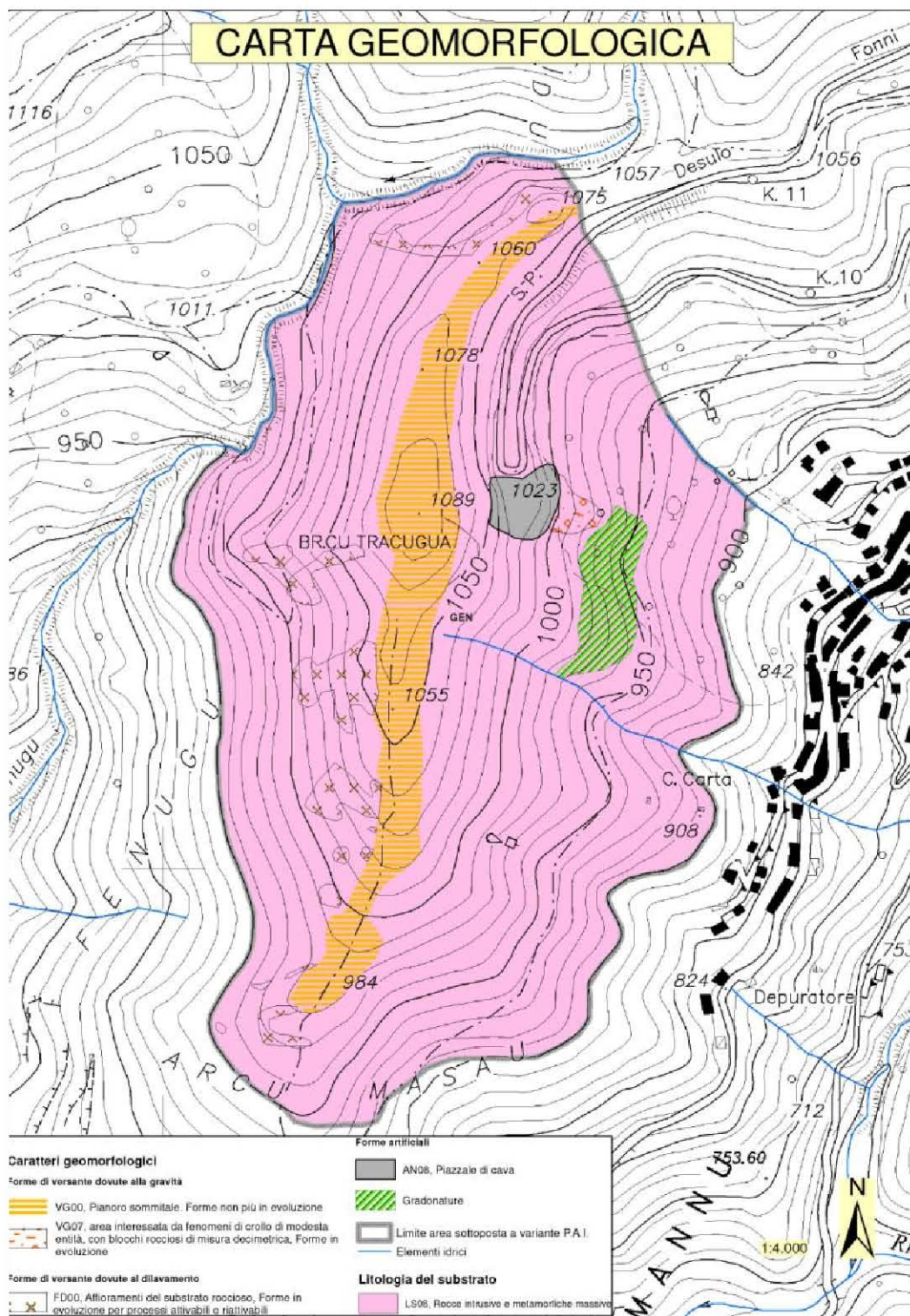


Figura 18: Carta geomorfologica elaborata all'interno del presente studio PROPOSTA DI VARIANTE AL PAI

Le informazioni ricavate e i dati elaborati si possono di seguito riassumere:

- il versante oggetto di studio si presenta nel suo complesso stabile;
- La parte di versante con perimetrazione proposta pari ad Hg2 – Hg1 non viene interessata da frane tipologia rotolamento/ribaltamento di blocchi;
- la coltre di alterazione delle Filladi risulta completamente assente nella parte alta del versante, quest'ultimo costituito esclusivamente da terreno vegetale (spessore circa 5 cm) e substrato roccioso alterato-sano;
- all'interno del deposito rappresentato dal limo - sabbia di alterazione delle filladi non è presente una circolazione idrica sotterranea superficiale;
- la profondità di ubicazione del substrato roccioso sano risulta variabile da circa 5,0 - 10 cm da p.c. nella parte di sommitale del versante – pianoro in località Bruncu Tracugua, a circa 2,0 – 3,0 metri nel settore ubicato al di sotto della strada provinciale n°7 Desulo Fonni (area confermata con pericolosità geomorfologica elevata pari ad Hg3);
- data la limitata estensione dell'area da indagare e la chiara condizione geomorfologica locale, non sono state eseguite ulteriori analisi - verifiche di stabilità del versante rispetto a quelle poste in allegato;
- le sezioni verifica di stabilità del versante sono state costruite in modo da poter essere utilizzata come sezione geologica rappresentativa dell'intero versante in esame.

15. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio riguarda la Predisposizione di studi di maggior dettaglio per la definizione dei livelli di pericolosità e rischio idrogeologico, relativamente all'area indagata - Agro del comune di Desulo (NU) - località Melanu - Battianule, Bruncu Tracugua.

Esso ha permesso di approfondire, mediante opportuni studi e analisi, tutti quei fenomeni di natura geomorfologica, potenziali o in atto, che possono incidere sulla sicurezza della popolazione e del territorio.

In ragione della finalità prima e della natura del presente lavoro, il quale nasce come approfondimento di studi preesistenti, è stata impiegata una scala di dettaglio 1:1.000 nell'esecuzione dei rilievi sul campo, nell'applicazione dell'iter metodologico e nella elaborazione dei temi di zonizzazione finale (Hg). Ciò ha consentito di aggiornare le perimetrazioni della Pericolosità (Hg) di frana attualmente vigenti in conseguenza delle risultanze dello studio di dettaglio effettuato sul territorio in esame.

I numerosi rilievi di campagna, le analisi di laboratorio Variante PAI 2013 e le verifiche di stabilità dei versanti, hanno inoltre fornito una serie concreta di elementi complementari, sia di ordine geomorfologico che geotecnico - geomeccanico, che hanno arricchito il percorso di analisi e di definizione della pericolosità da frana previsto dalle Linee Guida del P.A.I., portando ad una revisione delle aree e della pericolosità molto accurata e aderente alla realtà geologica dell'area.

La strutturazione dei rilievi in studio è legata alla tettonica ercinica e certamente a un sistema morfoclimatico diverso dall'attuale. Attualmente, infatti, i corsi d'acqua temporanei che attraversano o lambiscono l'area in esame, non paiono svolgere alcuna azione morfologica significativa, così come i processi legati alla gravità.

Inoltre, non vi è alcuna notizia o riferimento storico (IFFI – P.A.I. – AVI) che indichi dissesti o movimenti franosi nell'area studiata.

Al fine di valutare analiticamente la stabilità generale dell'area in studio sono state eseguite delle verifiche di stabilità del versante.

La verifica è stata realizzata in modo tale da comprendere l'intero versante. I dati sono stati elaborati con un programma elettronico secondo i Metodi di Fellenius e Bishop - Janbu semplificati, considerando, nei tre metodi, due differenti situazioni, ossia: **a)** assenza di falda idrica - **b)** presenza di falda idrica prossima al piano di campagna.

In entrambi i casi, si sono quindi, ipotizzate condizioni decisamente peggiorative rispetto a quelle effettivamente reali, nelle quali invece, si è in presenza di un versante stabile (relativamente

alle aree proposte con una classe di pericolosità franosa in diminuzione, da Hg3 a Hg2, da Hg2 a Hg1).

Per quanto concerne l'area in esame, è stata in parte confermata la pericolosità di frana del P.A.I. vigente, mentre, in diversi casi, si propone un declassamento del grado di pericolosità Hg. Le classi con grado di pericolosità in aumento, quindi molto elevata Hg4, non vengono mai proposte all'interno del presente studio di proposta di variante.

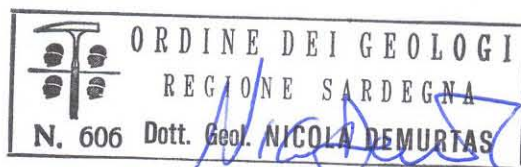
Il fine ultimo del presente studio è quello di fornire un valido strumento di programmazione territoriale che tenga conto della sostenibilità in termini di pericolosità e rischio franoso. Il prodotto finale dell'iter metodologico adottato è rappresentato dalle carte tematiche di Hg le quali rappresentano la zonizzazione della pericolosità franosa dell'area in esame, e per la cui applicazione pratica sul territorio si rimanda alle prescrizioni delle Norme di Attuazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico.

Per quanto concerne il suddetto rischio franoso e in riferimento alle nuove carte del danno potenziale di recente redazione (PGRA Regione Sardegna – Elementi a rischio), si conferma che nell'area in studio ci sono delle variazioni di perimetrazione del rischio franoso in aumento.

Si precisa che tale variazione in aumento della classe di rischio è data semplicemente da un maggiore dettaglio dal danno potenziale attuale – elementi a rischio rispetto a quello vigente, quest'ultimo realizzato nel 2006 (Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006). La nuova classe di rischio è data dalla presenza di un elemento lineare (sottoservizio) - condotta idrica interrata, che collega l'abitato di Desulo con quello di Tonara. Si ribadisce infine che non sono presenti, nel tratto in esame, movimenti franosi che possono compromettere il suddetto elemento a rischio (condotta idrica) e la sua stabilità.

Il tecnico

Dott. Geol. Nicola Demurtas



ALLEGATI

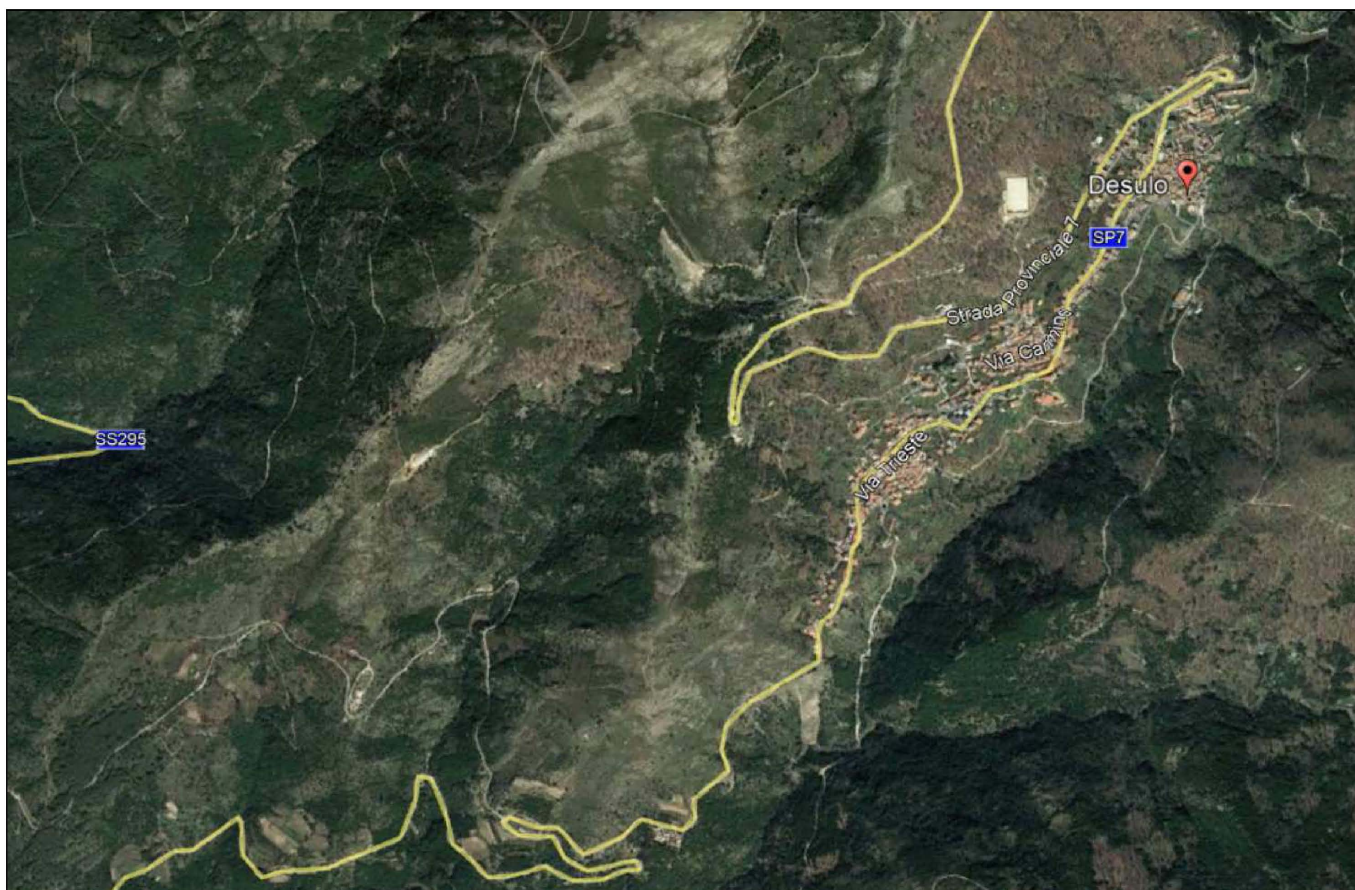
ALLEGATO 1

DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA



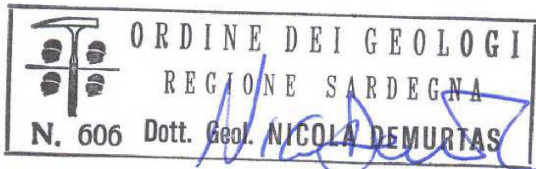
COMUNE DI DESULO

Provincia di Nuoro

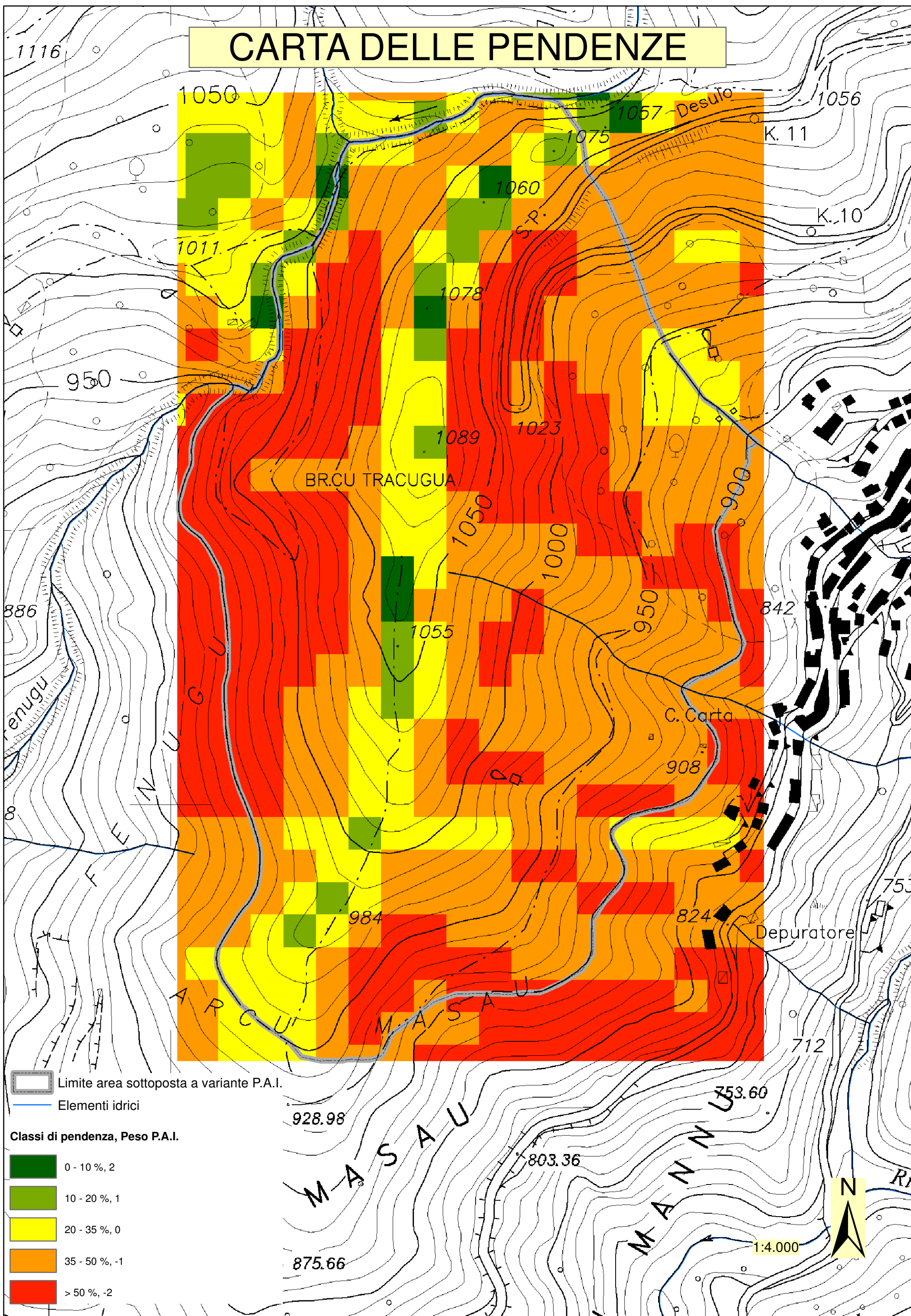


**VARIANTE AL P.A.I. AI SENSI DELL'ART. 37 COMMA 3 LETTERA B – STUDIO DI
MAGGIOR DETTAGLIO SUI LIVELLI DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA NELL'AREA
SITA IN LOCALITÀ MELANU - LOCALITÀ BATTIANULE - LOCALITÀ BRUNCU
TRACUGUA IN AGRO DEL COMUNE DI DESULO (NU)**

TAV. 1 – CARTA DELLE PENDENZE SCALA 1:4.000

Data: Giugno 2020	Il tecnico Dott. Geol. Nicola Demurtas 
Il committente: Azienda agricola e zootecnica di Sonia Peddio Loc. Melanu 08032 Desulo PARTITA iva 03719050928	

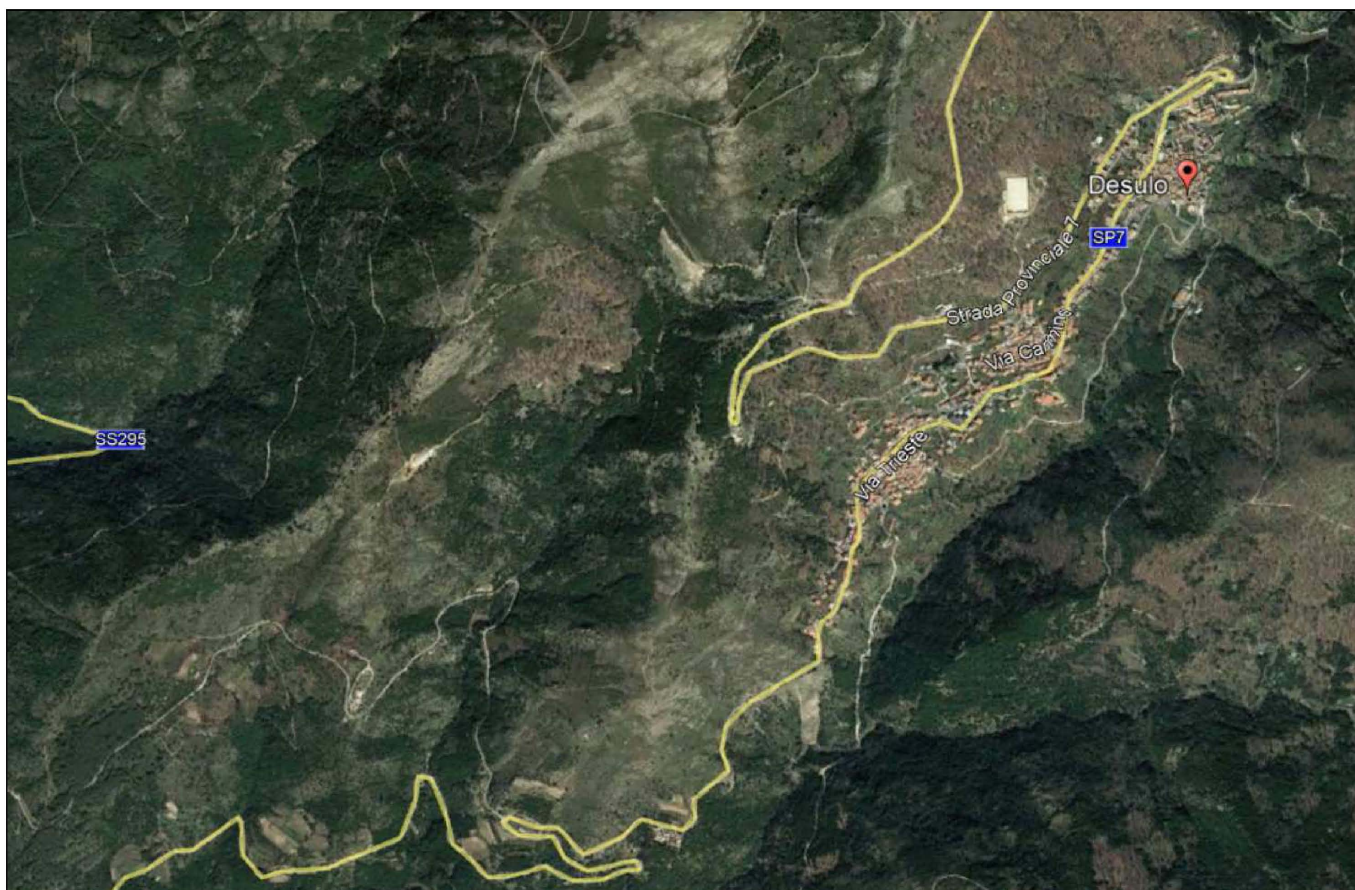
CARTA DELLE PENDENZE





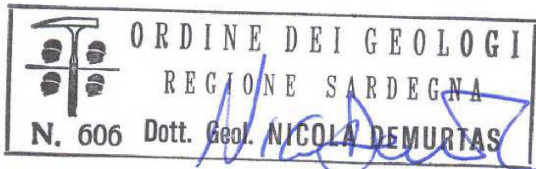
COMUNE DI DESULO

Provincia di Nuoro

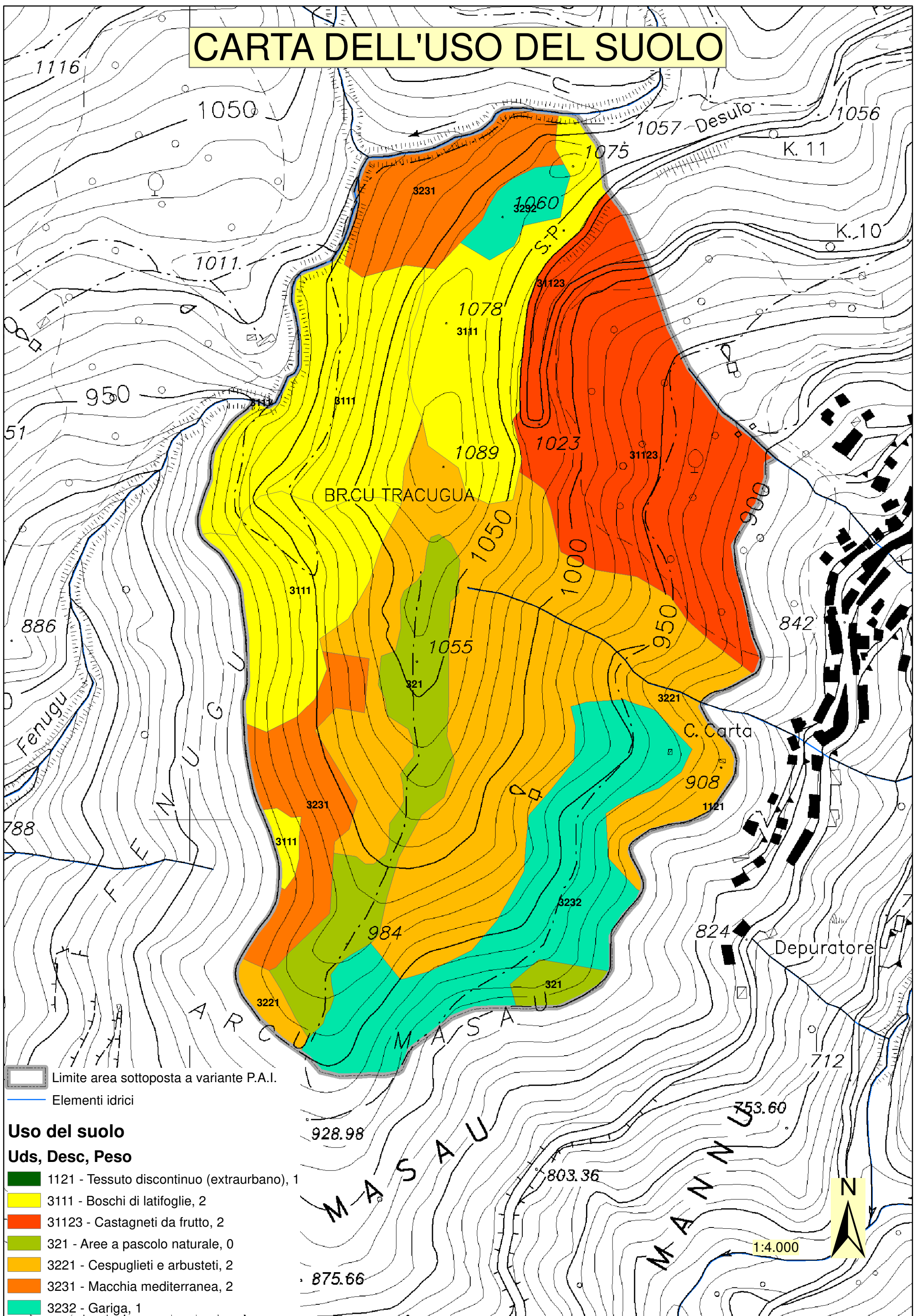


**VARIANTE AL P.A.I. AI SENSI DELL'ART. 37 COMMA 3 LETTERA B – STUDIO DI
MAGGIOR DETTAGLIO SUI LIVELLI DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA NELL'AREA
SITA IN LOCALITÀ MELANU - LOCALITÀ BATTIANULE - LOCALITÀ BRUNCU
TRACUGUA IN AGRO DEL COMUNE DI DESULO (NU)**

TAV. 2 – CARTA DELL'USO DEL SUOLO 1:4.000

Data: Giugno 2020	Il tecnico Dott. Geol. Nicola Demurtas 
Il committente: Azienda agricola e zootecnica di Sonia Peddio Loc. Melanu 08032 Desulo PARTITA iva 03719050928	

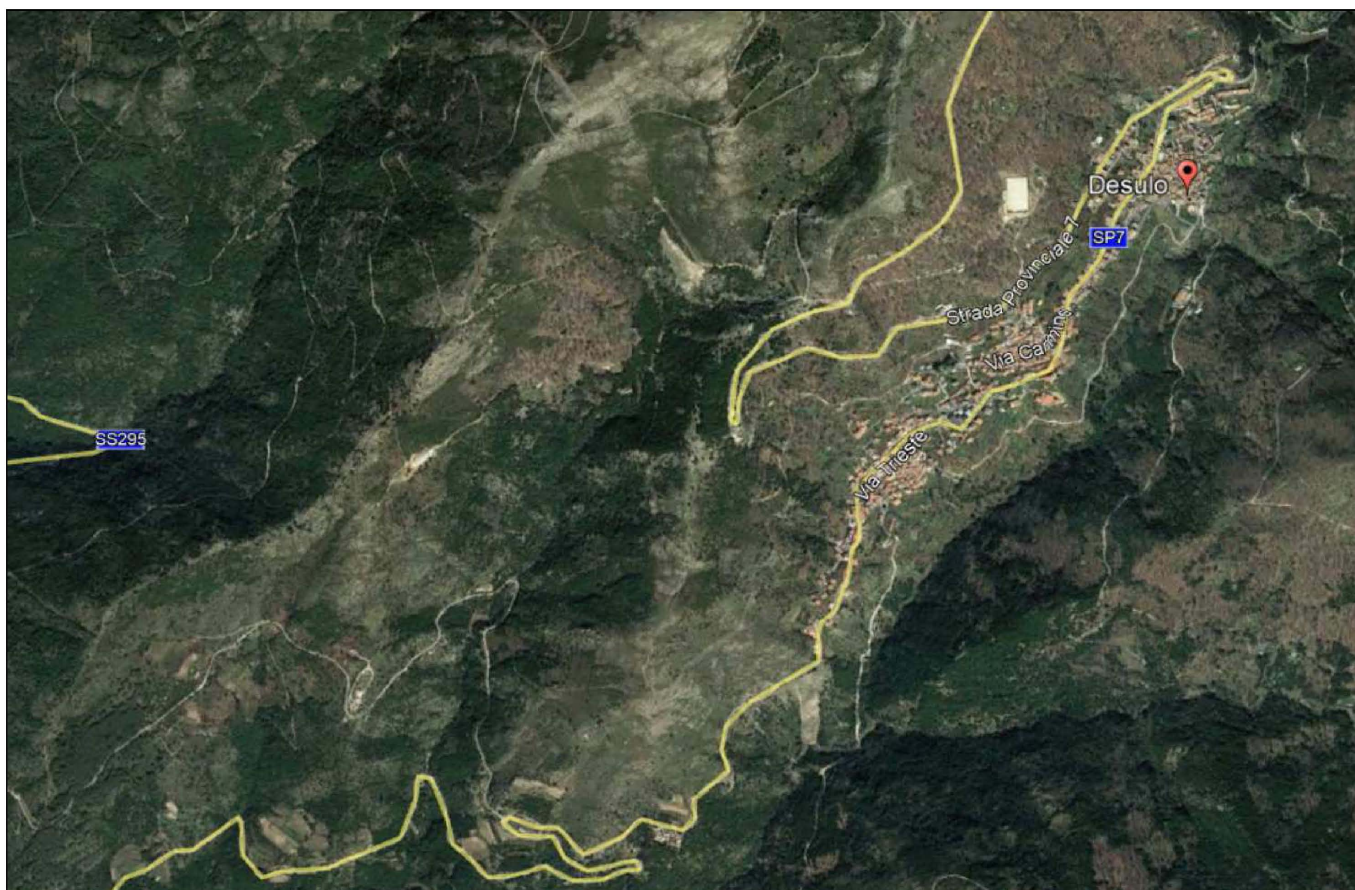
CARTA DELL'USO DEL SUOLO





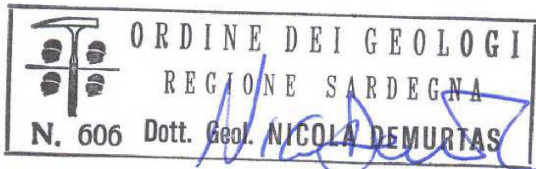
COMUNE DI DESULO

Provincia di Nuoro

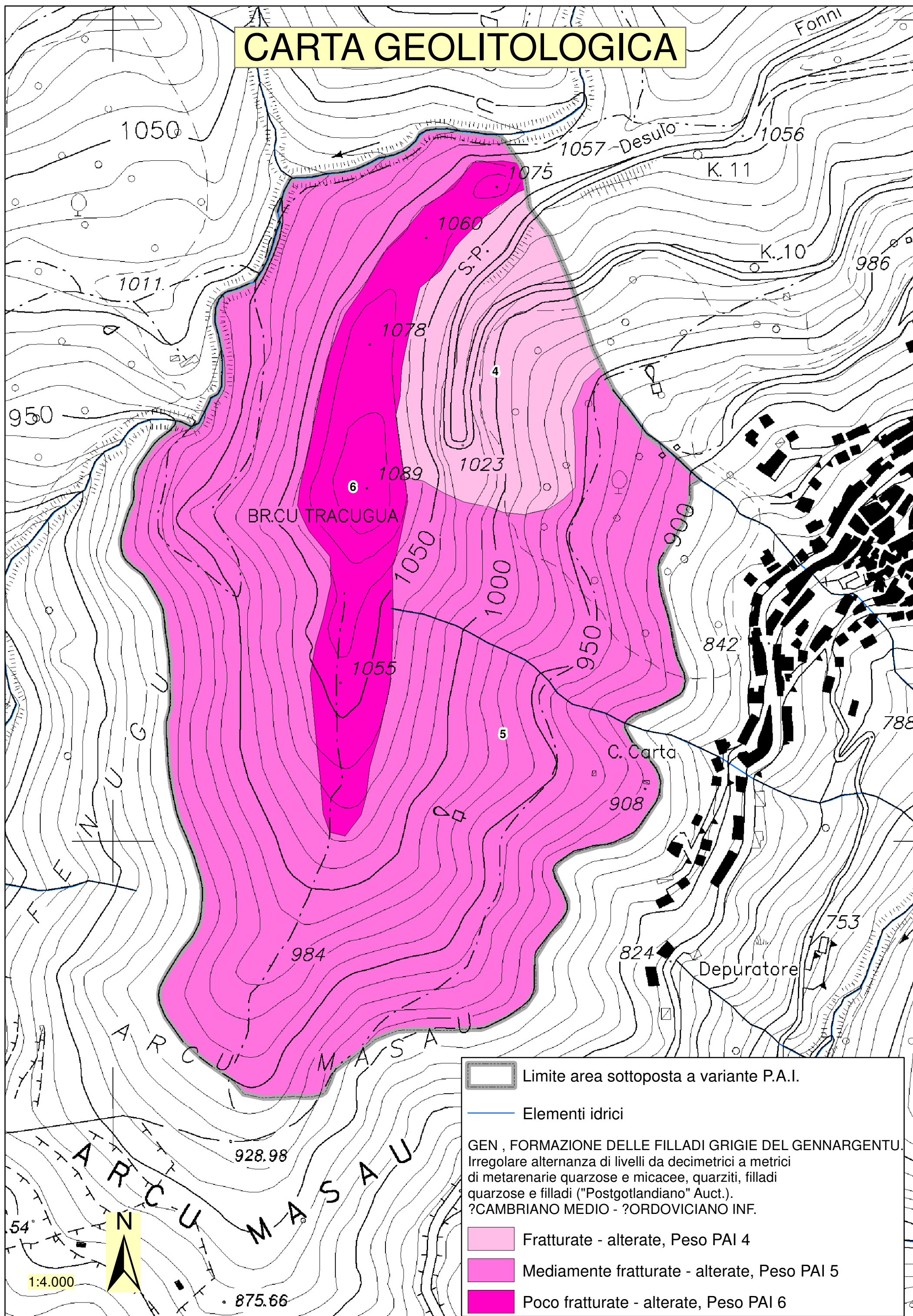


**VARIANTE AL P.A.I. AI SENSI DELL'ART. 37 COMMA 3 LETTERA B – STUDIO DI
MAGGIOR DETTAGLIO SUI LIVELLI DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA NELL'AREA
SITA IN LOCALITÀ MELANU - LOCALITÀ BATTIANULE - LOCALITÀ BRUNCU
TRACUGUA IN AGRO DEL COMUNE DI DESULO (NU)**

TAV. 3 – CARTA GEOLITOLOGICA 1:4.000

Data: Giugno 2020	Il tecnico Dott. Geol. Nicola Demurtas 
Il committente: Azienda agricola e zootecnica di Sonia Peddio Loc. Melanu 08032 Desulo PARTITA iva 03719050928	

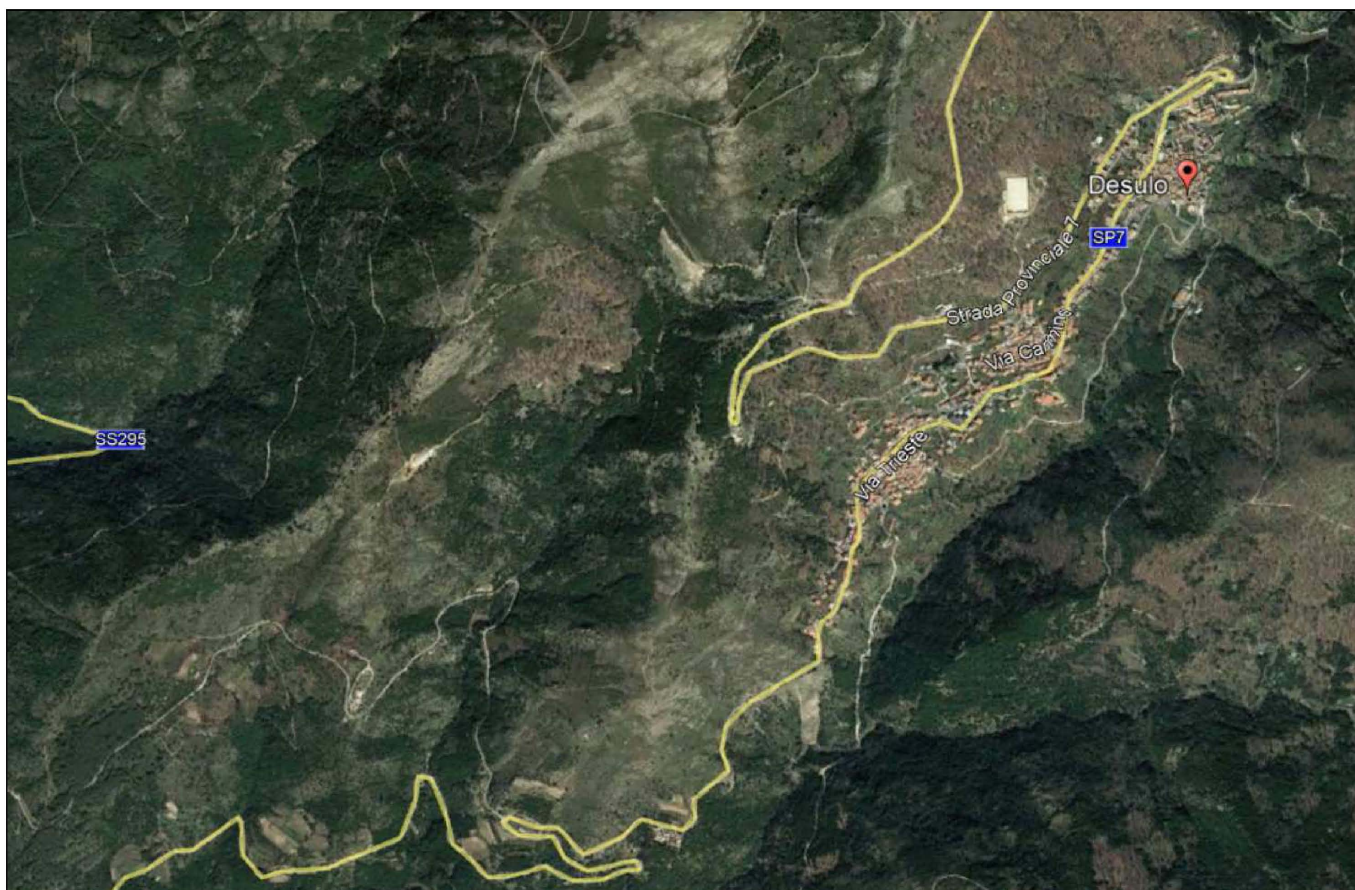
CARTA GEOLITOLOGICA





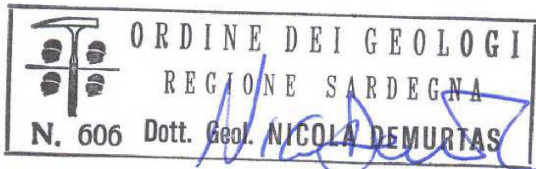
COMUNE DI DESULO

Provincia di Nuoro

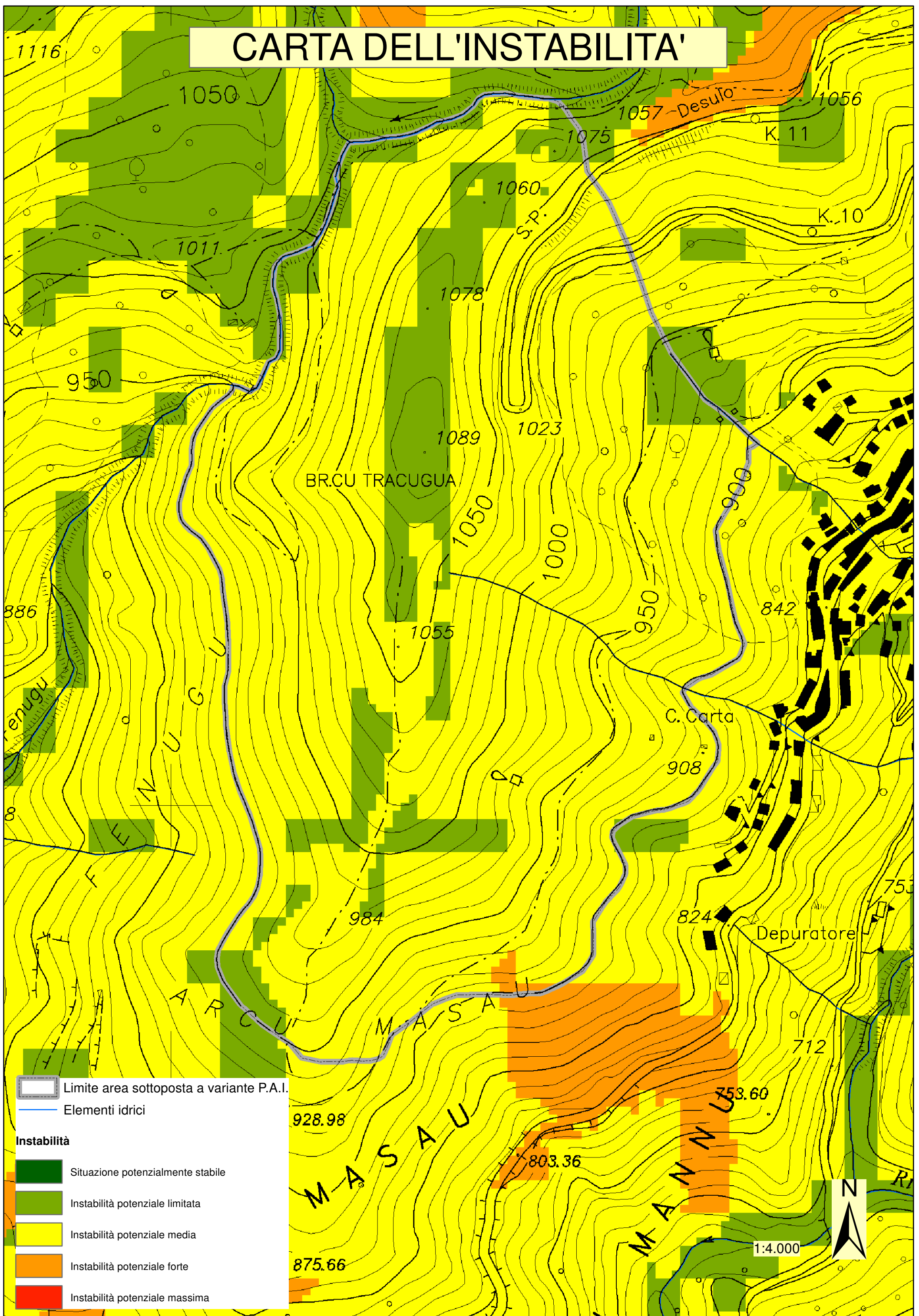


**VARIANTE AL P.A.I. AI SENSI DELL'ART. 37 COMMA 3 LETTERA B – STUDIO DI
MAGGIOR DETTAGLIO SUI LIVELLI DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA NELL'AREA
SITA IN LOCALITÀ MELANU - LOCALITÀ BATTIANULE - LOCALITÀ BRUNCU
TRACUGUA IN AGRO DEL COMUNE DI DESULO (NU)**

TAV. 4 – CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE 1:4.000

Data: Giugno 2020	Il tecnico Dott. Geol. Nicola Demurtas 
Il committente: Azienda agricola e zootecnica di Sonia Peddio Loc. Melanu 08032 Desulo PARTITA iva 03719050928	

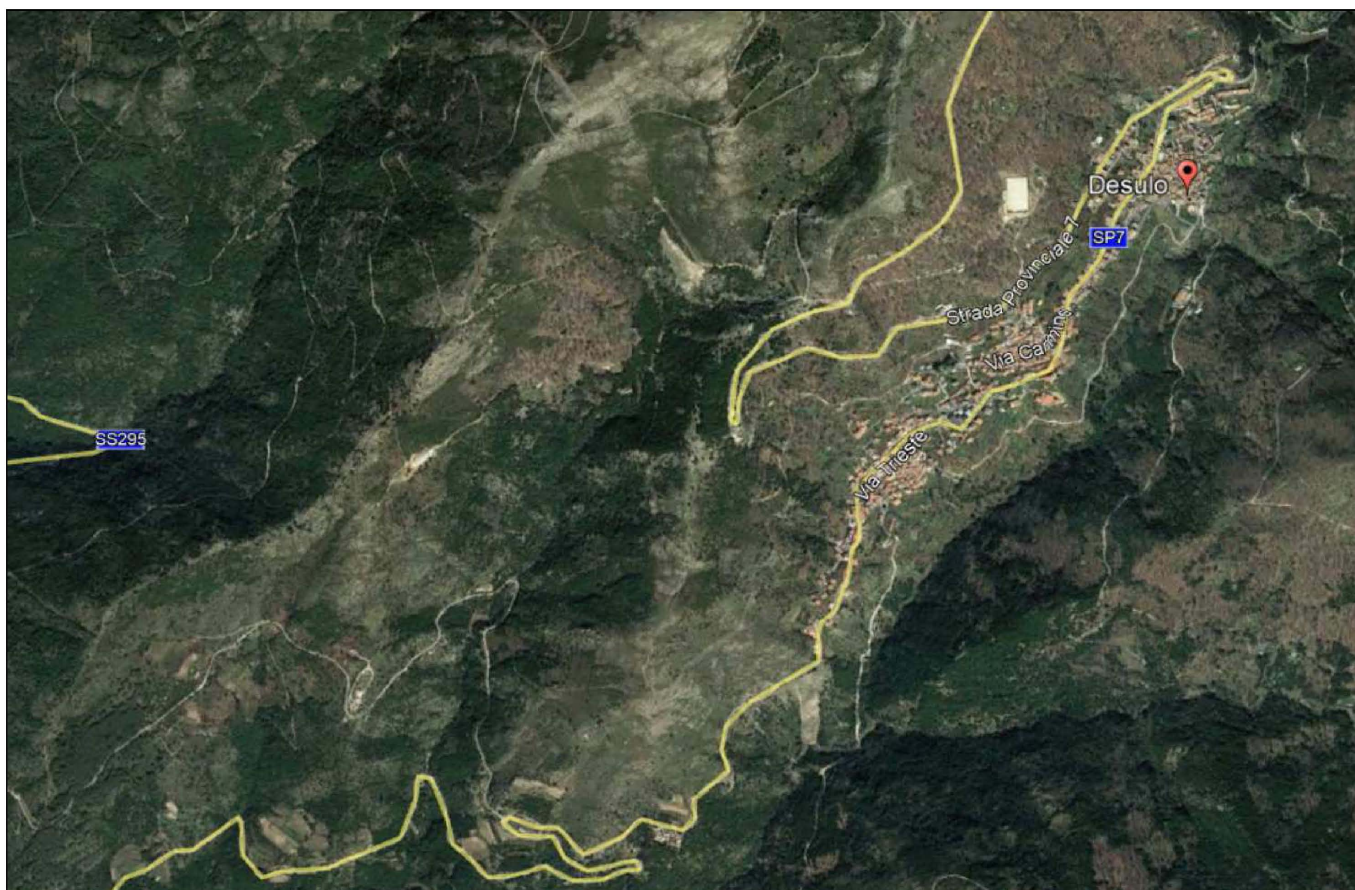
CARTA DELL'INSTABILITA'





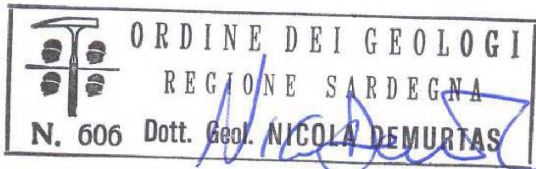
COMUNE DI DESULO

Provincia di Nuoro

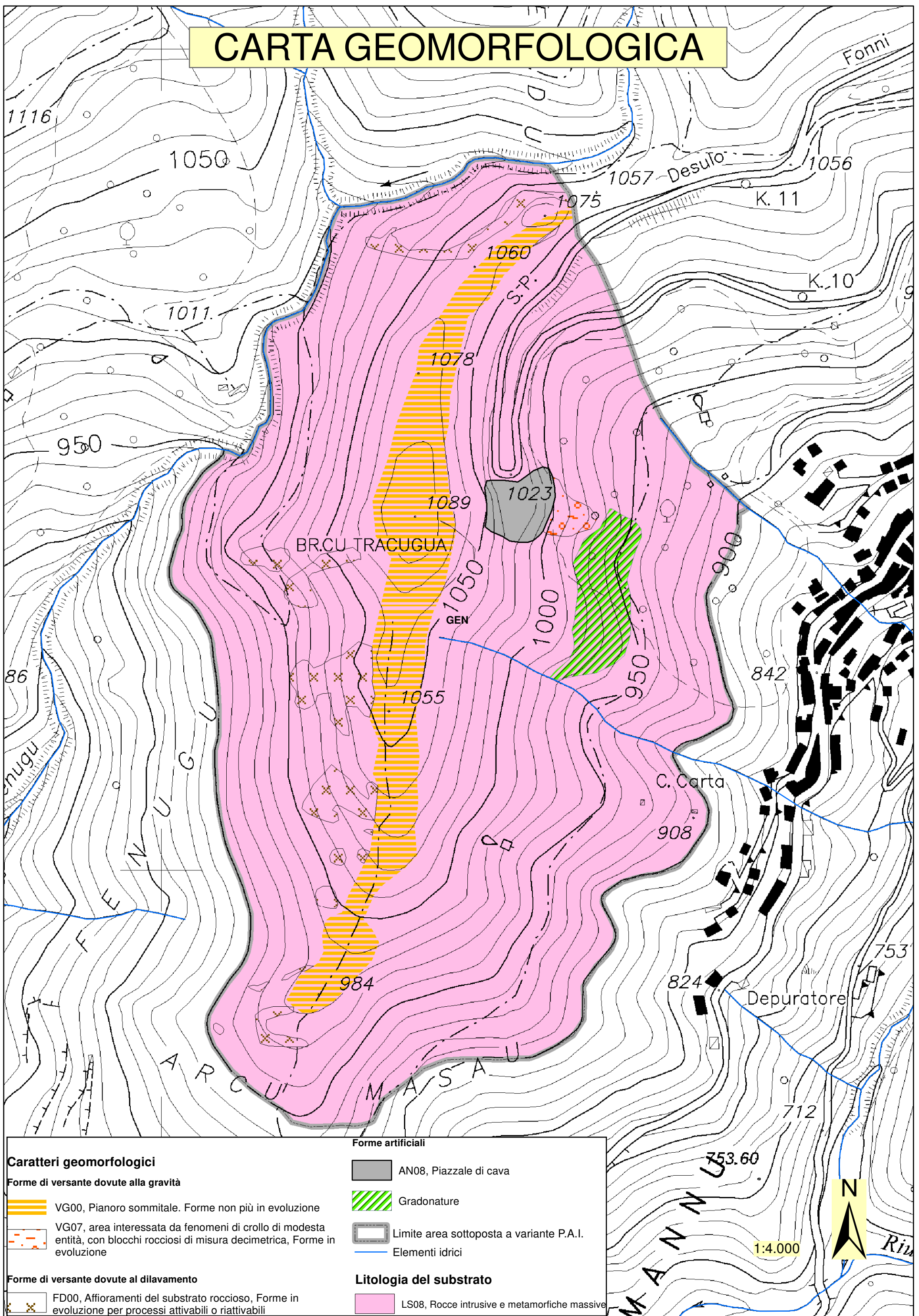


**VARIANTE AL P.A.I. AI SENSI DELL'ART. 37 COMMA 3 LETTERA B – STUDIO DI
MAGGIOR DETTAGLIO SUI LIVELLI DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA NELL'AREA
SITA IN LOCALITÀ MELANU - LOCALITÀ BATTIANULE - LOCALITÀ BRUNCU
TRACUGUA IN AGRO DEL COMUNE DI DESULO (NU)**

TAV. 5 – CARTA GEOMORFOLOGICA 1:4.000

Data: Giugno 2020	Il tecnico Dott. Geol. Nicola Demurtas 
Il committente: Azienda agricola e zootecnica di Sonia Peddio Loc. Melanu 08032 Desulo PARTITA iva 03719050928	

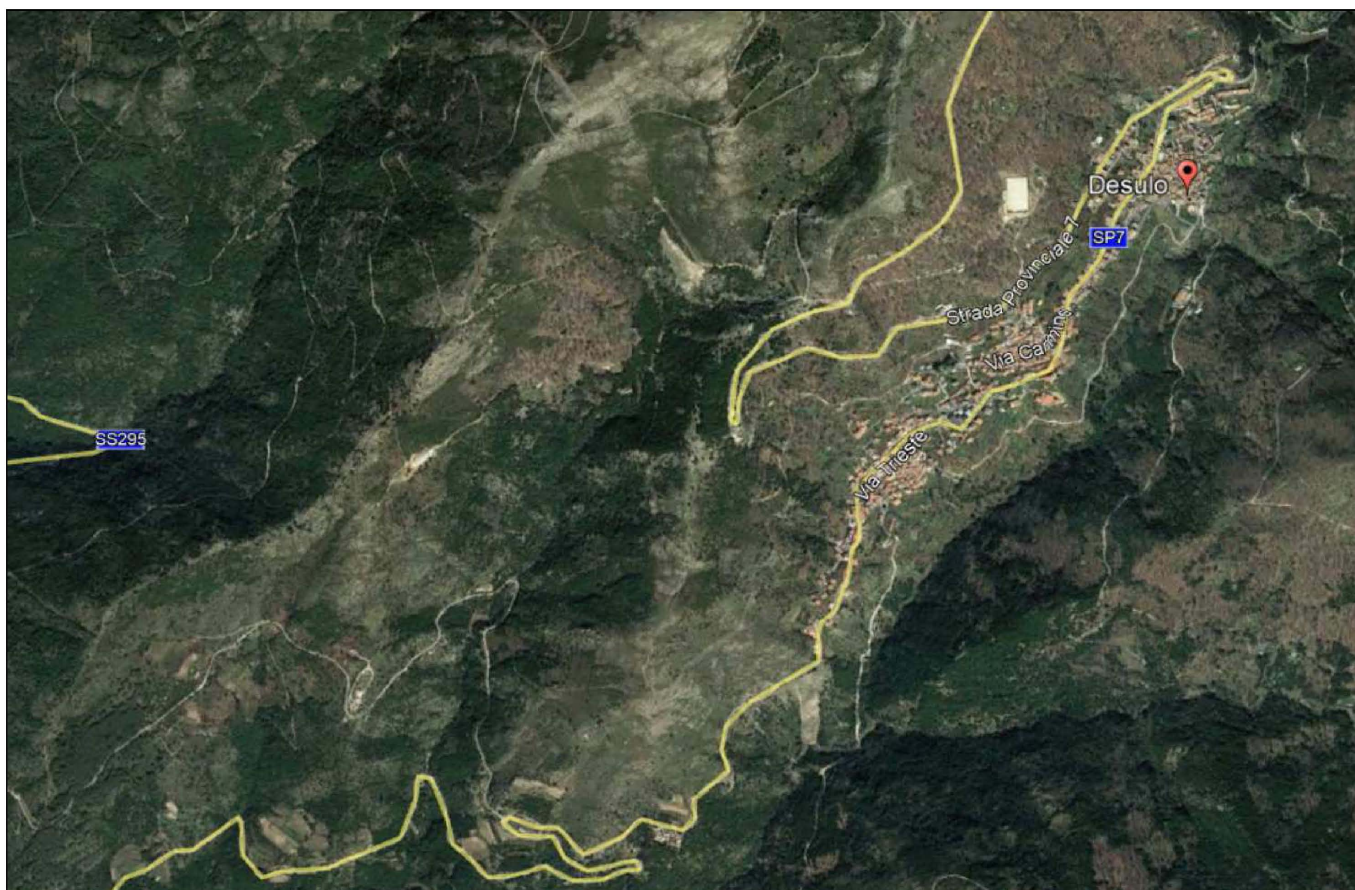
CARTA GEOMORFOLOGICA





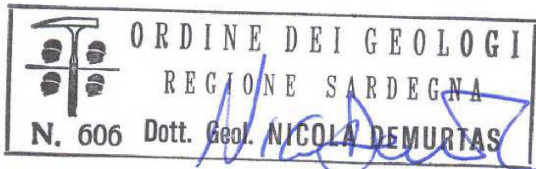
COMUNE DI DESULO

Provincia di Nuoro

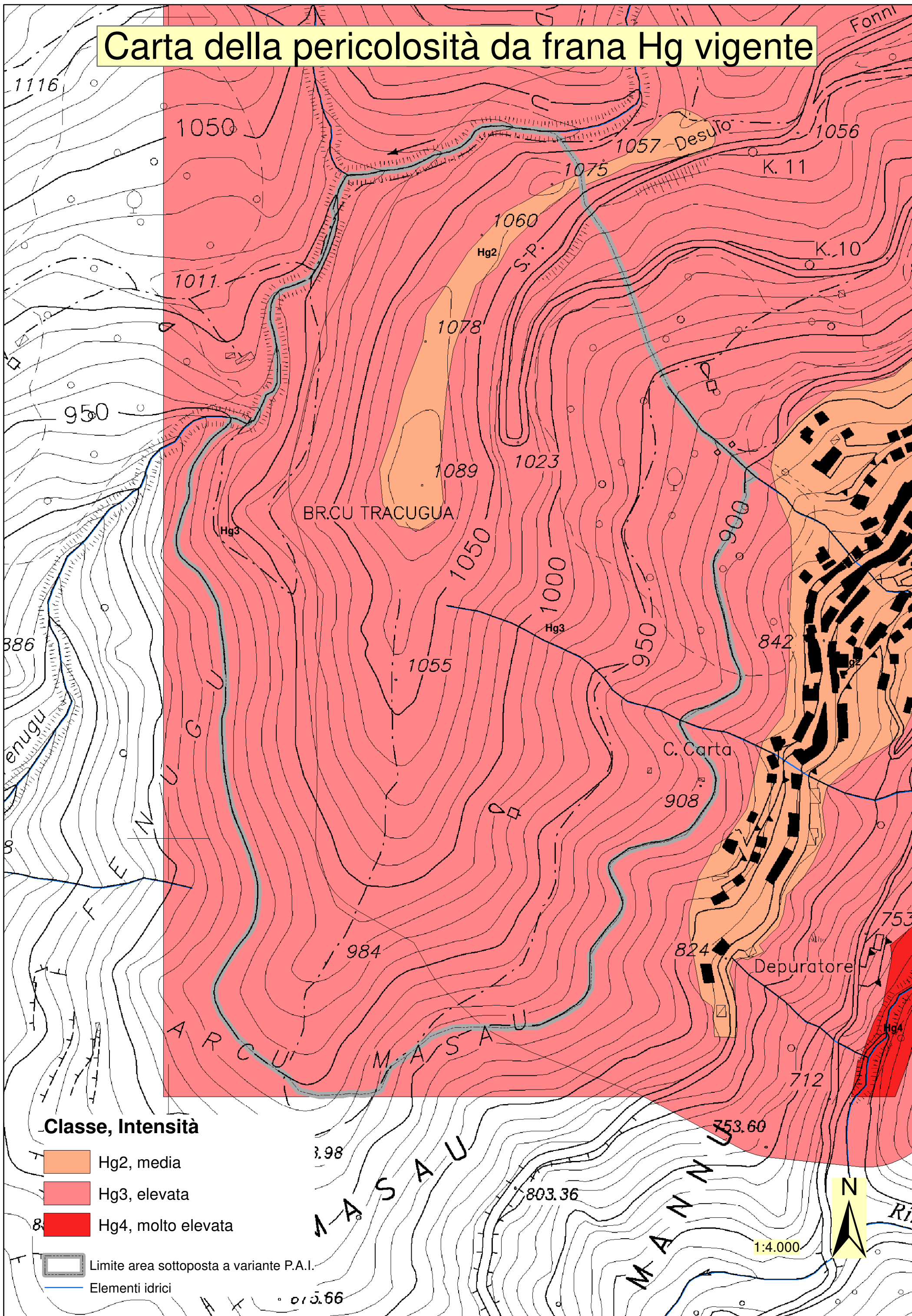


**VARIANTE AL P.A.I. AI SENSI DELL'ART. 37 COMMA 3 LETTERA B – STUDIO DI
MAGGIOR DETTAGLIO SUI LIVELLI DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA NELL'AREA
SITA IN LOCALITÀ MELANU - LOCALITÀ BATTIANULE - LOCALITÀ BRUNCU
TRACUGUA IN AGRO DEL COMUNE DI DESULO (NU)**

TAV. 6 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA VIGENTE 1:4.000

Data: Giugno 2020	Il tecnico Dott. Geol. Nicola Demurtas 
Il committente: Azienda agricola e zootecnica di Sonia Peddio Loc. Melanu 08032 Desulo PARTITA iva 03719050928	

Carta della pericolosità da frana Hg vigente





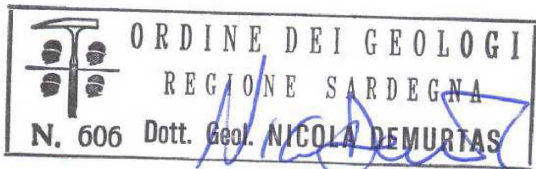
COMUNE DI DESULO

Provincia di Nuoro

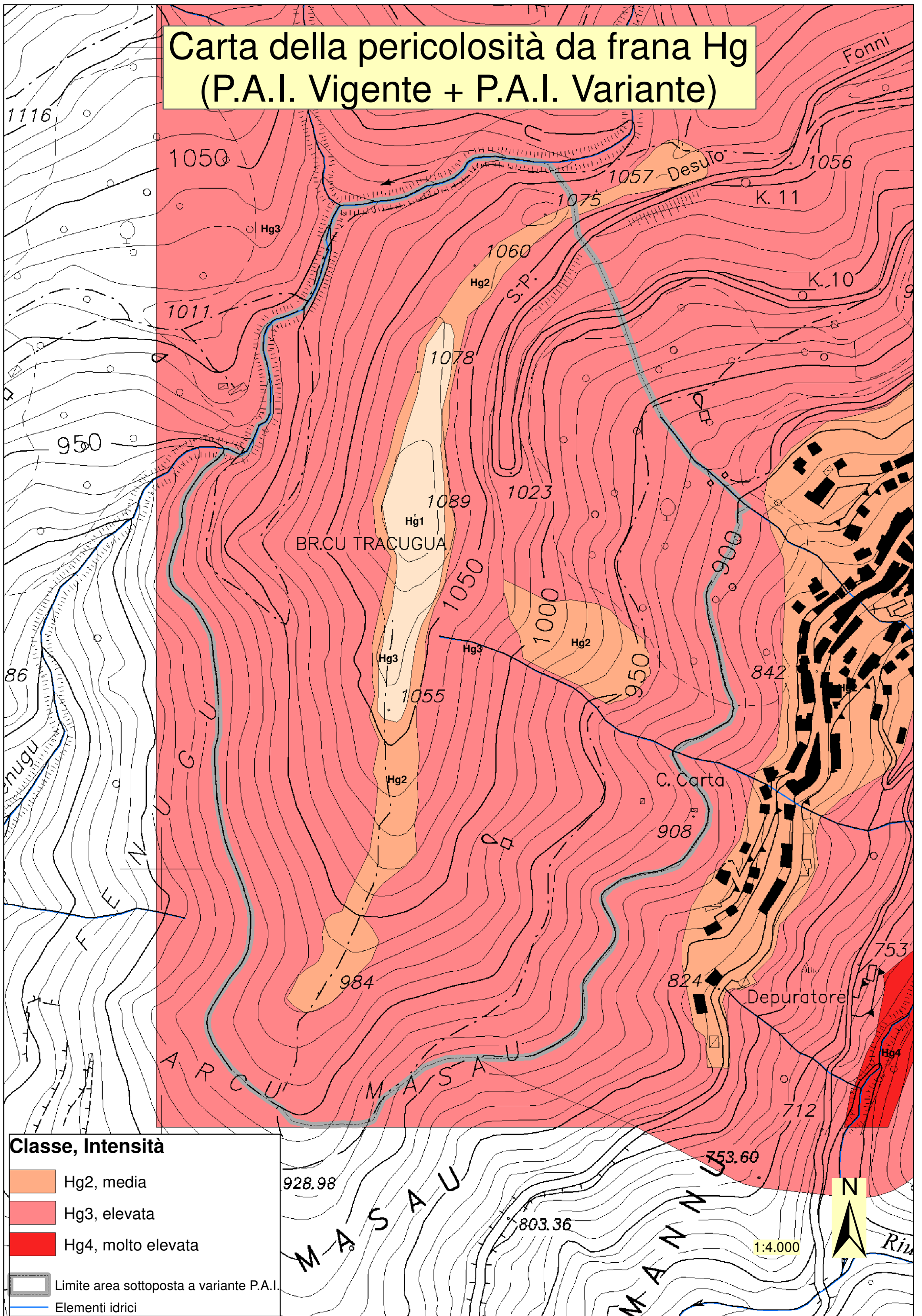


**VARIANTE AL P.A.I. AI SENSI DELL'ART. 37 COMMA 3 LETTERA B – STUDIO DI
MAGGIOR DETTAGLIO SUI LIVELLI DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA NELL'AREA
SITA IN LOCALITÀ MELANU - LOCALITÀ BATTIANULE - LOCALITÀ BRUNCU
TRACUGUA IN AGRO DEL COMUNE DI DESULO (NU)**

TAV. 7 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA HG (VIGENTE + VARIANTE) 1:4.000

Data: Giugno 2020	Il tecnico Dott. Geol. Nicola Demurtas 
Il committente: Azienda agricola e zootecnica di Sonia Peddio Loc. Melanu 08032 Desulo PARTITA iva 03719050928	

Carta della pericolosità da frana Hg (P.A.I. Vigente + P.A.I. Variante)





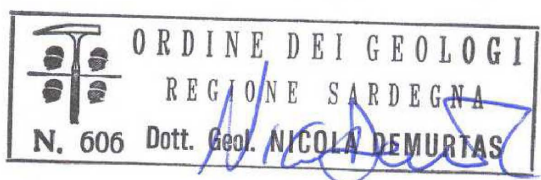
COMUNE DI DESULO

Provincia di Nuoro

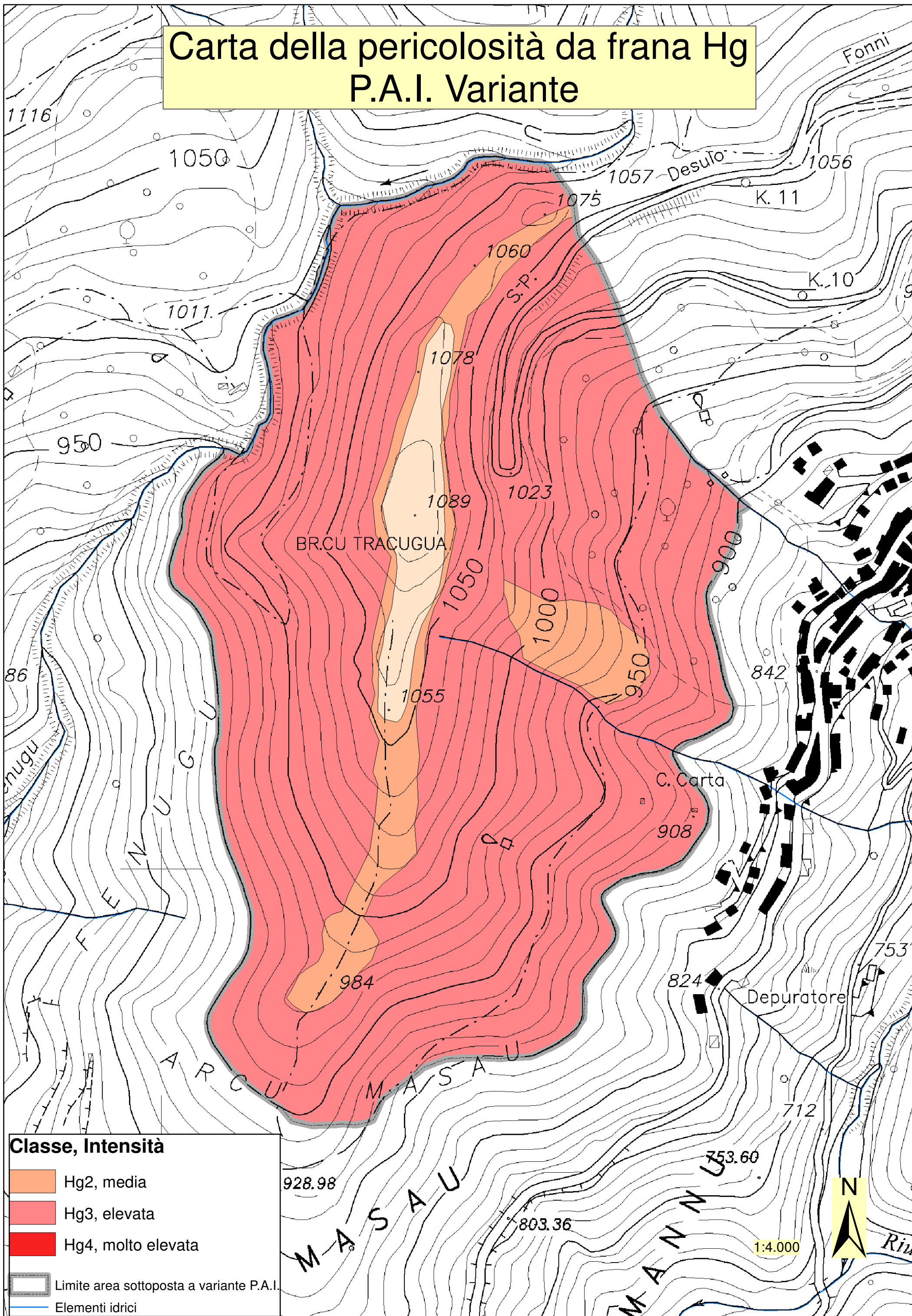


**VARIANTE AL P.A.I. AI SENSI DELL'ART. 37 COMMA 3 LETTERA B – STUDIO DI
MAGGIOR DETTAGLIO SUI LIVELLI DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA NELL'AREA
SITA IN LOCALITÀ MELANU - LOCALITÀ BATTIANULE - LOCALITÀ BRUNCU
TRACUGUA IN AGRO DEL COMUNE DI DESULO (NU)**

TAV. 8 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA HG – PAI VARIANTE 1:4.000

Data: Giugno 2020	Il tecnico Dott. Geol. Nicola Demurtas 
Il committente: Azienda agricola e zootecnica di Sonia Peddio Loc. Melanu 08032 Desulo PARTITA iva 03719050928	

Carta della pericolosità da frana Hg P.A.I. Variante





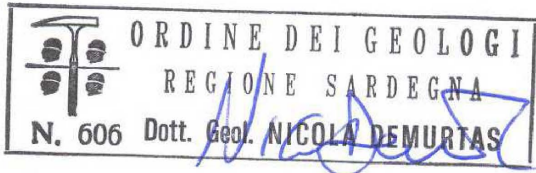
COMUNE DI DESULO

Provincia di Nuoro

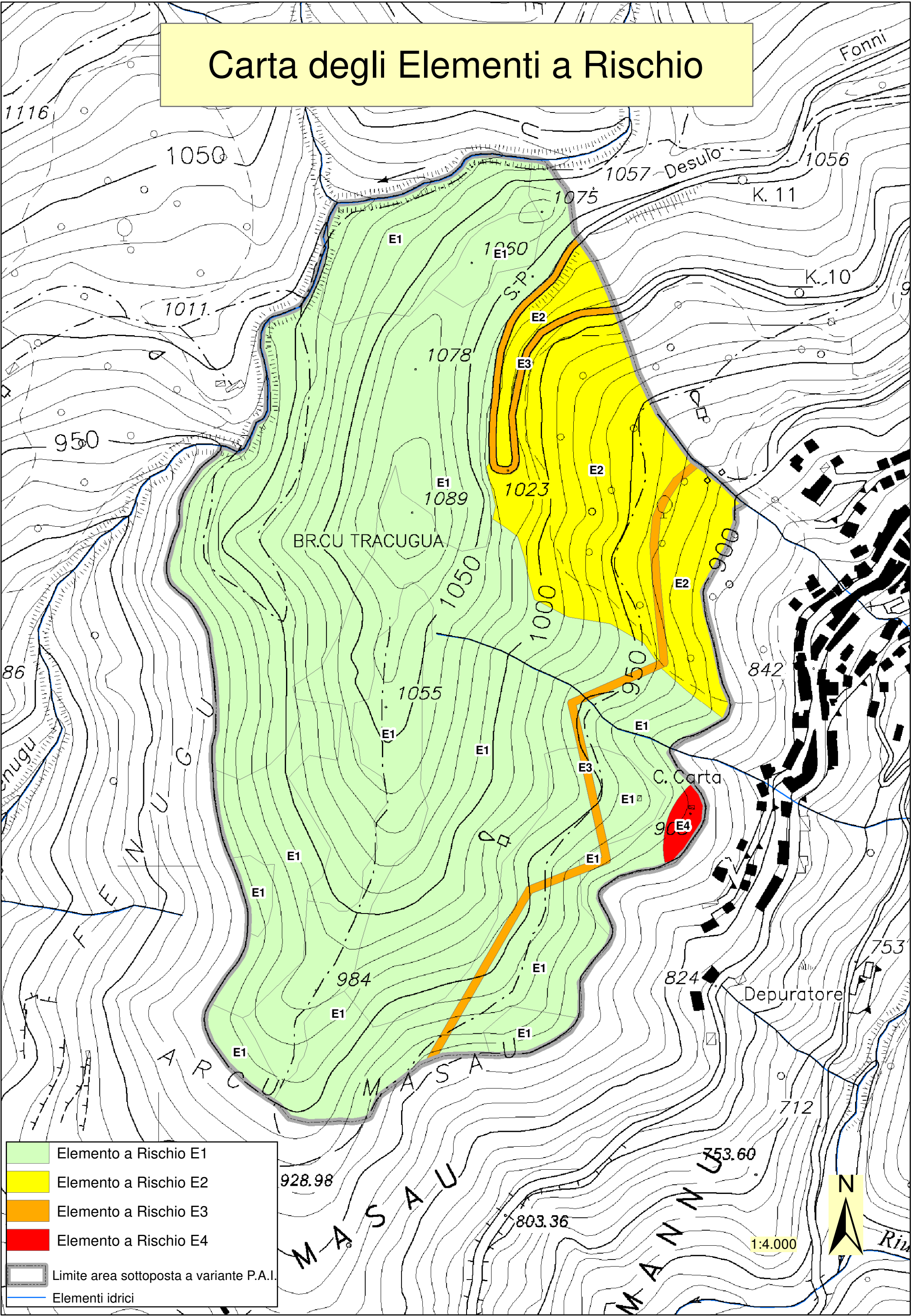


**VARIANTE AL P.A.I. AI SENSI DELL'ART. 37 COMMA 3 LETTERA B – STUDIO DI
MAGGIOR DETTAGLIO SUI LIVELLI DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA NELL'AREA
SITA IN LOCALITÀ MELANU - LOCALITÀ BATTIANULE - LOCALITÀ BRUNCU
TRACUGUA IN AGRO DEL COMUNE DI DESULO (NU)**

TAV. 9 – CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO 1:4.000

Data: Giugno 2020	Il tecnico Dott. Geol. Nicola Demurtas 
Il committente: Azienda agricola e zootecnica di Sonia Peddio Loc. Melanu 08032 Desulo PARTITA iva 03719050928	

Carta degli Elementi a Rischio





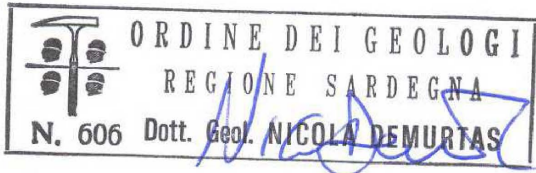
COMUNE DI DESULO

Provincia di Nuoro

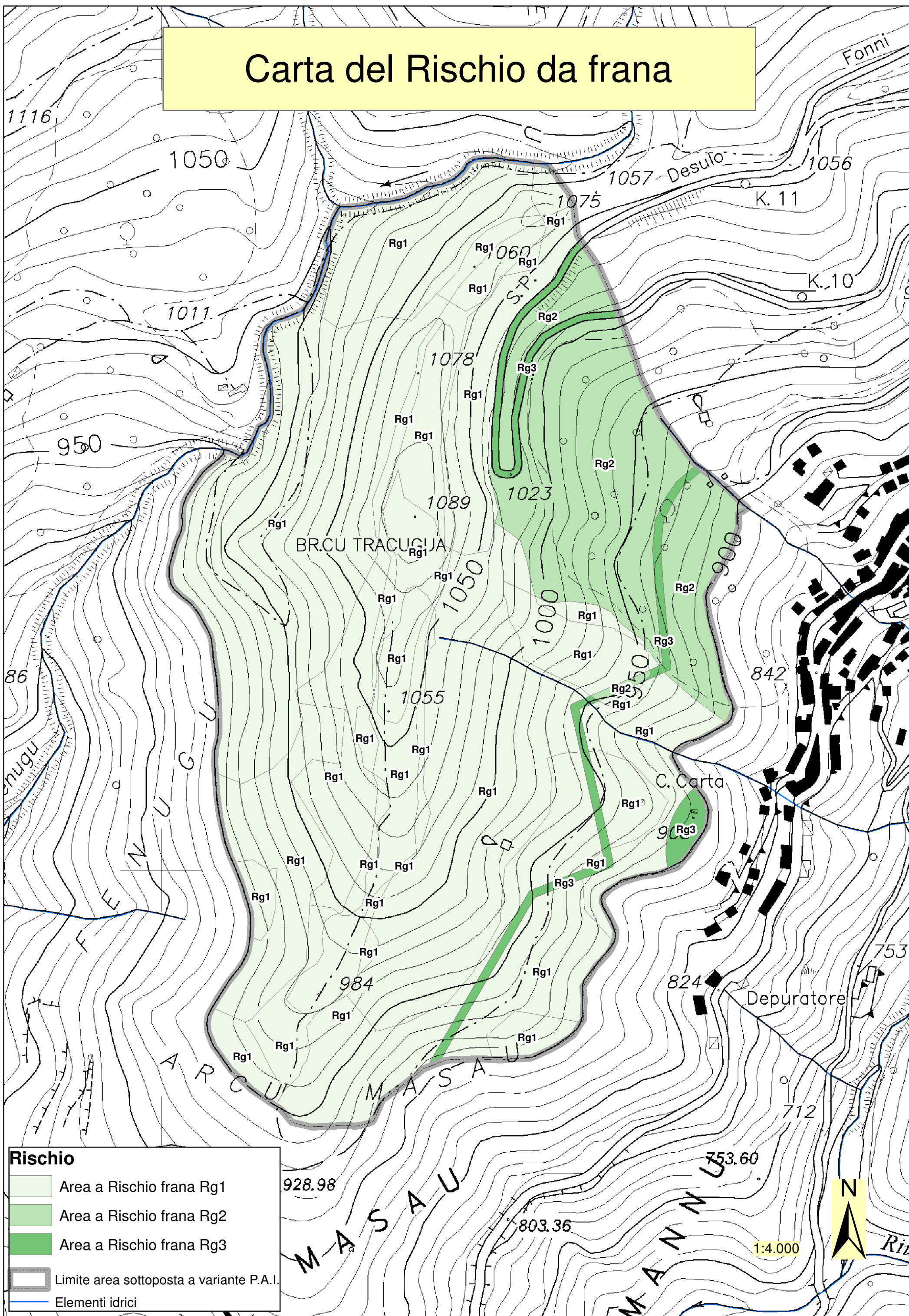


**VARIANTE AL P.A.I. AI SENSI DELL'ART. 37 COMMA 3 LETTERA B – STUDIO DI
MAGGIOR DETTAGLIO SUI LIVELLI DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA NELL'AREA
SITA IN LOCALITÀ MELANU - LOCALITÀ BATTIANULE - LOCALITÀ BRUNCU
TRACUGUA IN AGRO DEL COMUNE DI DESULO (NU)**

TAV. 10 – CARTA DEL RISCHIO DA FRANA 1:4.000

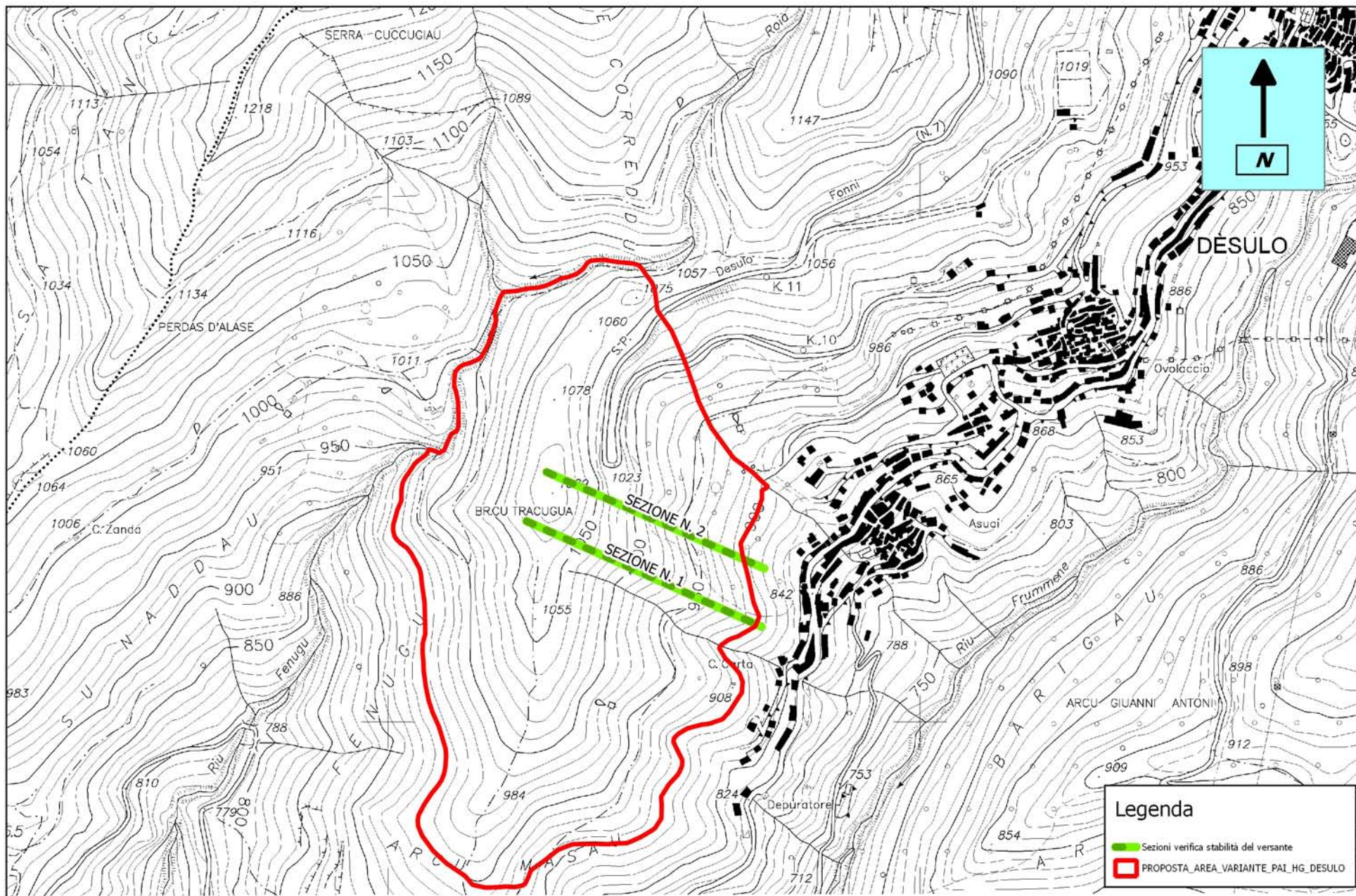
Data: Giugno 2020	Il tecnico Dott. Geol. Nicola Demurtas 
Il committente: Azienda agricola e zootecnica di Sonia Peddio Loc. Melanu 08032 Desulo PARTITA iva 03719050928	

Carta del Rischio da frana



ALLEGATO 2

SEZIONI DI VERIFICA DI STABILITÀ DEL VERSANTE



UBICAZIONE GEOGRAFICA AREA IN ESAME - C.T.R.

Base cartografica: C.T.R. Foglio n° 516 sez. 150

scala 1:10.000

Comune di Desulo

