



# Nuovo impianto per la produzione di energia da fonte eolica nel comune di Sassari e Porto Torres (SS)

## STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

Rev. 0.0

Data: Gennaio 2021

WIND006.REL003d

**ORDINE DEI GEOLOGI**  
REGIONE SARDEGNA  
SEZIONE A  
N. 656 Dott. Geol. COSIMA ATZORI

*Cosima Atzori*

Committente:

**Ecowind S.r.l.**  
via Alessandro Manzoni n. 30  
20121 MILANO (MI)  
C. F. e P. IVA: 11437650960  
PEC: [ecowind3srl@legalmail.it](mailto:ecowind3srl@legalmail.it)

Incaricato:

**Queequeg Renewables, ltd**  
Unit 3.21, 1110 Great West Road  
TW80GP London (UK)  
Company number: 111780524  
email: [mail@quenter.co.uk](mailto:mail@quenter.co.uk)

## SOMMARIO

1 Premessa e finalità dello studio .....	4
2 Normativa di riferimento .....	4
3 Studi ed indagini di riferimento.....	4
4 Inquadramento geografico generale .....	5
5 Caratteristiche di progetto dell'opera.....	12
6 Inquadramento geologico.....	15
6.1 Descrizione del contesto geologico dell'area vasta oggetto di intervento.....	15
6.1.1 Unità tettonica di Argentario .....	21
6.1.2 Unità tettonica di Canaglia.....	22
6.1.3 Successione sedimentaria Mesozoica.....	24
6.1.5 Successione sedimentaria Miocenica.....	26
6.2 Depositi Quaternari dell'area continentale.....	26
7 Analisi delle condizioni geostrukturali generali .....	28
Analisi qualitativa di stabilità dell'ammasso roccioso .....	29
8 Inquadramento geomorfologico .....	35
9.1 Lineamenti geomorfologici dell'area di studio.....	39
9.2 Definizione dell'area geomorfologicamente significativa .....	41
9 Inquadramento idrologico e idrogeologico.....	45
9.1 Caratteristiche e dinamiche delle acque sotterranee .....	47
Analisi della Vulnerabilità degli acquiferi .....	50
9.2 Cavità di interesse speleologico .....	52
11 Inquadramento pedologico.....	52
12 Uso del Suolo .....	55
13 Analisi dei vincoli gravanti sui terreni.....	57

---

13.1 Piano Stralcio D'assetto Idrogeologico Della Sardegna (P.A.I.) .....	57
13.2 Inventario dei Fenomeni Franosi – Progetto I.F.F.I. ....	61
13.3 Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) .....	61
13.4 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) .....	64
15 Modellazione geologica .....	66
15.1 Caratterizzazione geostrutturale degli ammassi rocciosi .....	66
15.2 Modello Geologico di sito .....	74
Modello Geologico 01 e Modello Geologico 02 - Dolomie e calcari bioclastici.....	75
<b>Sito</b> .....	76
<b>Dati Parametri Resistenza</b> .....	76
15.4.2 Viabilità di impianto e Sottostazione.....	77
COMPATIBILITA' IDRAULICA E GEOLOGICA-GEOTECNICA .....	78
Ammissibilità degli interventi alle prescrizioni del PAI .....	78
Analisi sulle variazioni della risposta idrologica, gli effetti sulla stabilità e l'equilibrio dei versanti e sulla permeabilità (Art.3 c.7 NTA PAI) .....	79
CONCLUSIONI .....	81

## 1 Premessa e finalità dello studio

La presente relazione è parte integrante del procedimento di **Valutazione d'Impatto Ambientale** ai sensi del Decreto Legislativo numero 152 del 2006, e di Autorizzazione Unica Regionale ai sensi dell'articolo 12 del Decreto Legislativo numero 387 del 2003 e del D. G. R. 3/15 del 23 Gennaio 2018.

Nell'ambito della redazione del **Progetto Definitivo** che prevede la realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, di potenza nominale pari a 92.400 kW denominato "*Sa Corredda*" e dislocato nel territorio comunale di Sassari e porto Torres nella Provincia di Sassari, al fine di avere un quadro completo del contesto geologico e geotecnico è stata redatta la presente **Relazione di Compatibilità Idrogeologica**, secondo quanto previsto dalle NTA 2020 del Piano d'Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna (PAI) in supporto al progetto, con l'obiettivo di valutare la compatibilità idraulica e geologico-geotecnica dell'intervento e, in relazione a quanto prescritto dalla normativa vigente in materia di rischio idrogeologico.

## 2 Normativa di riferimento

La presente è redatta in ottemperanza a quanto stabilito dalla vigente normativa in materia, con particolare riferimento a:

- D.M LL.PP. 11.03.1988 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii attuali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione in applicazione della Legge 02.02.1974 n°64.
- Circ. Min. LL.PP. n° 30483 del 24.09.1988 – Istruzioni per l'applicazione del D.M. LL.PP.11.03.1988.
- Raccomandazioni, programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, 1975 – Associazione Geotecnica Italiana.
- D.M. Infrastrutture 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni. (6.2.1 – Caratterizzazione e modellazione geologica del sito, 6.4.2 Fondazioni superficiali)
- Norme Tecniche di Attuazione PAI – aggiornamento GIUGNO 2020 allegato B Delib.G.R. n. 43/2 del 27.8.2020.

## 3 Studi ed indagini di riferimento

Le informazioni topografiche e geologiche dell'area oggetto della presente sono state ricavate dalle pubblicazioni ufficiali e cartografia tematica esistente. Si elencano di seguito:



Le informazioni topografiche e geologiche dell'area oggetto della presente sono state ricavate dalle pubblicazioni ufficiali e cartografia tematica esistente. Si elencano di seguito:

- Carta Topografica I.G.M. scala in 1:25000
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000 nel foglio 440 "Stintino" sezione 440160, e nel foglio 458 "Argentiera" sezioni 458030, 458040, 458070 e 458080, e foglio 459 "Sassari" sezione 459010.
- Carta Geologica dell'Italia in scala 1:100000, nel foglio n°179 "Porto Torres"
- Carta Geologica dell'Italia in scala 1:50.000 (CARG) nel foglio n°458 "Argentiera".
- Cartografia Geologica di base della R.A.S. in scala 1:25.000
- RAS - Carta dell'Uso del Suolo della Regione Sardegna, 2008
- I.S.P.R.A. - Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (legge 464/84)
- RAS – Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna, annali idrologici 1922-2009
- RAS – Autorità di Bacino - Piano Stralcio d'Assetto Idrogeologico
- RAS – Autorità di Bacino - Piano di Tutela delle Acque
- RAS – Autorità di Bacino - Piano Stralcio delle Fasce Fluviali
- Foto aeree, Regione Sardegna

I dati a disposizione sono stati integrati con le informazioni derivanti dai sopralluoghi effettuati dalla scrivente in sito e dagli esiti della campagna di indagini geognostiche eseguita in data 18-20/01/2021 nella zona di interesse.

## 4 Inquadramento geografico generale

Sassari è un Comune della provincia omonima situato nella zona nord-occidentale della Sardegna, a 225 metri sul livello del mare.

L'inquadramento cartografico di riferimento è il seguente:

- Cartografia ufficiale dell'Istituto Geografico Militare I.G.M scala 1:25 000. Serie 25 –Fogli: 440 "Stintino" sez. II, e 458 "Argentiera" sez. I, 459 "Sassari" sez. IV.
- Carta Tecnica Regionale scala 1:10 000 – Fogli: 458030, 458040, 458070, 458080, 459010, e 440160.



Figura 1-Panoramica dalla WTG010



Figura 2-Panoramica dalla WTG003



Figura -Panoramica dalla WTG006



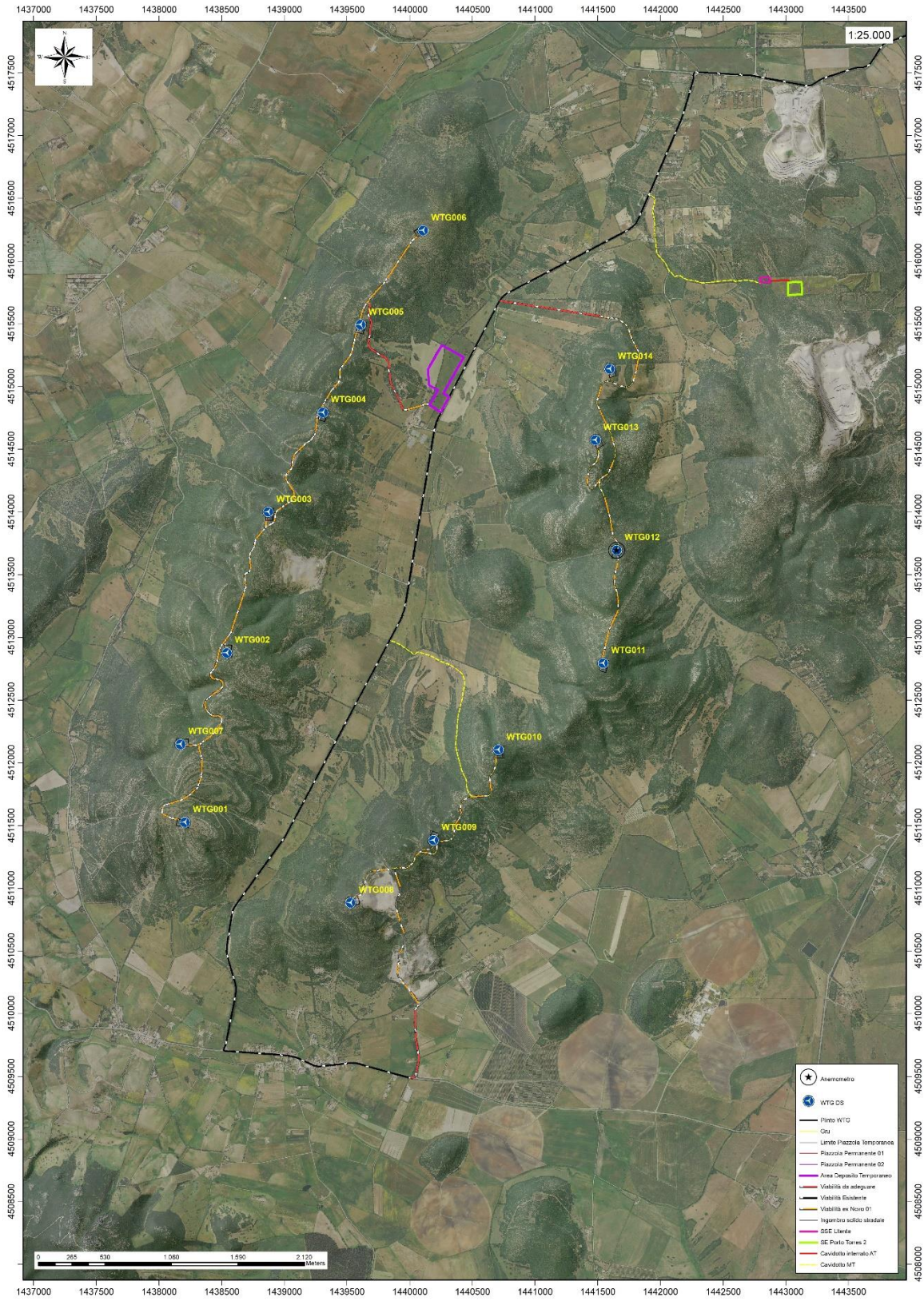


Figura 4. 1: Localizzazione su foto aerea (Fonte RAS, 2016) dell'area interessata dal progetto



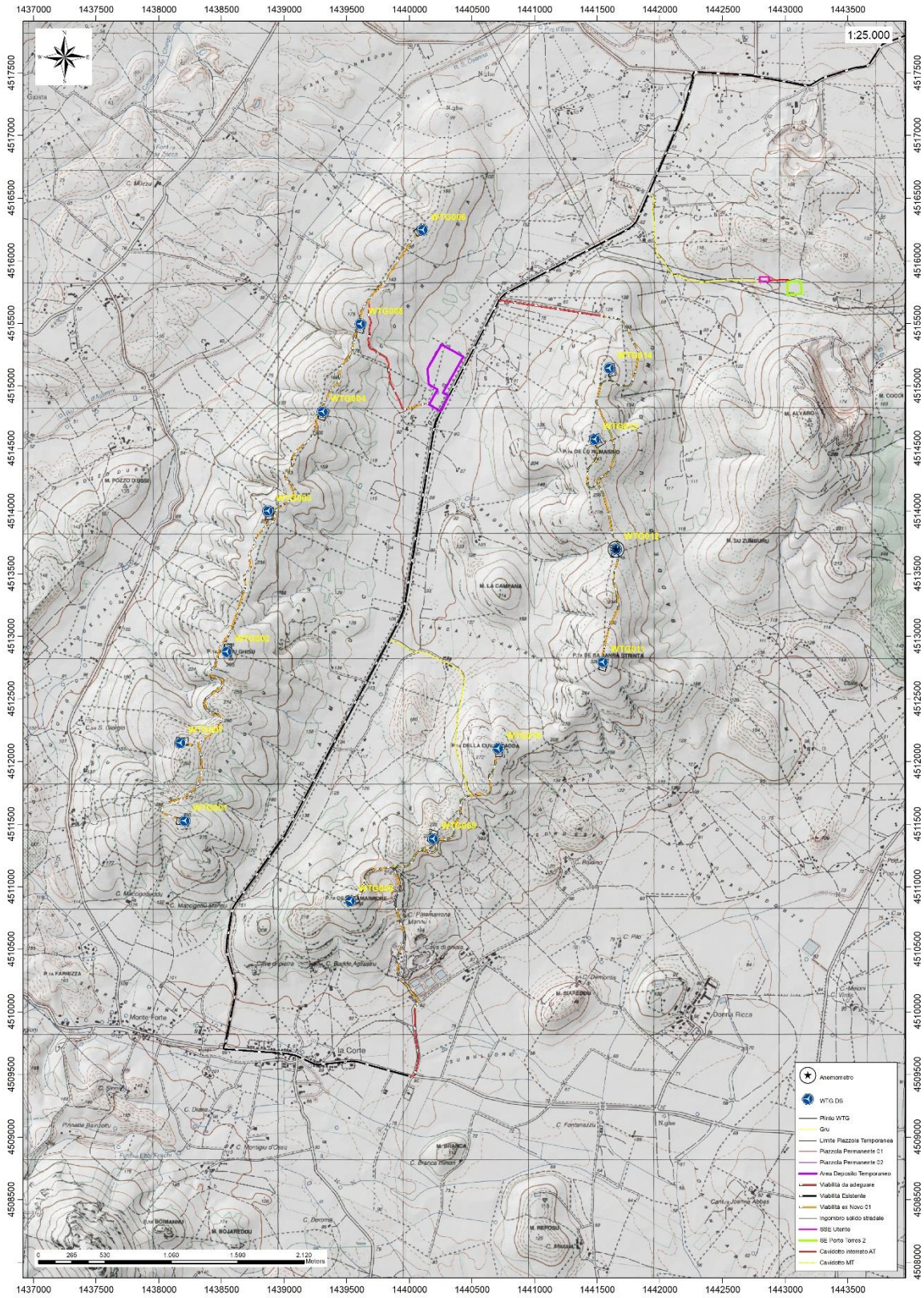


Figura 4. 2: Inquadramento topografico su Carta IGM scala 1:25000



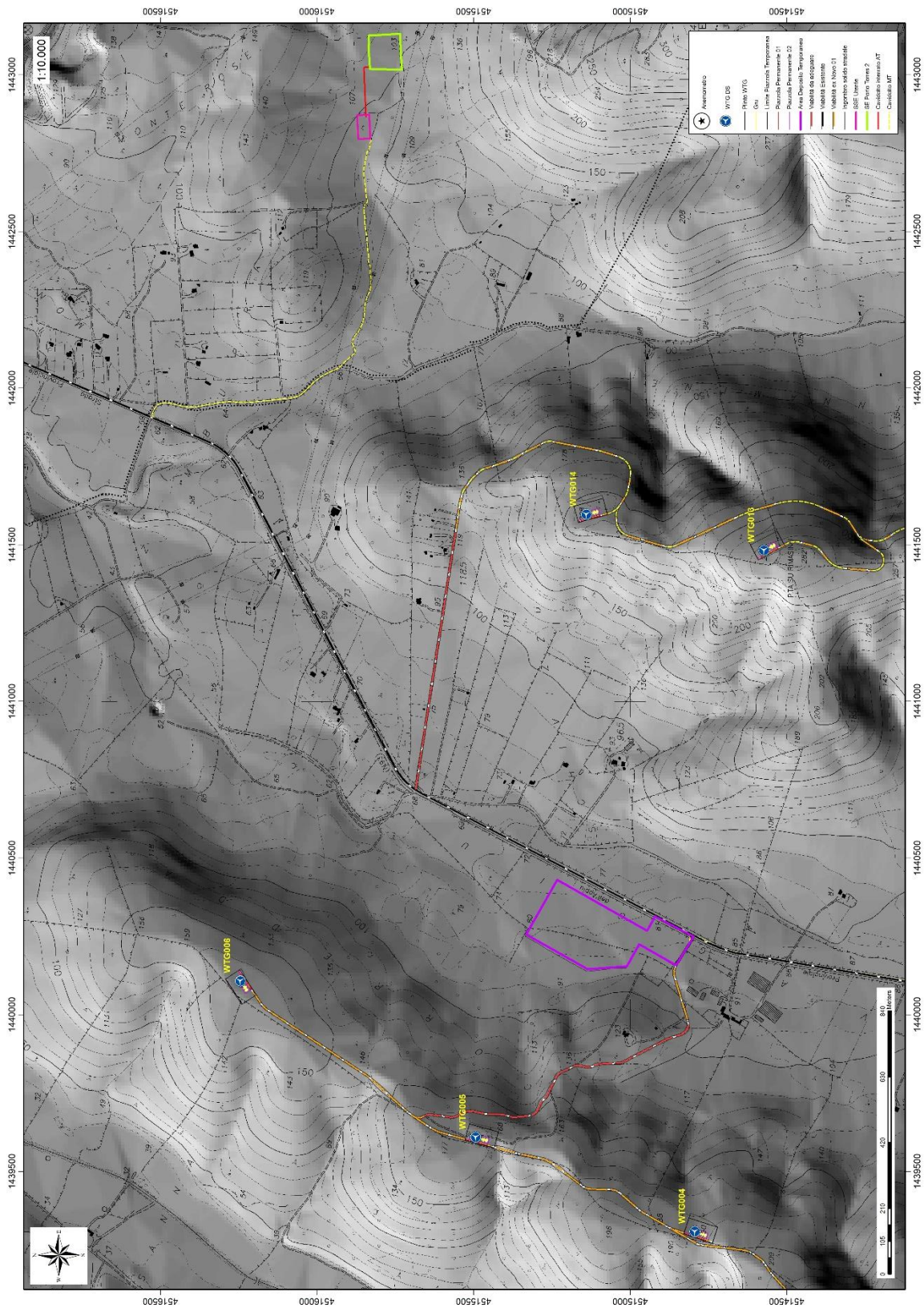


Figura 4. 3: Inquadramento topografico su C.T.R. RAS scala 1:10000 – settore Nord



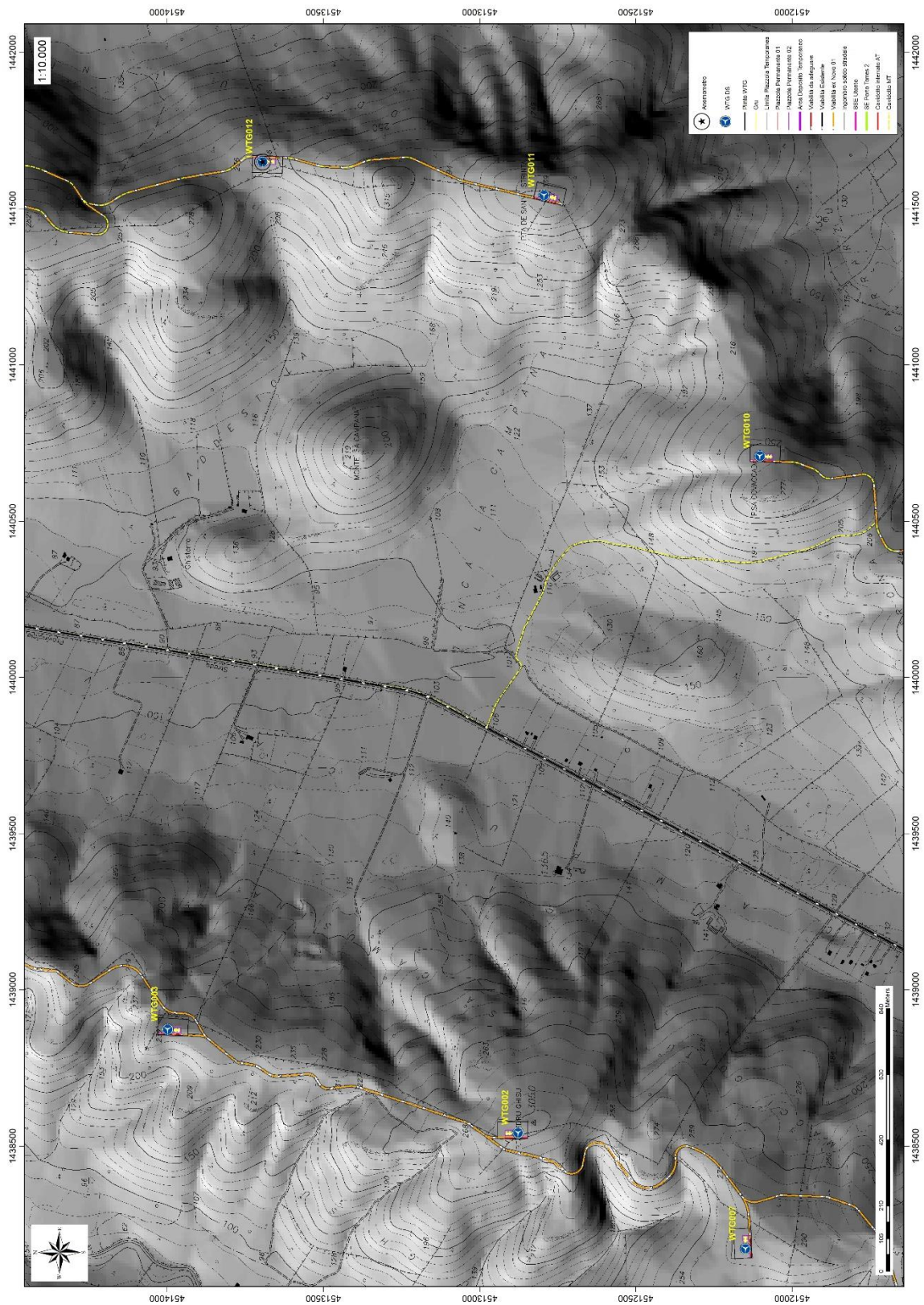


Figura 4. 4: Inquadramento topografico su C.T.R. RAS scala 1:10000 – settore centrale



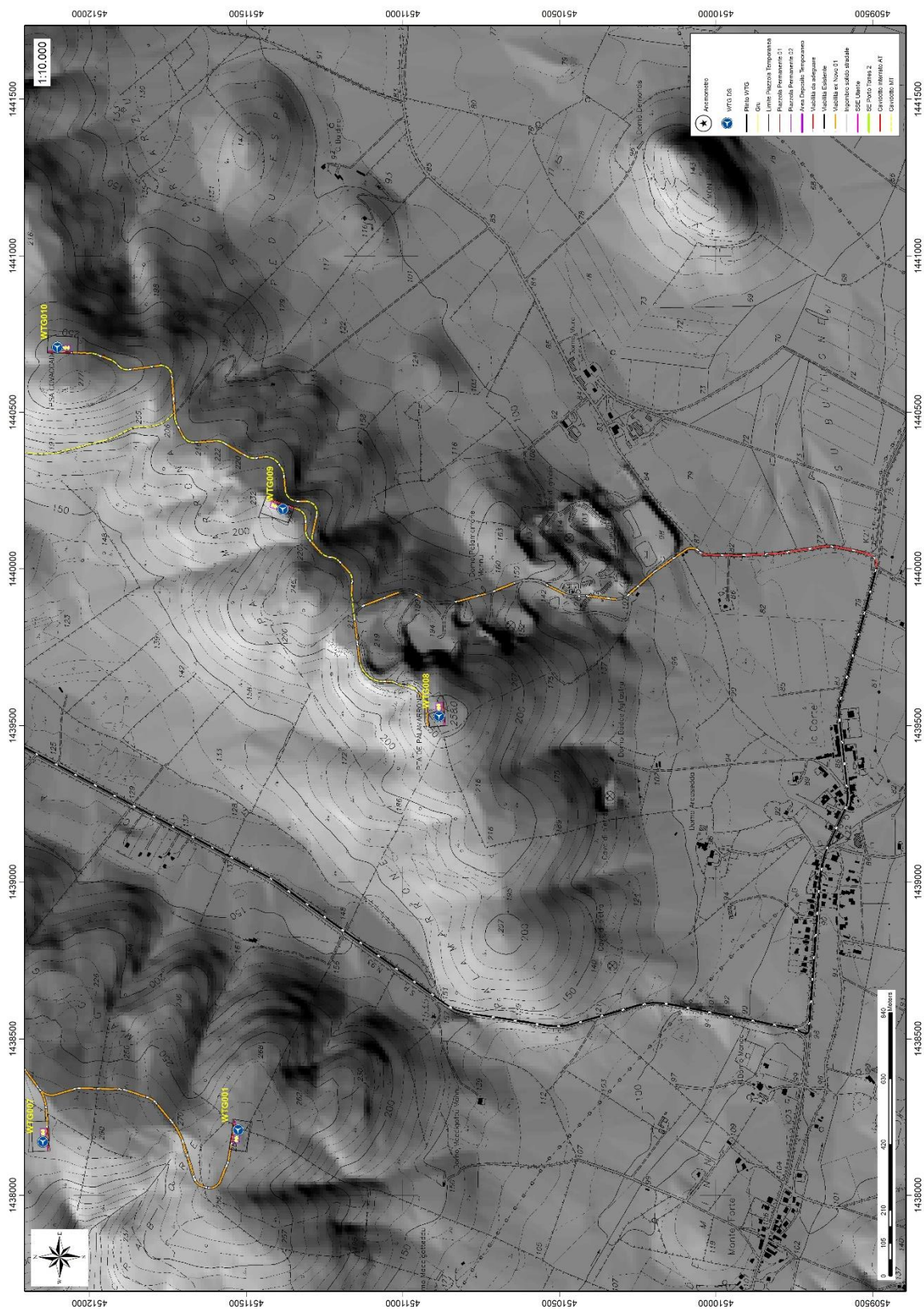


Figura 4. 5: Inquadramento topografico su C.T.R. RAS scala 1:10000 – settore Sud

Le turbine verranno posizionate lungo le creste di due costoni rocciosi tra loro paralleli e orientati grossomodo NE-SW, localizzati a sud della Centrale di Fiume Santo, a SE dell'abitato di Porto Torres. Tali rilievi sono compresi tra la località Sa Corredda a Nord, Lu Crabioni e Maciguttu a S per il costone occidentale, nel quale spicca la vetta di Punta di Pedru Ghisu (305 m); mentre il costone orientale si alza tra le località Schivizzu a Nord e Palamarrone a Sud, ed è caratterizzato rispettivamente, da N a S, dai rilievi di Monte Alvaro (342m), P.ta De Lu Rumasinu (283m), Monte La Campana (214m), Monte Su Zumburu (220m), P.ta De Sa Janna Strinta (338m), Punta della Cuvacadda (273m), e Punta de Palamarrone (258m).

## 5 Caratteristiche di progetto dell'opera

È prevista l'installazione di 14 aerogeneratori di ultima generazione ad asse orizzontale (HAWTG, Horizontal axis wind turbine generators) di potenza pari a 6,6 MW ciascuno, per una potenza complessiva di 92,4 MW, denominati in ordine crescente da WTG001 a WTG014. Gli aerogeneratori saranno montati su torri tubolari di acciaio che porteranno il mozzo del rotore a un'altezza da terra di 135 metri, e l'altezza massima dal suolo di ogni macchina sarà pertanto pari a 220 metri. È inoltre prevista l'installazione di una torre anemometrica di misura che monitorerà le condizioni di vento e ambientali della zona di impianto per tutta la vita di quest'ultimo.

Aerogeneratore	X	Y	Z
WTG001	1438208.085	4511525.818	286
WTG002	1438541.87	4512876.735	301
WTG003	1438873.189	4513998.883	236
WTG004	1439307.553	4514793.656	186
WTG005	1439608.385	4515493.074	172
WTG006	1440107.257	4516245.152	165
WTG007	1438171.107	4512148.521	277
WTG008	1439529.419	4510883.886	245
WTG009	1440190.580	4511382.345	223
WTG010	1440708.267	4512103.162	257
WTG011	1441543.469	4512793.412	338
WTG012	1441650.951	4513695.667	243
WTG013	1441482.332	4514572.283	272
WTG014	1441596.717	4515140.26	208

Gli aerogeneratori previsti sono macchine con potenza nominale pari a 6,6 MW, orientati sopravento, con controllo attivo del pitch delle pale e dello yaw della navicella. Per la progettazione di dettaglio, ai fini della valutazione dei carichi, delle dimensioni e di tutti i valori tecnici e di ingombro architettonico sono stati utilizzati gli aerogeneratori SG-170 di Siemens Gamesa. In fase realizzativa le macchine potranno però essere differenti, rimanendo nelle caratteristiche tecniche e dimensionali delle stesse.

Il rotore (rotor) del generatore è composto da tre pale ognuna di lunghezza pari a 83,33 metri. Nel complesso, il gruppo rotante ha un diametro di 170 metri, e spazza un'area pari a 22.698 metri quadrati. Il mozzo del generatore sarà collocato ad un'altezza di 135 metri (hub height), mentre l'altezza massima raggiunta da ogni generatore (tip height), inclusa l'altezza massima da terra delle pale, sarà di 220 metri.

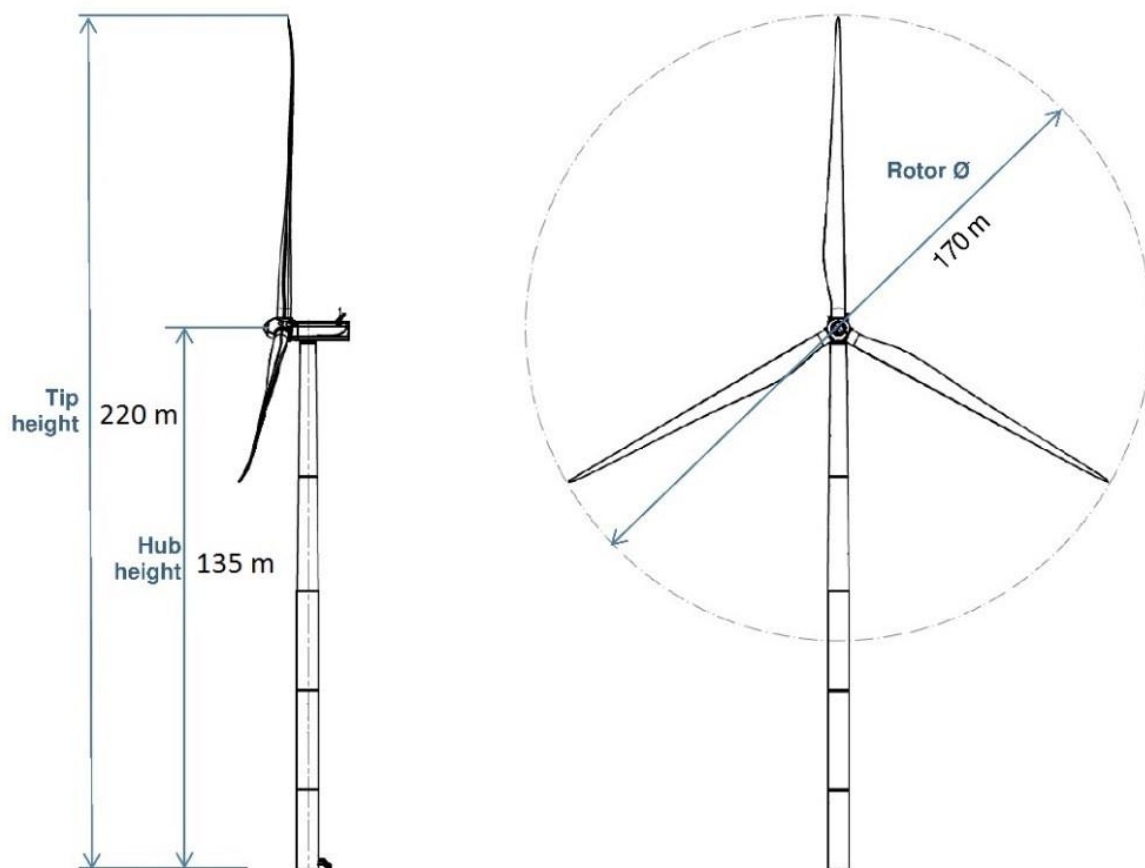


Figura 0.1 - generatore eolico ad asse orizzontale

L'impianto verrà collegato in antenna a 150 kV, verso la futura stazione elettrica SE "Porto Torres 2" di Smistamento della RTN a 150 kV da inserire in entra-esce alla RTN a 150 kV "Porto Torres – Fiumesanto", gestita dall'operatore Terna S.p.A. . L'energia prodotta sarà convogliata tramite un cavidotto in media tensione a 30 kV interamente interrato su strada, che raggiungerà la stazione di innalzamento della tensione di competenza del proponente, come da elaborati prodotti (rif. Elaborati WIND006.ELB010a; WIND006.ELB011b). Nella Sottostazione Elettrica Utente (SSE), l'energia prodotta dall'impianto ad una tensione di 30 kV, viene portata ad una tensione di 150 kV per poi convogliarla nella Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN) gestita da Terna S.p.A.

Le strade di accesso al parco sono state previste secondo le specifiche di curva, inclinazione longitudinale e pendenza previste dal produttore delle componenti del generatore eolico, così da permettere ai mezzi pesanti che opereranno durante la fase di cantiere di manovrare e percorrere la viabilità. Un trasportatore specializzato nella movimentazione e nella posa di strutture eoliche ha supportato queste valutazioni provvedendo a una fattibilità per le soluzioni di viabilità e opere civili previste in progetto.

La viabilità dovrà sopportare un peso per asse pari a 24,5 tonnellate, una pressione massima di 2,45 kg/cm. Lo sbancamento stradale di percorrenza dovrà essere pari a 6 metri, compresi 50 centimetri per lato di fascia di distanza. I gradienti longitudinali non dovranno superare il 15% sui rettilinei e il 10% in prossimità delle curve. Le curve stesse dovranno avere un raggio di curvatura interna non inferiore a 30 metri.

Le componenti con il maggiore ingombro che percorreranno il tragitto dal porto di Porto Torres ai luoghi d'intervento sono le navicelle dei generatori, i tronchi delle torri di sostegno e le pale.

La viabilità di arrivo prevista è composta da Strade Statali, Provinciali e Comunali. La viabilità esistente è per lo più in condizioni idonee, e saranno necessari adeguamenti solo nell'ultimo tratto di accesso al sito di progetto, limitando gli interventi a modifiche temporanee del tracciato per permettere il transito in sicurezza delle componenti e dei mezzi.

In dettaglio i mezzi di trasporto caricheranno dal molo industriale del porto di Porto Torres dedicata al transito commerciale, e attraverseranno le zone di smistamento mezzi onde poi immettersi nella viabilità comunale per un breve tratto e successivamente nelle strade provinciali SP34, SP93 ed SP18. Nell'inquadramento di seguito si riportato in dettaglio i tipi di viabilità, comunali e provinciali, percorsi.

Sono a progetto tre tronchi di viabilità all'interno del parco. Come riportato in figura 7, la prima diramazione che si incontra percorrendo la SP93 è quella che permette di raggiungere la WTG014 e che prosegue collegando le rimanenti turbine WTG013, WTG012 e WTG011 del cluster.

Una seconda diramazione permette il raggiungimento della WTG005 la quale si collega, tramite viabilità interna al parco, ad un secondo cluster composto dalle turbine WTG006, WTG004, WTG003, WTG002, WTG007, WTG001. Un terzo cluster di turbine si raggiunge dalla parte sud del parco, percorrendo un tratto di SP18. Quest'ultimo cluster è composto dalle turbine WTG008, WTG009 E WTG010.

**Per ulteriori specifiche si rimanda agli elaborati tecnici di progetto.**

## 6 Inquadramento geologico

L'obiettivo dell'analisi dell'assetto geologico è quella di caratterizzare geologicamente e geotecnicamente l'area ove verrà installato il parco eolico e quella geomorfologicamente significativa, con particolare riferimento alle condizioni del substrato roccioso di fondazione, agli scavi ed ai riporti necessari per la realizzazione del sistema di fondazione e delle sue potenziali interazioni con le condizioni al contorno (dinamica geomorfologica, circolazione idrica superficiale e sotterranea, rapporti fra le componenti litologiche interessate) attraverso:

- Definizione dell'assetto geologico-strutturale e idrogeologico di area vasta e dell'area geomorfologicamente significativa;
- Definizione dell'assetto stratigrafico dell'area di sedime delle opere;
- Definizione del modello geologico di sito;

### 6.1 Descrizione del contesto geologico dell'area vasta oggetto di intervento

A partire dal Paleozoico si sono susseguiti una serie di eventi geologici sviluppatasi nell'arco di circa mezzo miliardo di anni, che hanno reso la Sardegna una delle regioni geografiche più antiche del Mediterraneo centrale e, morfologicamente e cronologicamente eterogenea.

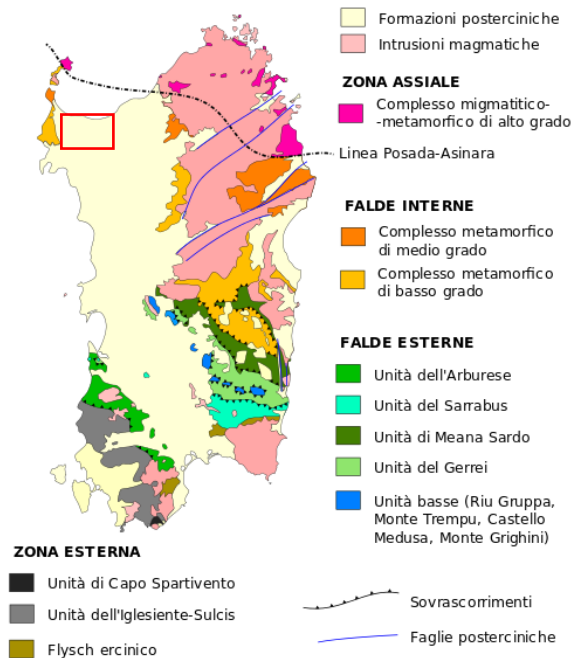
L'isola riflette pertanto una storia geologica molto articolata, che testimonia, in maniera più o meno completa, alcuni dei grandi eventi geodinamici degli ultimi 400 milioni di anni.

L'orogenesi Caledoniana, la più antica, le cui tracce si rinvengono principalmente nel nord della Gran Bretagna e nella Scandinavia occidentale, fu causata dalla progressiva chiusura dell'oceano Giapeto, a seguito della collisione dei continenti Laurentia, Baltica e Avalonia, dando così origine al super continente Laurussia.

La successiva fase dell'orogenesi Ercinica (o Varisica) ha avuto corso a partire dal Carbonifero, circa 350 Ma fa e si è protratta fino al Permiano determinando un'estesa catena montuosa ubicata tra il Nord America e l'Europa.



Quest'orogenesi ha prodotto in Sardegna tre zone metamorfiche principali. Procedendo dal nucleo orogenetico verso l'avanfossa si trovano le zone dette: Assiale (Sardegna NE) – a Falde interne (Sardegna centrale) - a Falde esterne (Sardegna SW).



Successivamente, tra il Carbonifero Sup. e il Permiano Inf., avviene la messa in posto dei batoliti granitici tardo ercinici, questa ha prodotto metamorfismo termico e di alta pressione delle rocce esistenti.

L'area di studio ricade parzialmente nella zona a Falde Interne del basamento varisco sardo; ma comprende soprattutto rocce delle coperture mesozoiche, che in quest'area dell'Isola sono costituite da sedimenti alluvionali del Buntsandstein (Trias medio), su cui poggiano in trasgressione i sedimenti carbonatici di ambiente neritico (Muschelkalk) e poi quelli evaporitici (Keuper). Seguono le rocce della successione vulcano-sedimentaria Miocenica, e i depositi quaternari. Le Unità Tettoniche affioranti nel settore occidentale dell'area vasta sono costituite da originarie successioni sedimentarie e vulcaniche di età compresa tra il Cambriano e il Carbonifero inferiore, note come Unità di Canaglia, Li Trumbetti e Argentiera.

Il settore di interesse all'installazione delle quattordici torri eoliche si trova nella zona cosiddetta a Falde interne, caratterizzata da fenomeni di medio e basso metamorfismo, localizzata nell'area geografica della Nurra.

L'area vasta è costituita principalmente da unità di età paleozoica e mesozoica di origine sedimentaria, da rocce magmatiche a carattere effusivo, e da depositi recenti rappresentati dai prodotti di disfacimento della roccia madre e dei suoi derivati che vanno a colmare le vallecole e/o i piccoli impluvi presenti. Per quanto



---

riguarda l'assetto strutturale dell'area vasta (Fig. 6.2)., quest'ultima riflette essenzialmente eventi deformativi di età cenozoica ed in minor misura mesozoica. La tettonica varisca, che è polifasica ed è responsabile della strutturazione del basamento, ha rilevanza solo nel settore della Nurra occidentale.

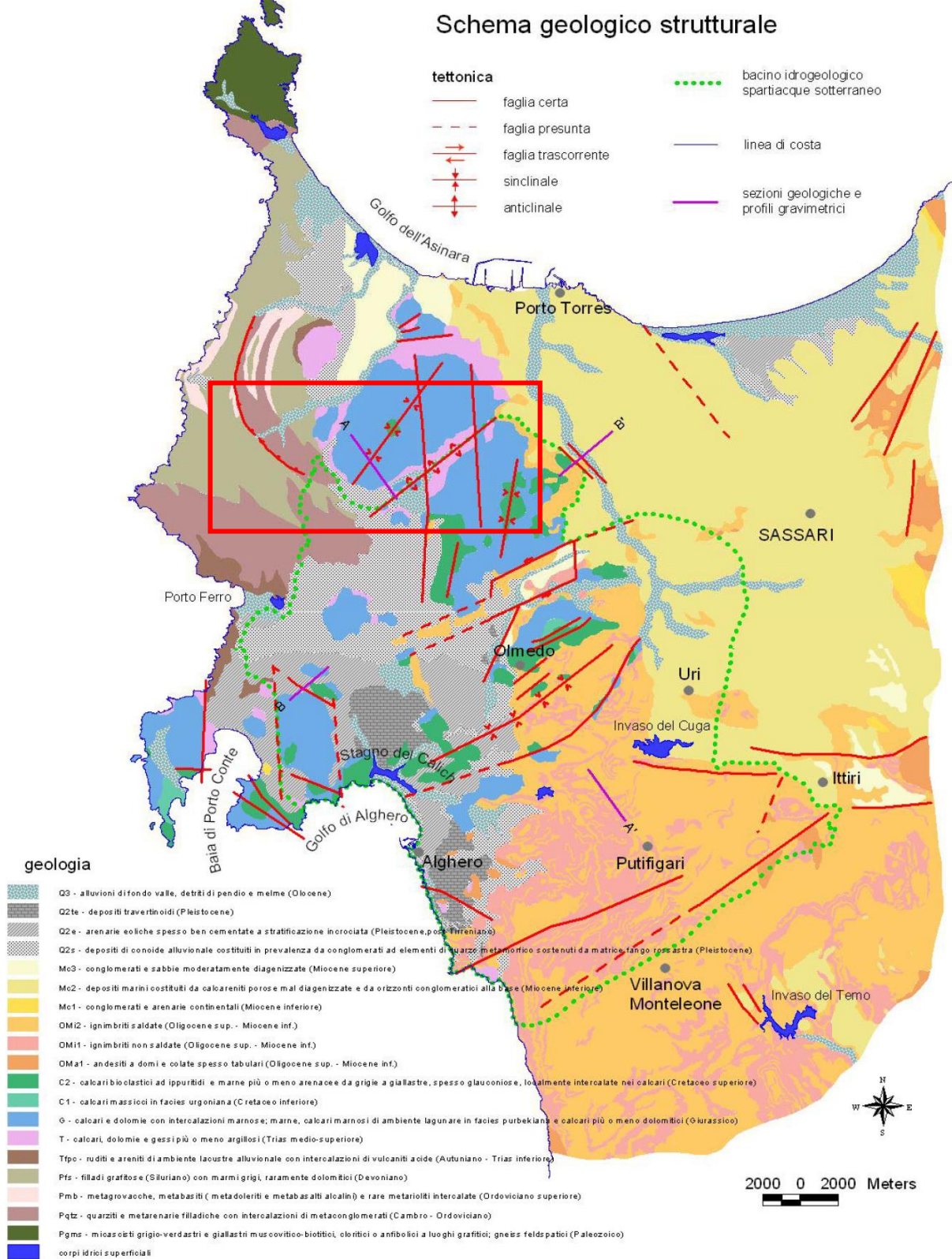


Figura 6. 1: Schema Tettonico dell'area vasta di studio con l'area di dettaglio evidenziata in arancio (tratto da Ghiglieri et al 2006; 2009a)

Nurra è costituita da un alto strutturale immergente verso est, che si è sviluppato nel Terziario, che confina ad E coi depositi del Miocene inferiore del semi-graben del bacino di Porto Torres.

Nella sua parte occidentale della Nurra affiora il basamento paleozoico in diverse unità strutturali impilate tettonicamente per via di alcuni sovrascorrimenti ercinici orientati circa NW-SE e E-W, che dalla più profonda alla più superficiale si distinguono in Unità di Argentiera, Li Trumbetti e Canaglia. In quest'area, il basamento paleozoico è coperto in maniera discontinua dalla successione vulcano-sedimentaria del Permiano.

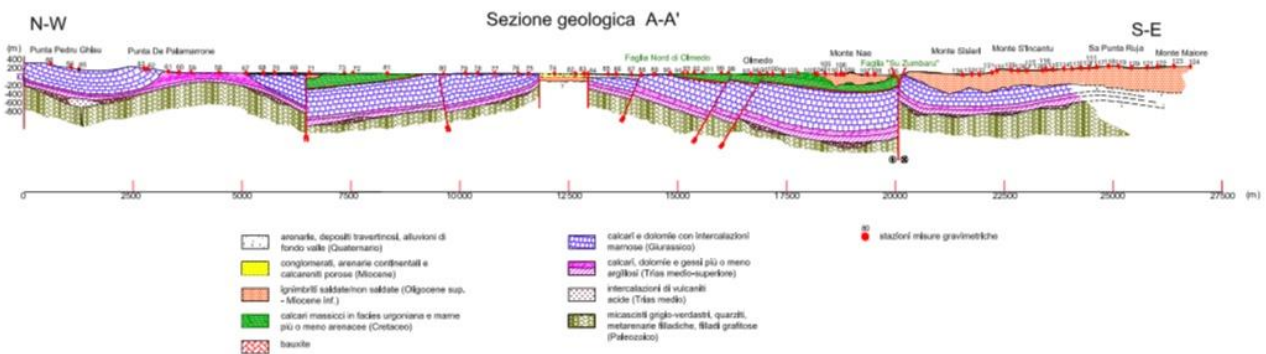


Figura 4- Sezione geologica rappresentativa dell'area vasta (tratto da Ghiglieri et al 2006; 2009a)

Le rocce mesozoiche della Nurra poggiano generalmente sui depositi continentali permo-triassici o direttamente sul basamento, e sono rappresentate da depositi di piattaforma carbonatica sottoposta ad oscillazioni eustatiche e a fasi tettoniche distensive, che hanno favorito l'ingressione dei mari epicontinentali alternati a fasi subaeree. Il controllo tettonico, attivo in vari intervalli cronostratigrafici, insieme al controllo eustatico, ha condizionato l'evoluzione sedimentaria della piattaforma. Infatti, la successione mesozoica presenta un tipico aspetto a "duomi e bacini" dovuto alla sovrapposizione di due sistemi di pieghe che hanno interessato la piattaforma carbonatica mesozoica prima durante il Cretaceo medio (pieghe e sovrascorrimenti orientati NW-SE), e poi nel Cretaceo superiore (piegamenti orientati NE-SW).

La successione mesozoica è rappresentata da una sequenza di calcari, dolomiti e marne e depositi evaporitici il cui spessore può superare i 700 m (Fig. 5 e 6)

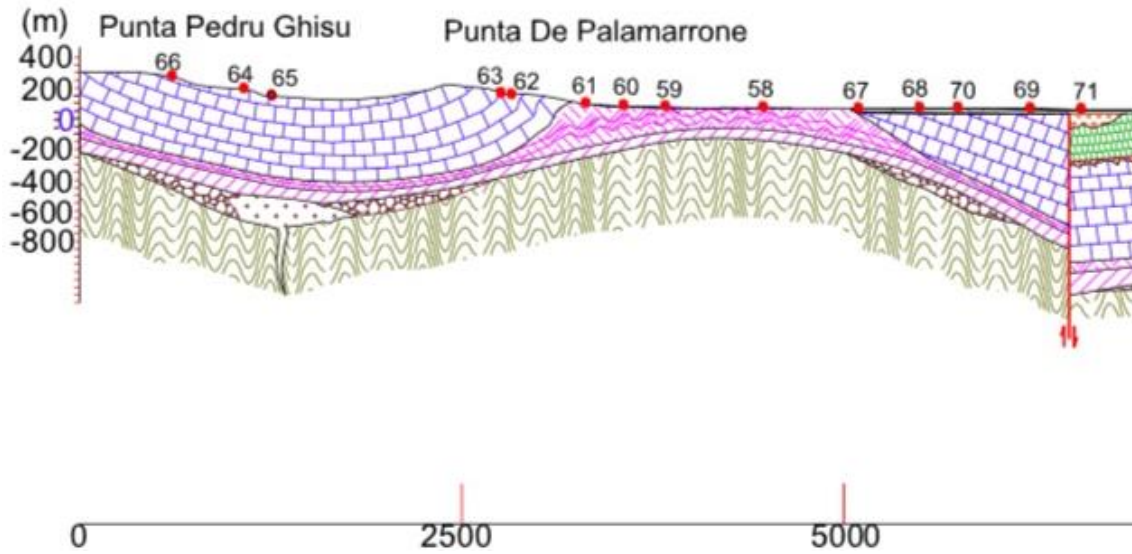


Figura 5-Particolare della sezione geologica con dettaglio dell'area in studio

In particolare, nell'area vasta affiorano le seguenti litologie, di seguito riportate con la nomenclatura adottata dalla RAS nella stesura della cartografia geologica in scala 1:25000:

**h1m – Depositi antropici**, discariche minerarie. OLOCENE

**bb - Depositi alluvionali**, sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE

**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

**PVM2a - Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME)**. Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.

**FUA - FORMAZIONE DI FIUME SANTO**. Argille arrossate con livelli e lenti di conglomerati a ciottoli di basamento paleozoico, vulcaniti e calcari mesozoici. Ambiente fluviale. TORTONIANO-MESSINIANO

**RESb - Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES**. Arenarie e conglomerati a cemento carbonatico, fossiliferi e bioturbati. Intercalazioni di depositi sabbioso-arenacei quarzoso-feldspatici a grana medio-grossa, localmente ricchi in ossidi di ferro (Ardara-Mores). MIOCENE INFERIORE (BURDIGALIANO)

**MUC - FORMAZIONE DI MONTE UCCARI (cfr. Formazione di Punta Cristallo IST)**. Calcari micritici e bioclastici grigio biancastri ben stratificati; dolomie grigiastre e lenti di calcare oolitico con ciottoli a carofite. MALM

**NRRa - Litofacies nella FORMAZIONE DI MONTE NURRA (cfr. Formazione di Gamba di Moro GDMa)**. Intercalazioni di arenarie quarzose. DOGGER



**NRR - FORMAZIONE DI MONTE NURRA (cfr. Formazione di Gamba di Moro GDM)** Dolomie e calcari dolomitici, calcari bioclastici, calcari selciferi, calcari marnosi e marne, con intercalazioni di arenarie quarzose. Alla base calcari e dolomie scure di ambiente lacustre a carofite. DOGGER

**NDD - FORMAZIONE DI CAMPANEDDA (cfr. Formazione di Monte Zirra ZRR).** Calcari oolitici, oncolitici e bioclastici, marne e calcari marnosi; calcari grigio-bluastri con lenti di selce. LIAS

**KEU - KEUPER AUCT.** Marne grigio-giallognole con subordinati calcari marnosi; argille varicolori gessifere. TRIAS SUP. (LONGOBARDICO SUP. - ?RETICO)

**MUK - MUSCHELKALK AUCT.** Calcari laminati sottilmente stratificati e calcari dolomitici in grossi strati. TRIASSICO MEDIO (LADINICO)

**BUN - BUNTSANDSTEIN AUCT.** Alternanza di arenarie, argilliti, siltiti, livelli marnosi con gesso e conglomerati poligenici alla base ("Verrucano" sensu Gasperi & Gelmini, 1979). TRIASSICO MEDIO (ANISICO)

**LIR - FORMAZIONE DI LI CORTI.** Metargilliti nere. SILURIANO

**PDL - FORMAZIONE DI PALMADULA.** Metargilliti laminate e metapeliti nere. ORDOVICIANO SUP. - SILURIANO

**FTE - FORMAZIONE DI MONTE FORTE.** Metarenarie e quarziti. CAMBRIANO - ORDOVICIANO INF.

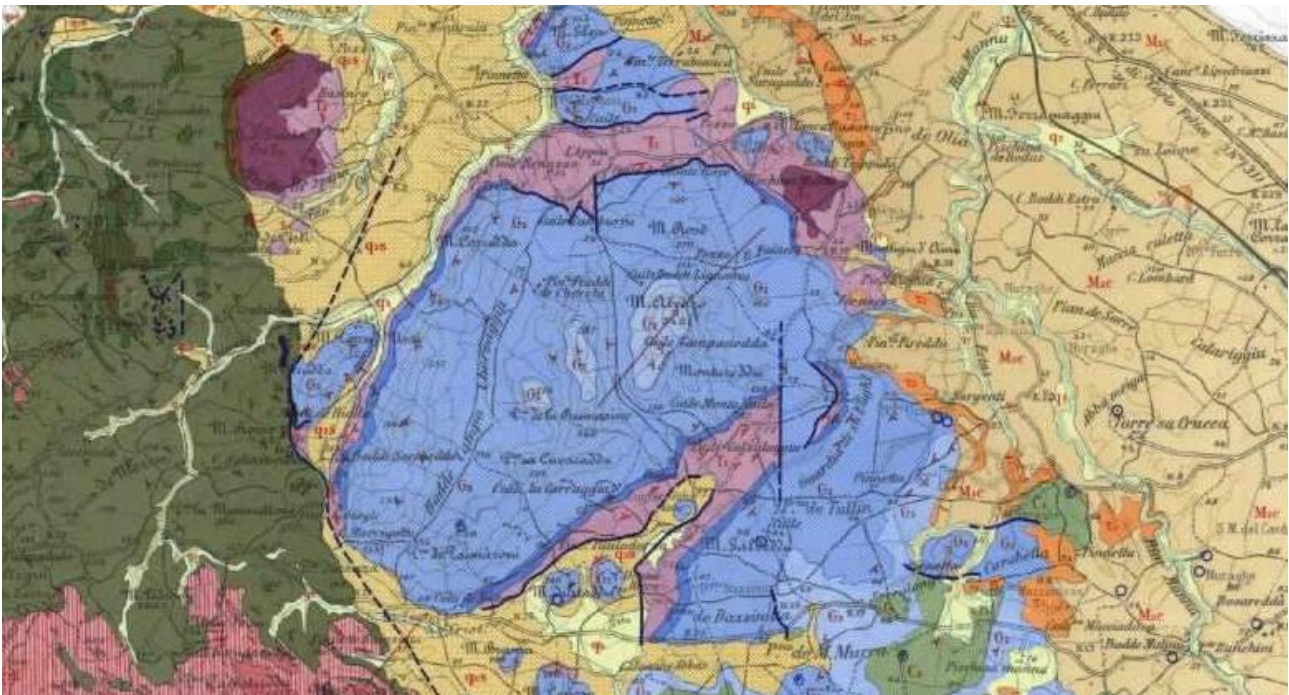


Figura 6-Stralcio Carta Geologica d'Italia Foglio 179 "Porto Torres" 1:100.000

### 6.1.1 Unità tettonica di Argentiera

In quest'unità tettonica, che rappresenta la più profonda, affiorano rocce attribuite al Paleozoico inferiore:

**(PDL) Formazione di Palmadula** – Metargilliti laminate e metapeliti nere. L'età attribuita a tali rocce è Ordoviciano superiore - Siluriano.

**(FTE) Formazione di Monte Forte** – Metarenarie e quarziti. Cambriano – Ordoviciano inferiore.

### 6.1.2 Unità tettonica di Canaglia

In quest'unità tettonica, che rappresenta la più profonda, affiorano rocce attribuite al Paleozoico inferiore:

**(LIR) Formazione Di Li Corti.** Metargilliti nere. Siluriano



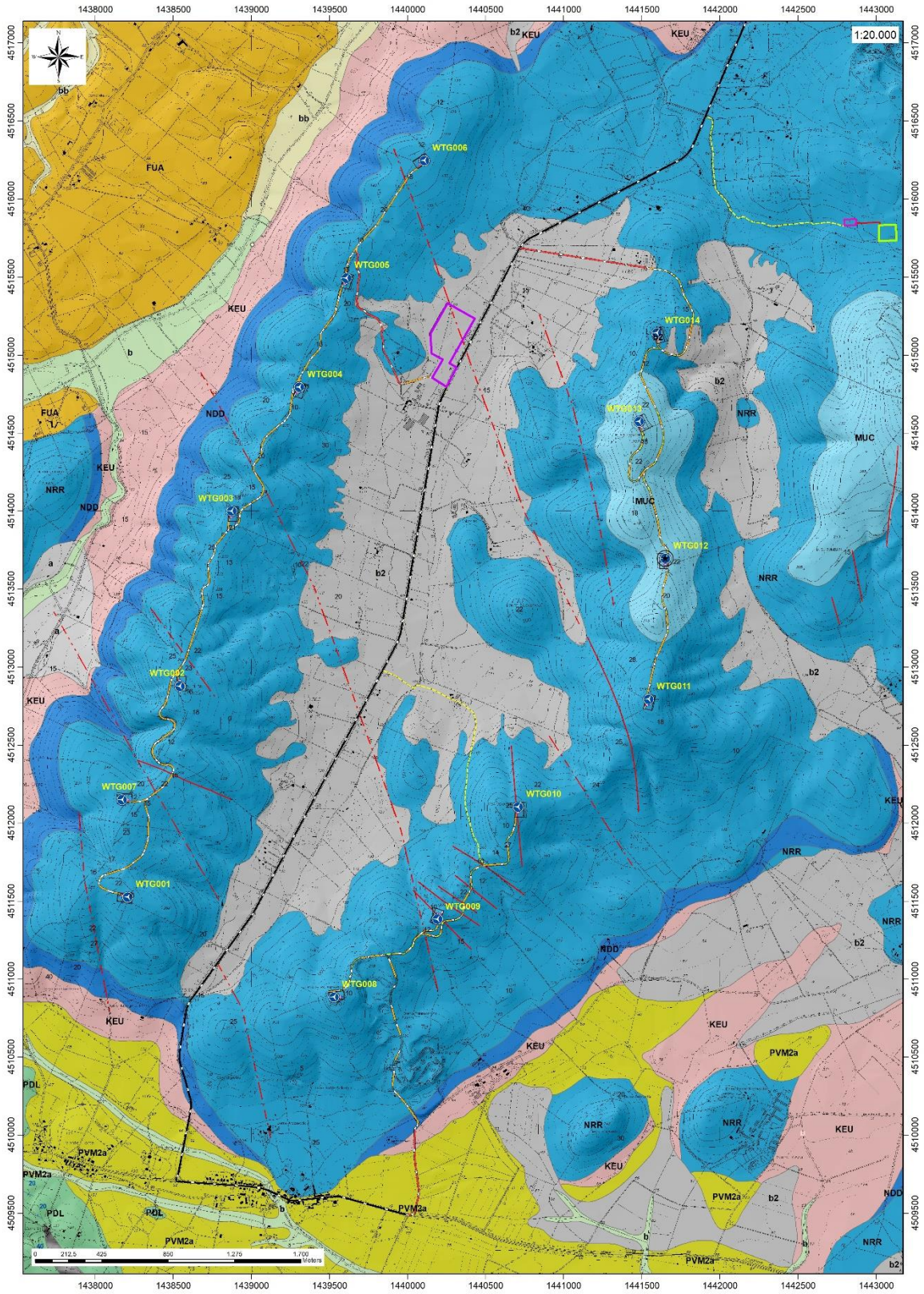


Figura 7-Carta Geologica dell'area di interesse



### 6.1.3 Successione sedimentaria Mesozoica

Le rocce della successione mesozoica sono deformate da una tettonica con tipico stile di copertura. La parte più bassa della successione, presenta rocce con caratteri di sedimentazione prevalentemente terrigena (Triassico), che evolve a piattaforma carbonatica (Giurassico). Vengono descritte quelle affioranti nell'area di interesse, a partire dalla più recente fino alla più antica.

**MUC - Formazione di Monte Uccari (cfr. Formazione Punta Cristallo IST).** E' costituita da calcari micritici e bioclastici grigio biancastri ben stratificati; dolomie grigiastre e lenti di calcare oolitico con ciottoli a carofite. La successione, di potenza di un centinaio di metri, viene riferita al Giurassico superiore (MALM) per via della ricca associazione di alghe dasycladacee.

**NRRa - Litofacies nella Formazione di Monte Nurra (cfr Formazione Gamba di Moro GDMa).** Intercalazioni di arenarie quarzose e siltiti arenacee. DOGGER

**NRR - Formazione di Monte Nurra (cfr Formazione Gamba di Moro GDM).** La successione, potente fino a 150-200m, è costituita da dolomie e calcari dolomitici, calcari bioclastici, calcari selciferi, calcari marnosi e marne, con intercalazioni di arenarie quarzose. Alla base calcari e dolomie scure di ambiente lacustre a carofite. La ricca fauna a spugne, coralli ermatipici, lamellibranchi, gasteropodi, brachiopodi, echinodermi e briozoi ha permesso di collocare la successione nel Giurassico medio (DOGGER).



Figura 8-Calcarei della Formazione di Monte Nurra.

**NDD - Formazione di Campanedda (cfr. Fm. Monte Zirra ZRR).** Affiora presso la località omonima con una successione di spessore variabile tra 10-15m che sormonta il sottostante Keuper. La successione è costituita da calcari oolitici, oncolitici e bioclastici, marne e calcari marnosi; calcari grigio-bluastri con lenti di selce. Il ricco contenuto fossilifero a foraminiferi, coralli, gasteropodi, brachiopodi, ammoniti ed echinidi permette di attribuire la successione al Giurassico inferiore (LIAS).

**KEU - Keuper AUCT.** La successione, di spessore valutabile in 40-50 m, presenta due litofacies non sempre affioranti costituite da marne grigio-giallognole con subordinati calcari marnosi; argille varicolori gessifere. TRIAS SUP. (LONGOBARDICO SUP. - ?RETICO)

**MUK - Muschelkalk AUCT.** La successione, spessa non oltre 10-15m, è costituita da calcari laminati sottilmente stratificati e calcari dolomitici in grossi banchi. Si possono individuare quattro livelli che, dalla base verso il tetto, sono costituiti da marne dolomitiche nodulari giallastre e dolomie grigie laminate e attraversate da bioturbazioni, seguite da calcari marnosi e livelli argillosi, e da calcari bioclastici, per terminare con calcari intercalati a livelli di dasycladacee e foraminiferi. Viene attribuita al Ladinico per la presenza di alcuni conodonti, sebbene siano presenti alghe, coralli, foraminiferi, bivalvi, brachiopodi, crinoidi, e ammoniti. TRIASSICO MEDIO (LADINICO)

**BUN - Buntsandstein AUCT.** Alternanza di arenarie, argilliti, siltiti, livelli marnosi con gesso e conglomerati poligenici alla base ("Verrucano" sensu Gasperi & Gelmini, 1979). TRIASSICO MEDIO (ANISICO)



Figura 9-Calcare oolitico della Formazione di Campanedda.

### 6.1.5 Successione sedimentaria Miocenica

La successione sedimentaria miocenica è caratterizzata dalla presenza di sequenze deposizionali delimitate da discordanze: la prima sequenza è costituita da depositi continentali fluviali e di piana alluvionale, deltizi marini e di piattaforma, mentre la seconda sequenza è costituita da depositi fluvio-marini e carbonatici di piattaforma.

**FUA - Formazione di Fiume Santo.** Argille arrossate con livelli e lenti di conglomerati a ciottoli di basamento paleozoico, vulcaniti e calcari mesozoici. Ambiente fluviale. TORTONIANO-MESSINIANO

**RESb – Litofacies nella Formazione di Mores:** costituita prevalentemente da conglomerati ad elementi arrotondati di quarzo, vulcaniti terziarie e rocce del basamento paleozoico, e da arenarie a cemento carbonatico, fossiliferi e bioturbati. Intercalazioni di depositi sabbioso-arenacei quarzoso-feldspatici a grana medio-grossa, localmente ricchi in ossidi di ferro (Ardara-Mores). Per via della fauna ad echinodermi (Clypeaster, Amphiope e Scutella), e per via della posizione stratigrafica, tali depositi sono riferiti al Miocene inferiore (BURDIGALIANO SUP.).

### 6.2 Depositi Quaternari dell'area continentale

I depositi quaternari cartografati nell'area di studio sono generalmente poco rilevanti; sono rappresentati principalmente da depositi di versante, coltri eluvio-colluviali e depositi alluvionali. Vengono descritti dal più antico al più recente.

**PVM2a - Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME).** Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie, e elementi subangolosi e subarrotondati di vulcaniti terziarie, calcari mesozoici, quarzo e metamorfiti paleozoiche. Poggiano sul substrato pre-Quaternario costituito dai calcari e dolomie mesozoici, formando talora dei terrazzi alluvionali sospesi di qualche metro di altezza. Alla base affiorano ghiaie medio-fini con stratificazione incrociata concava che riempiono canali poco profondi, alternate a limi argillosi pedogenizzati, cui seguono ghiaie a stratificazione concava, e sabbie eoliche. L'età dei depositi, che presentano circa 5m di spessore, è attribuita al PLEISTOCENE SUP.



**(bnb) Depositi alluvionali terrazzati:** si tratta di depositi prevalentemente sabbiosi (bnb), di spessore non superiore di 4-5 m, di ambiente di conoide o piana alluvionale e situati in prossimità dei corsi d'acqua. Olocene.

**(a) Depositi di versante:** sono costituiti da detriti spigolosi e a varia granulometria accumulati essenzialmente per gravità alla base dei versanti rocciosi più ripidi. Sono depositi in genere monogenici ed eterometrici, con clasti spigolosi o scarsamente elaborati ed una notevole matrice fine. Gli affioramenti più estesi si rinvengono alla base dei versanti, oppure in corrispondenza dei compluvi dove formano delle fale di detrito piuttosto estese. Lo spessore di questi depositi, che generalmente non sono cementati e sono fissati da vegetazione, solitamente è variabile nell'ordine massimo di qualche metro alla base dei versanti e nei compluvi. Olocene.

**(b2) Coltri eluvio-colluviali:** Si tratta di materiali derivati dal disfacimento in situ delle rocce in seguito mobilizzate da processi di versante, costituiti da depositi con percentuali variabili di sedimenti fini (sabbia e silt) più o meno pedogenizzati e arricchiti in frazione organica, con clasti eterometrici di varia litologia. Lo spessore di questi depositi solitamente è abbastanza esiguo (nell'ordine massimo di qualche metro in prossimità dei compluvi). Olocene.



Figura 10-Coltri eluvio-colluviali.

**(b) Depositi alluvionali:** si tratta di depositi di spessore modesto (compreso tra qualche metro e 15m lungo il Riu Mannu), costituiti da materiale sabbiosi, limosi o ghiaiosi depositati lungo i corsi d'acqua.

**(bb) Depositi alluvionali:** si tratta di sedimenti fini, costituiti da sabbie con rare ghiaie.

**(h1m) Depositi antropici:** si tratta di depositi imputabili ad attività antropica, ascrivibili a discariche minerarie derivanti dall'attività estrattiva di materiali quali sabbie silicee, ghiaie e rocce calcaree. I depositi sono costituiti da materiali litoidi più o meno grossolani e formano cumuli di modesta estensione con spessore massimo di 15-20m.

## 7 Analisi delle condizioni geostrutturali generali

I principali lineamenti strutturali, nell'area vasta, derivano dall'evoluzione stratigrafica e tettonica oligo-miocenica, responsabile dello sviluppo dei bacini del Logudoro e di Porto Torres e dell'intenso vulcanismo calcalcalino.

L'area di studio è caratterizzata dall'affioramento delle coperture mesozoiche, costituite da arenarie grossolane, conglomerati basali, e marne, argille e calcari bioclastici. I depositi quaternari sono principalmente costituiti da coltri eluvio-colluviali di spessore molto modesto e depositi di versante.

L'area interessata dal progetto alcune importanti discontinuità, tra cui una faglia che si estende per circa 2 km lungo la direzione N-S, localizzata ad S di P.ta Janna Strinta. Dal rilevamento geologico di dettaglio è emersa la presenza di altre faglie, sia nel costone orientale (con orientamento N-S e NW-SE) che in quello occidentale (WNW-ESE).

Tutte le stazioni eoliche sono posizionate nelle coperture mesozoiche: le stazioni WTG001, WTG002, WTG003, WTG004, WTG005, WTG006, WTG007, WTG008, WTG009, WTG010, WTG011 e WTG014 sono posizionate sulle rocce della formazione di Monte Nurra (NRR), mentre le stazioni WTG012 e WTG013 sulla Formazione di Monte Uccari (MUC).

Le rocce della Formazione di Monte Nurra presentano evidente stratificazione (S0), che rappresenta la struttura principale sia alla scala dell'affioramento che alla mesoscala, mentre la fratturazione è visibile soprattutto alla scala dell'affioramento.

Anche le rocce della Formazione di Monte Uccari presentano una stratificazione ben sviluppata, evidente alla scala dell'affioramento.





Figura 11-Fratturazione in blocchi alla scala dell'affioramento. (Formazione di Monte Nurra)

## Analisi qualitativa di stabilità dell'ammasso roccioso

L'intensa fratturazione e i fenomeni di dissoluzione legati al carsismo, ampiamente descritti nei precedenti capitoli producono sulla roccia una geometria estremamente variabile in termini di direzione e immersione, nelle tre direzioni principali dello spazio. Ciò che varia in relazione alla composizione granulometrica dei singoli strati originari è la spaziatura tra i giunti e il grado di fissilità. Pertanto è estremamente difficile se non impossibile definire l'assetto a piccola scala per quanto appena descritto.

Si può definire un range di spaziatura alla mesoscala, tale da individuare una potenziale compagine di blocchi in grado di staccarsi dall'ammasso se le condizioni geostrutturali lo permettono (piani a franapoggio o intersezione di piani con direttrice a franapoggio). Tali dimensioni possono essere individuate tra il decimo di metro cubo a qualche metro cubo. La variabilità di

regionale delle famiglie di giunti che individuano i blocchi è piuttosto marcata e diversificata in funzione, come detto della competenza degli strati soggetti agli sforzi.

Ne deriva di fatto, una difficile previsione delle potenziali propensioni a fenomeni di crollo e/o scivolamento, ma si tratta di caratteri locali la cui eteropia laterale risulta sempre molto marcata.

In generale si può affermare che versanti come questi sono oggetto di fenomeni di scivolamento legati al dominio di famiglie di giunti.

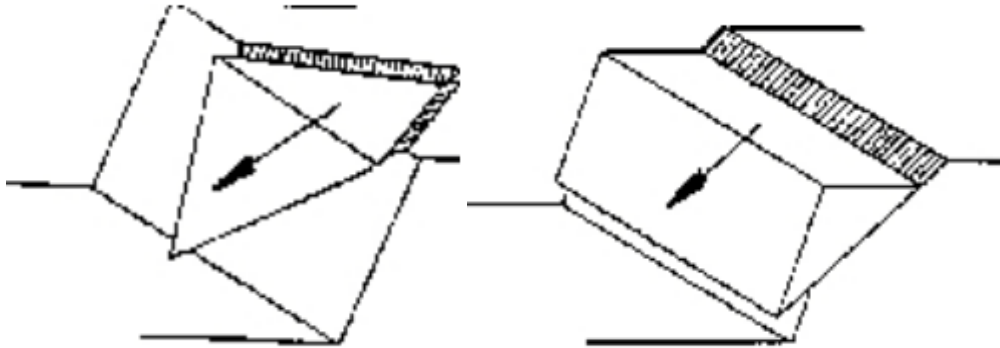


Figura 7.8 – tipologie di scivolamento di blocchi rocciosi lungo piani di fratturazione

Negli ammassi rocciosi studiati, la presenza di famiglie di giunti con maggiori spaziature e con assetto geometrico più regolare determina la formazione di blocchi più grandi, nell'ordine del metro cubo e più.

A scala media difatti, le spaziature sono maggiori, anche di qualche metro ed interessano blocchi più grandi ma che rispondono alle medesime dinamiche di quelli pocanzi analizzati.

Di fatto quindi, non potendo generalizzare alla piccola scala è sempre d'obbligo un rilievo puntuale sugli affioramenti ove possibile. Il materiale distaccato si raccoglie ai piedi del pendio, in accumuli più o meno estesi in funzione della pendenza.



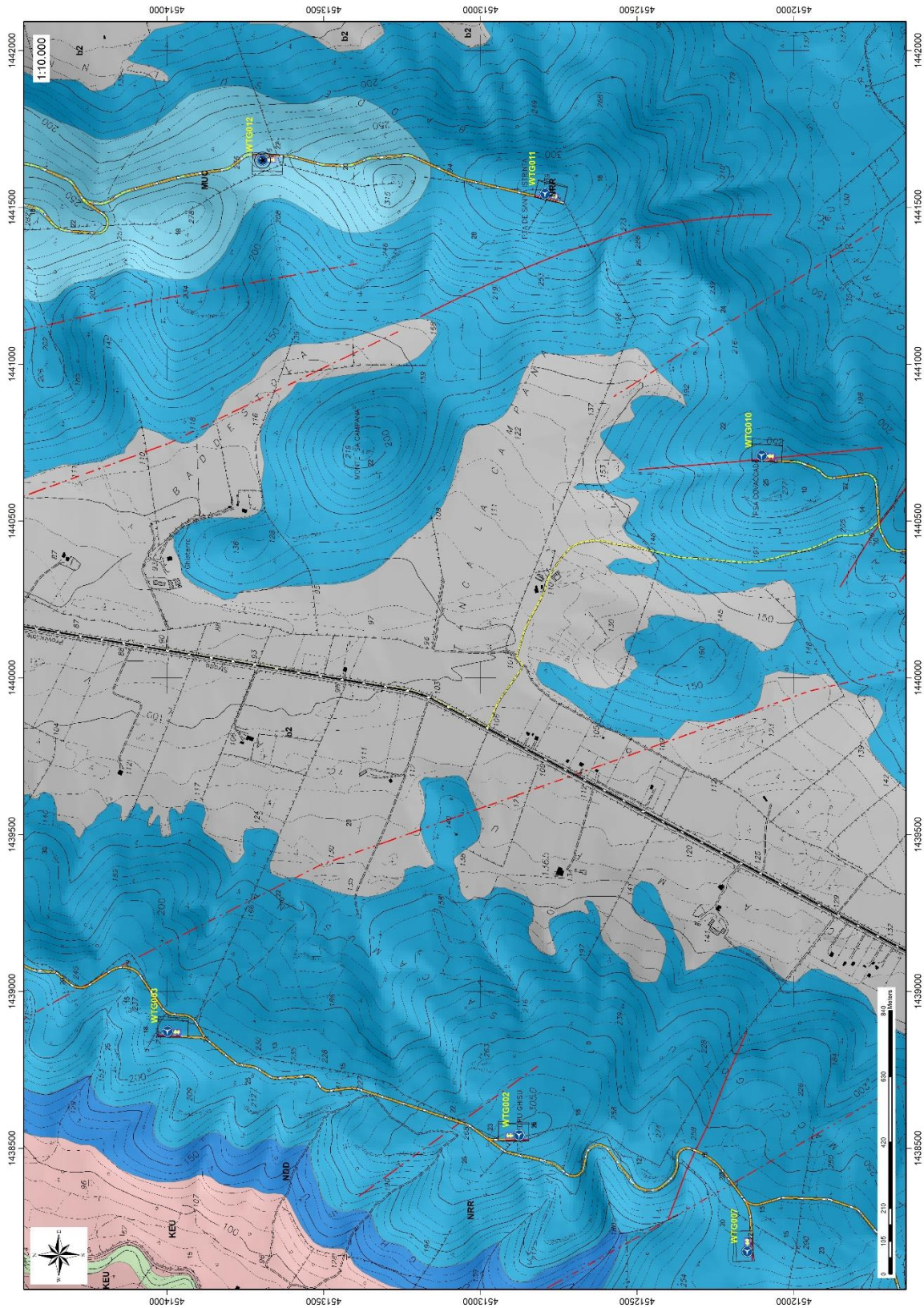


Figura 7. 1: Carta Geologica dell'area di studio - Settore Nord



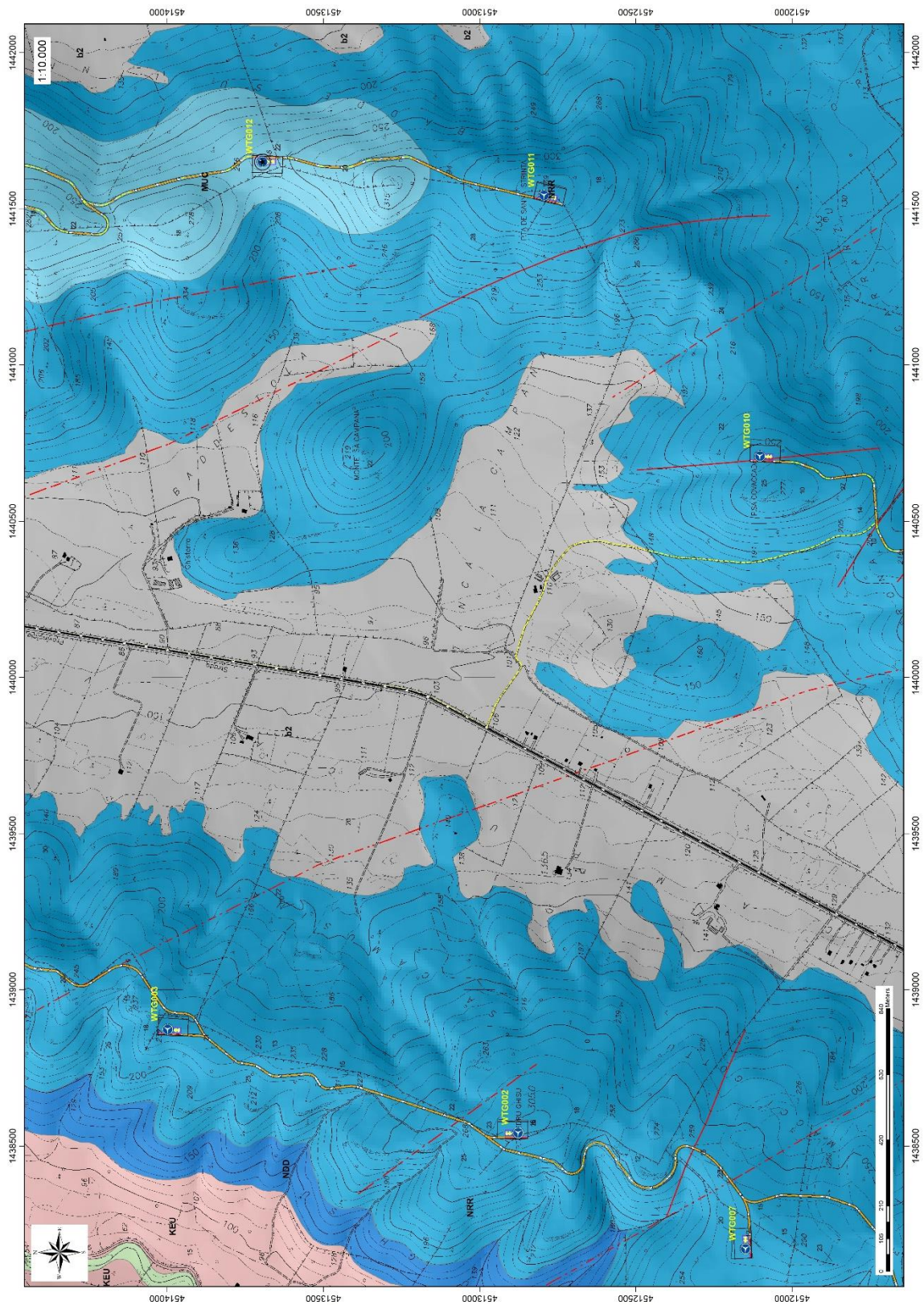


Figura 7. 2: Carta Geologica dell'area di studio - Settore Centrale



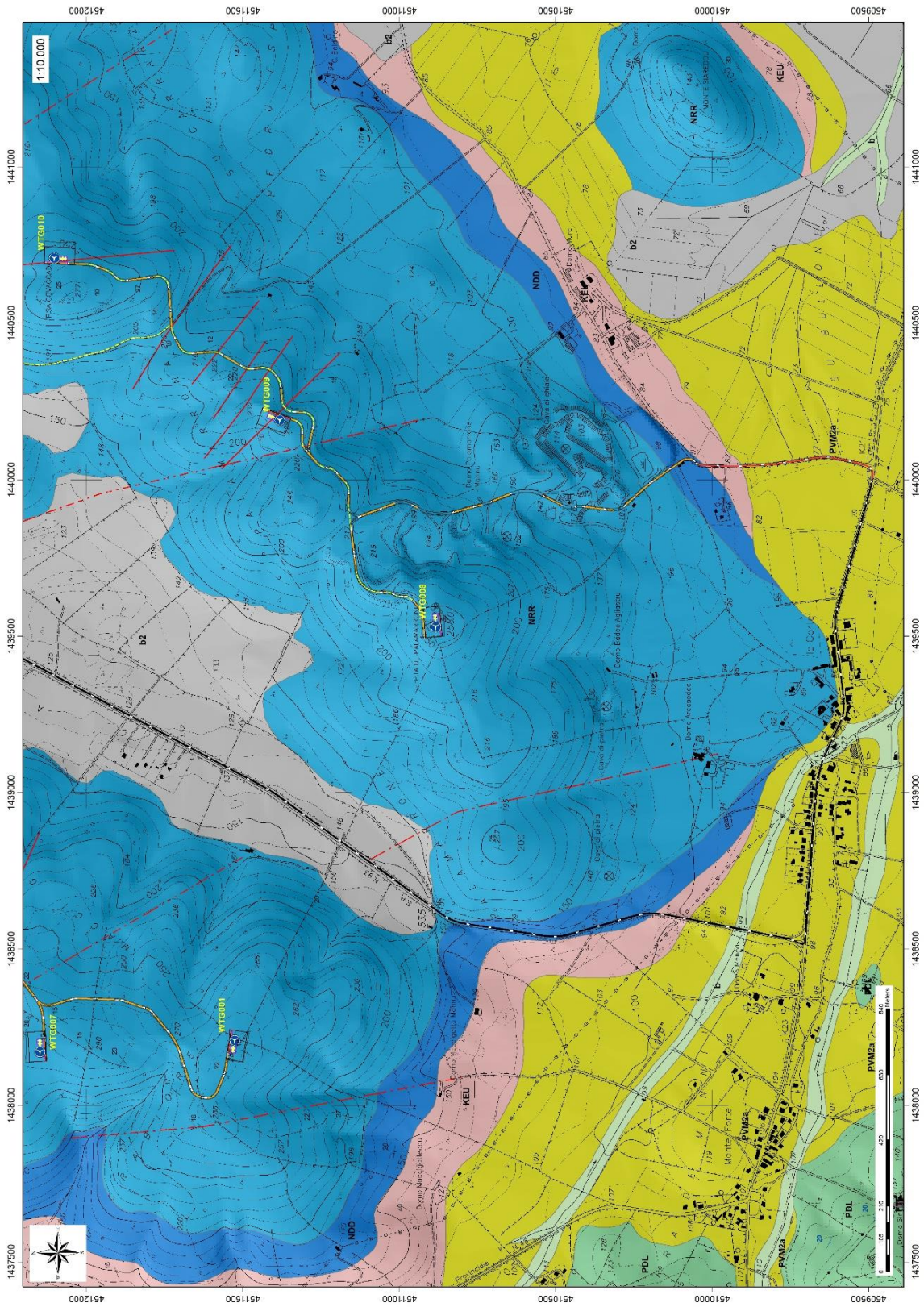


Figura 7.3: Carta Geologica dell'area di studio – Settore sud



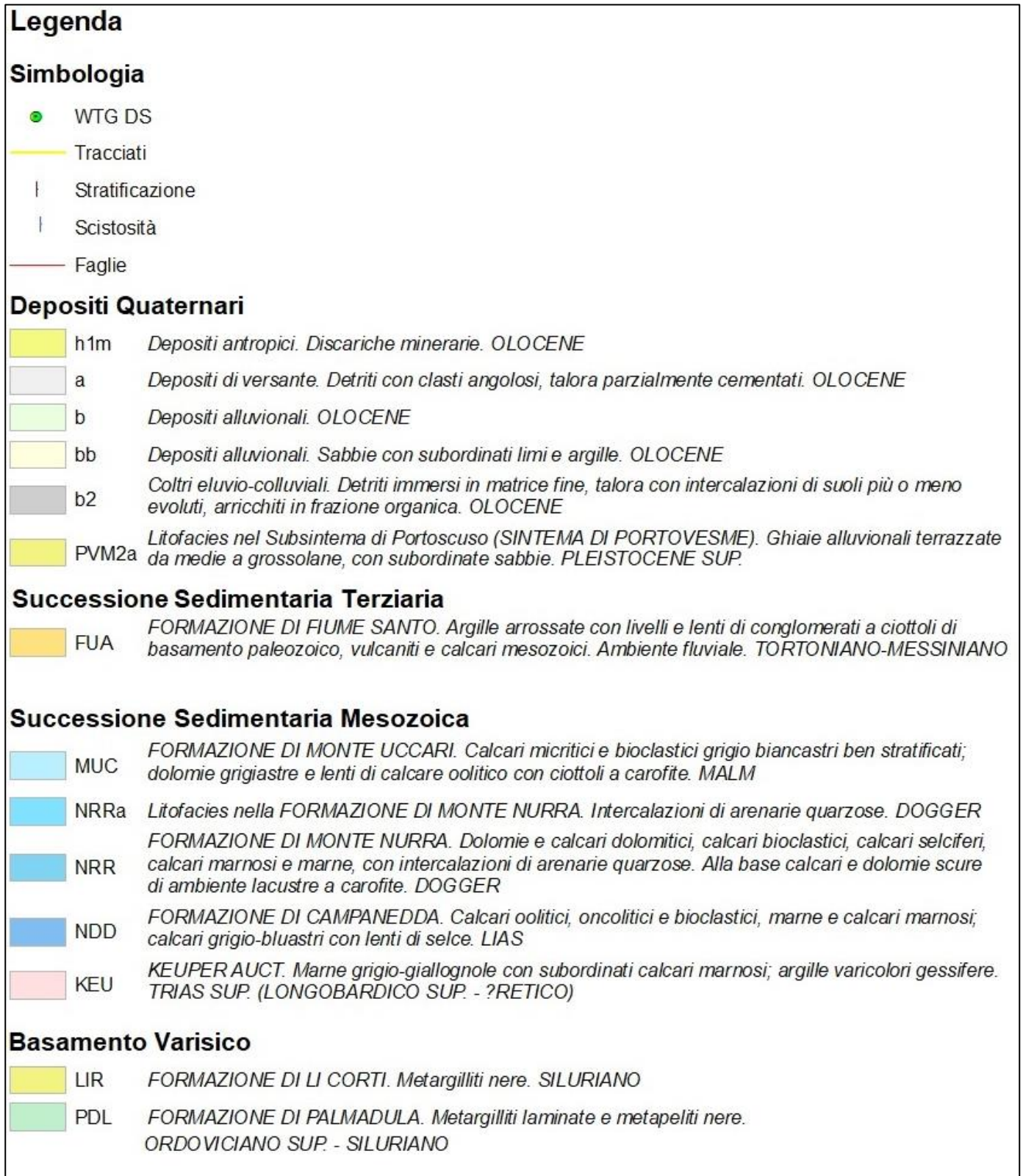


Figura 7.4– a): Legenda Carta geologica dell'area di studio.



## 8 Inquadramento geomorfologico

Le turbine verranno posizionate sulle rocce mesozoiche che costituiscono le creste di due costoni tra loro paralleli e orientati NE-SW e compresi tra la località Sa Corredda a Nord e Pala Marrone a Sud, nelle quali si ergono i rilievi di Punta Pedru Ghisu (305m), (Monte Alvaro (342m), P.ta De Lu Rumasinu (283m), Monte La Campana (214m), Monte Su Zumburu (220m), P.ta De Sa Janna Strinta (338m), Punta della Cuvacadda (273m), e Punta de Pala Marrone (258m).

L'area vasta del settore in studio presenta delle morfologie tipiche di calcari duri e cristallini del mesozoico, stratificati e con forme accidentate che vanno da aspre a sub-pianeggianti, spesso con piani di inclinazione orientati, variamente fratturati ed erosi.

Il territorio indagato è costituito sostanzialmente da una zona collinare, con rilievi arrotondati e dislivelli dell'ordine di 200 m circa tra monte e valle.

La forma prevalentemente rotondeggiante dei rilievi dell'area di Sa Corredda è il risultato della graduale demolizione del rilievo ad opera degli agenti erosivi sulle rocce di natura prevalentemente carbonatica, modellate dal carsismo.

I prodotti di erosione sia della prima fase che della seconda e attuale vengono trasportati dall'acqua e dal vento e si depositano in relazione alla loro dimensione e all'energia di trasporto delle acque lungo le pendici dei versanti e nelle valli andando a costituire le coperture sedimentarie.

Le morfologie osservabili in quest'area sono strettamente connesse alle caratteristiche di messa in posto delle litologie e dalle caratteristiche fisico-chimiche delle litologie presenti e dalla tipologia ed intensità degli agenti modellanti predominanti, in particolare il carsismo.

Il carsismo si sviluppa principalmente a seguito della dissoluzione chimica delle rocce carbonatiche.

Il processo carsico rientra nel grande insieme delle azioni di disgregazione compiute dagli agenti esogeni a spese delle rocce affioranti sulla crosta terrestre. La corrosione avviene per opera delle acque meteoriche che, oltre a contenere una certa quantità di anidride carbonica atmosferica disciolta al loro interno, scorrendo sulla superficie del suolo ed attraversando lo strato superficiale del suolo si arricchiscono ulteriormente di CO<sub>2</sub>. Queste acque reagiscono con la roccia calcarea intaccandola lentamente, sia in superficie sia infiltrandosi nel reticolo, fino a dar luogo nell'arco del tempo a veri e propri condotti di dimensioni variabili, che costituiscono i classici acquiferi tipici delle rocce carbonatiche. Infatti le acque ricche di anidride carbonica sono particolarmente aggressive nei confronti del carbonato di calcio.



Figura 12-Paesaggio dell'area di studio.

Il paesaggio carsico è caratterizzato da forme superficiali o epigee e da forme sotterranee o ipogee. Le forme epigee possono avere dimensioni molto diverse, comprese fra pochi millimetri e parecchi chilometri. I paesaggi carsici sono caratterizzati da aridità, dalla mancanza di idrografia superficiale, dalla presenza di conche di assorbimento (doline), inghiottitoi, e pozzi, da valli incise con pareti ripide (forre), da conche chiuse di grandi dimensioni (polje) con depositi alluvionali ed eluviali (residui insolubili dell'erosione carsica - terre rosse), e da forme carsiche tipiche come i Karren (campi carreggiati), i Lapiez (scannellature), solchi (docce), vaschette di corrosione, fori carsici, crepacci e lame.





**Figura 13-Morfologie carsiche: Karren (Campi Carreggiati).**

I karren (Fig. 8.2 e 8.3) sono superfici nelle quali le acque hanno provocato ampie fessure, simili ai solchi delle ruote di un carro, e caratterizzati da una vegetazione molto scarsa. Le doline invece sono tra le forme più note del paesaggio carsico. La dolina è una conca chiusa a pianta tondeggiante, ovvero una depressione a forma di imbuto, prodotta dalla dissoluzione della roccia ad opera delle acque piovane (un bacino che si riempirebbe d'acqua a originare un laghetto se le pareti ed il fondo fossero impermeabili), con un diametro variabile da qualche metro fino a 1 km e di profondità fra i 2 e i 200 metri e che presentano sul fondo un inghiottitoio cioè un'apertura attraverso la quale le acque meteoriche vengono convogliate in profondità. Le doline raccolgono quindi grandi quantità di acque piovane o di scorrimento superficiale e le convogliano nel reticolo carsico di drenaggio, dove si formano così veri e propri torrenti sotterranei. La dolina, se abbastanza profonda, è caratterizzata da un clima particolare. A causa della sua forma, infatti, la dolina si presenta come una trappola di aria fredda, presentando una sensibile differenza di temperatura rispetto al resto dell'altopiano. Questa particolarità rende la dolina un ambiente a sé con una presenza di flora (vedi "inversione della vegetazione in una dolina") e fauna che normalmente si trovano ad altitudini maggiori. La dolina è quindi il risultato della dissoluzione delle rocce carbonatiche attorno all'inghiottitoio o del crollo di una grotta sotterranea. Nell'area di studio sono stati rinvenuti numerosi Karren (Fig. 8.3) con lapiez (Fig. 8.4); sono state rinvenute anche numerose superfici strutturali (Fig. 8.5) impostate lungo le bancate di strato carbonatiche.





Figura 14-Forme carsiche: Karren.



Figura 15-Forme carsiche: Lapiez.





Figura 16-Superficie strutturale.

### 9.1 Lineamenti geomorfologici dell'area di studio

La morfologia del paesaggio è caratterizzata da colline poco elevate rappresentate da modesti rilievi subarrotondati, e ampie valli aperte (Fig. 8.5); i rilievi principali hanno altezze intorno ai 300 metri (P.ta de Sanna Istrinta 339 m, Monte Alvaru 341 m, P.ta Pedru Ghisu 305 m). Il reticolato idrografico è impostato sulle principali direttrici tettoniche e mostra valli quasi sempre aperte poco incassate, con prevalente andamento NE-SW.

Nell'area di studio sono presenti numerose cave per inerti, di conseguenza l'uomo ha modificato notevolmente il paesaggio attraverso sbancamenti e superfici di spianamento artificiali.

Le forme carsiche sotterranee o ipogee sono dovute alla dissoluzione operata dalle acque che si infiltrano nel sottosuolo. Le cavità che si originano possono avere sviluppo prevalentemente verticale come le gallerie e le grotte. Le grotte hanno dimensioni e forme molto varie, e spesso sono originate dalla fusione di più cavità.

Nelle grotte l'acqua scende dal soffitto e il suo lento stillicidio costruisce nuove forme utilizzando il materiale prelevato in superficie. Nell'ambiente di caverna, infatti l'equilibrio tra carbonato e bicarbonato viene nuovamente spostato a favore del carbonato, che precipita producendo le stalattiti, pendenti dalla volta.





Figura -Morfologia del paesaggio; valli aperte.



Figura 17-Grotta a pozzo presso Punta Ruminu (Pentuma di Punta Ruminu).

La goccia che invece cade sul pavimento della grotta costituisce nel tempo la stalagmite, al cui forma è generalmente più tozza di quella della stalattite. L'unione della stalattite con la stalagmite produce tipiche colonne di alabastro calcareo.



Tra le forme ipogee presenti nell'area di studio sono presenti alcune grotte tra le quali una cavità con ingresso a pozzo profonda alcune decine di metri (30 m) presso la località Punta Su Rumasinu (Pentuma di Punta Rumasinu). Poco più a sud si trova un'altra grotta a pozzo (Pozzo Ardeca) profonda circa 17 metri; presso località su Crabiore si trova un'altra grotta a pozzo (Pozzo di Pedru Ghisu) anch'esso presenta una profondità di circa 17 metri. La grotta più importante si trova presso Monte Alvaru; si tratta sempre di una grotta a pozzo che presenta un dislivello di circa 45 metri.

## 9.2 Definizione dell'area geomorfologicamente significativa

L'area geomorfologicamente significativa per le azioni di progetto è quell'area in cui si esplicano tutti i processi geomorfici, il cui effetto può generare interazioni con le dinamiche ambientali. Pertanto la stessa, nello specifico, si individua nei versanti e nei sub-bacini idrografici presenti che interferiscono con l'opera.

La geomorfologia di quest'area è fortemente interessata dall'azione geochimica e fisica che l'acqua esercita sulle dolomie e sui calcari, la quale, assieme al clima locale caratterizzato dall'imponenza del maestrale e alle importanti escursioni termiche giornaliere, ha smussato e modellato il territorio conferendoli forme dolci e valli da fondo prevalentemente piatto.



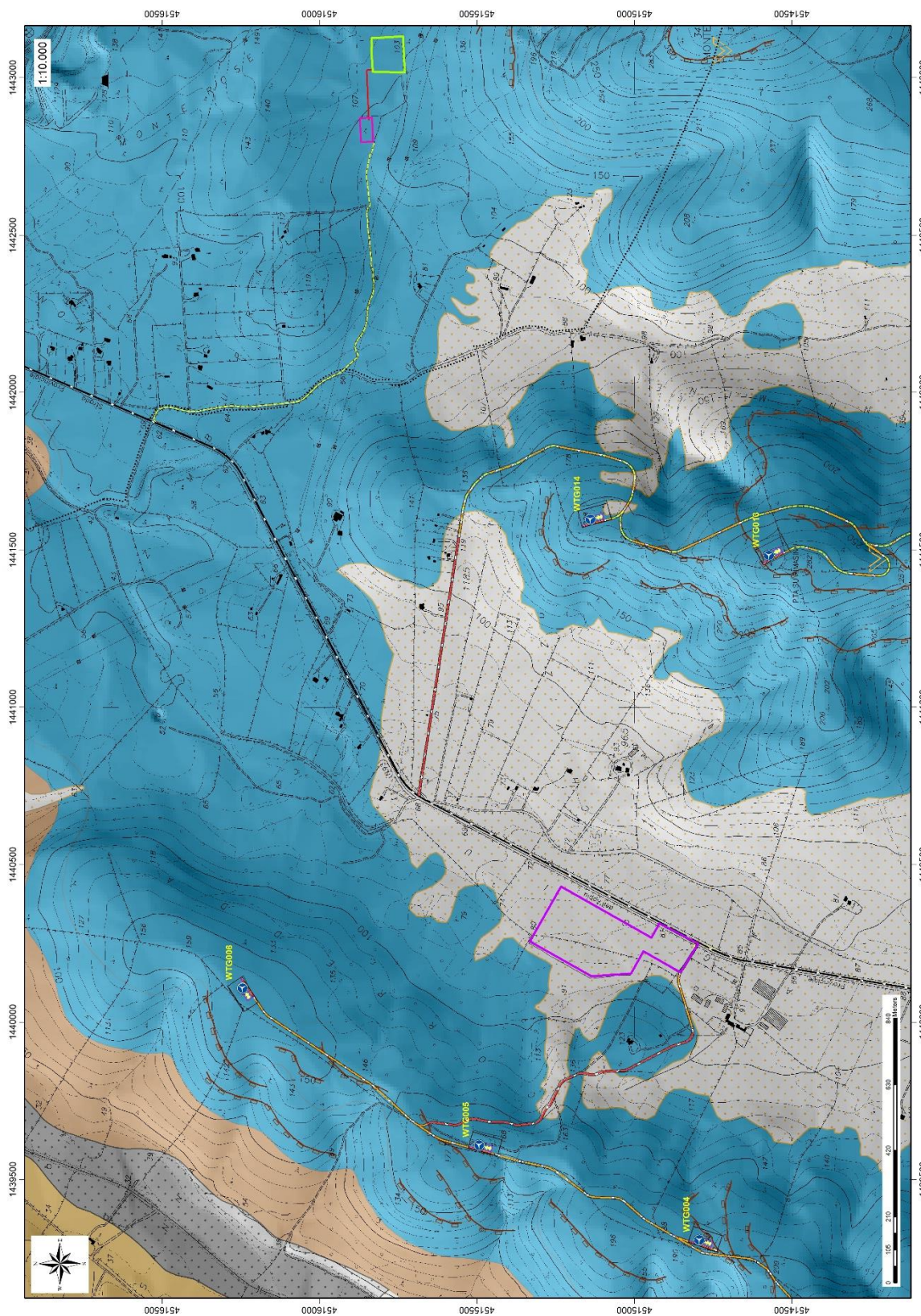


Figura 18-Carta geomorfologica - Settore nord



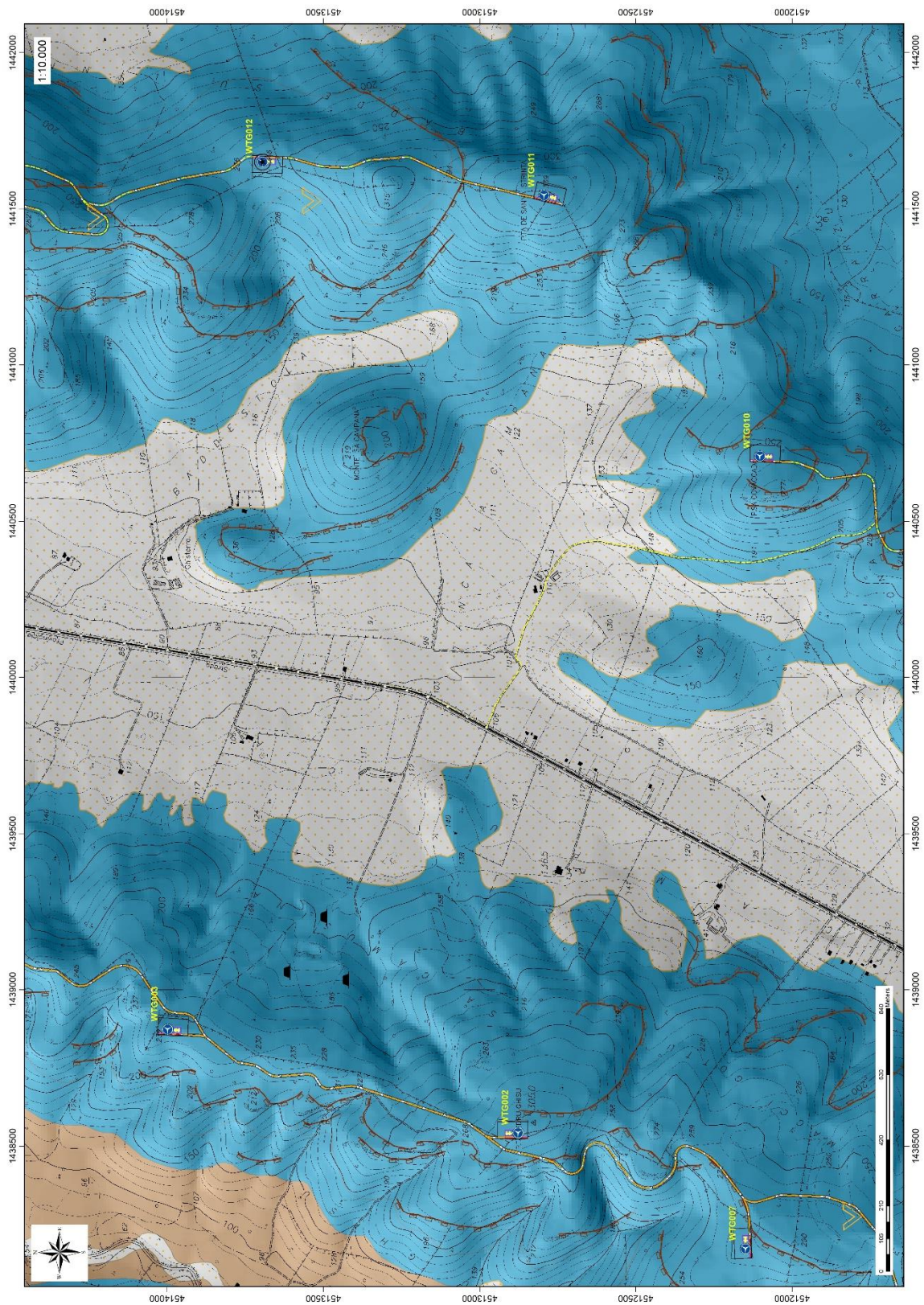


Figura 19-Carta geomorfologica - Settore centrale



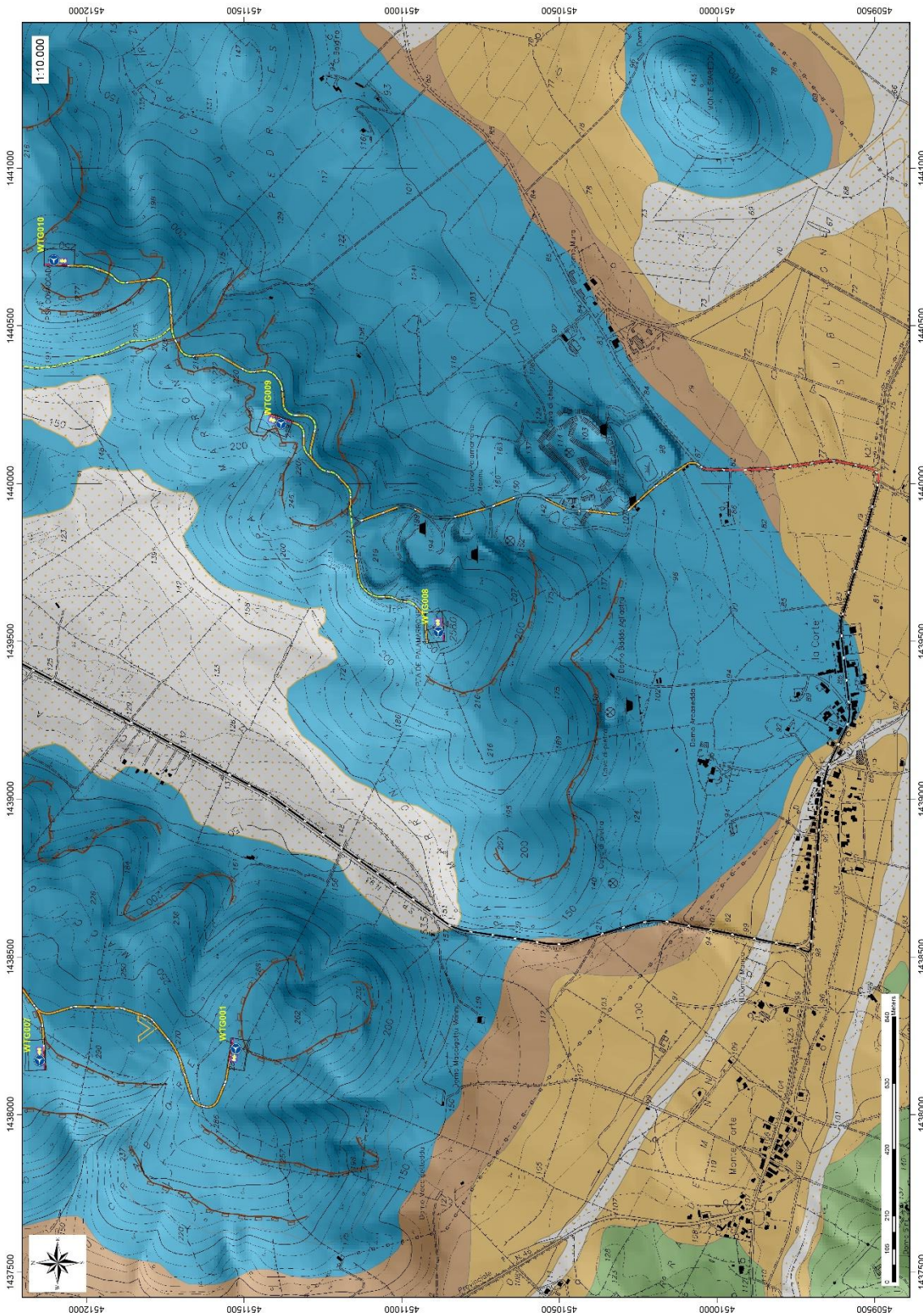


Figura 8. 1: Carta geomorfologica – Settore sud

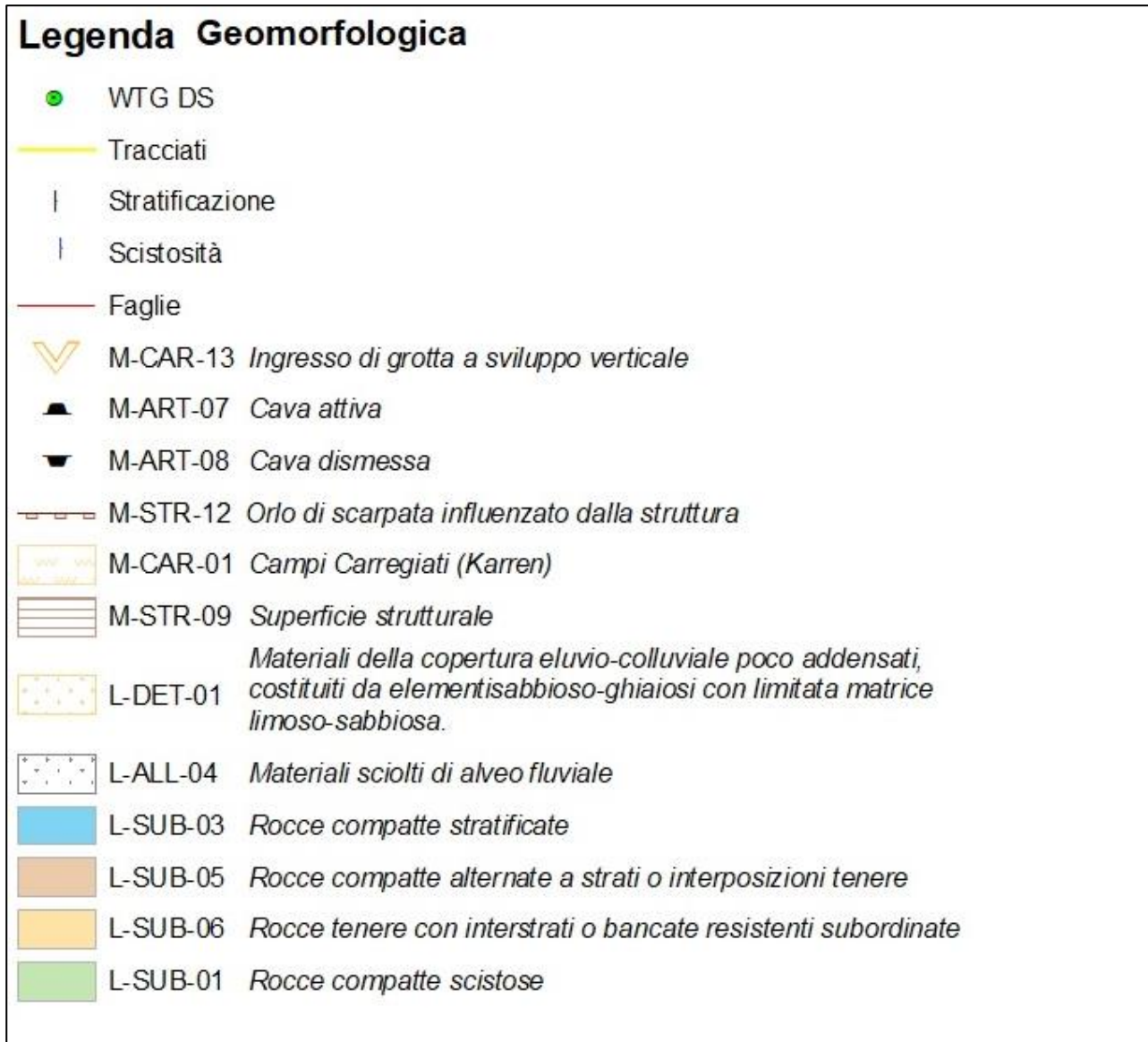


Figura 8.0.20 - Legenda della Carta Geomorfológica

## 9 Inquadramento idrologico e idrogeologico

Secondo la classificazione dei bacini sardi riportata nel Piano di Assetto Idrogeologico, il comune di Sassari è incluso nel Sub – Bacino n° 3 “Coghinas – Mannu di P.Torres – Temo”, che si estende per una superficie di 5402 Km<sup>2</sup>, pari al 23% del territorio regionale (Fig. 9.1).

Il Sub-Bacino Coghinas-Mannu-Temo può essere suddiviso in tre grandi sotto insiemi: il settore Orientale e Sud-Orientale prevalentemente paleozoico, il settore centrale prevalentemente terziario, e il settore Nord-



Occidentale, in cui ricade il progetto, costituito dallo zoccolo cristallino dell'horst della Gallura paleozoico e dalle formazioni carbonatiche mesozoiche che culminano con i rilievi del Doglia e del sistema di Punta Cristallo e di Capo Caccia.



Figura 21-suddivisione dei bacini idrografici sardi.

Il reticolo idrografico su queste litologie è caratterizzato da una ramificazione poco sviluppata in tutta l'area vasta che include le zone di interesse per i progetti di installazione delle turbine.

Lo sviluppo del reticolo idrografico è strettamente connesso alle caratteristiche chimico-fisiche delle rocce costituenti il substrato, e al controllo tettonico che si manifesta molto evidente su alcune linee di deflusso. Le rocce calcaree sono generalmente caratterizzate da importanti sistemi di giunti e discontinuità, spesso visibili ad occhio nudo, che influenzano la circolazione idrica superficiale che si presenta poco articolata, indice che l'aliquota d'acqua di infiltrazione è maggiore dell'acqua che prende parte al ruscellamento superficiale.

**I corsi d'acqua principali presenti nell'area vasta sono il Riu Sant'Osanna, che scorre nella parte occidentale e il Riu Mannu nella parte orientale, mentre a sud scorre il Riu Don Gavinu.** Verso questi confluiscono le acque incanalate da piccoli affluenti che si ramificano verso monte.

Essendo l'area di interesse costituita da alti topografici, i fiumi presenti scorrono allontanandosi da queste aree. Ne consegue che, le aree in studio si collocano in concomitanza con gli spartiacque dei bacini idrografici dei fiumi che interessano la zona.

### 9.1 Caratteristiche e dinamiche delle acque sotterranee

Uno studio idrogeologico ha lo scopo di identificare lo schema di circolazione idrica sotterranea relativo ad una determinata area per poter ricavare informazioni circa i rapporti tra litotipi presenti, la presenza di acqua e le possibili conseguenze derivanti dalla realizzazione di un'opera.

Nell'area di interesse sono presenti rocce di diversa natura, anche se principalmente sono da riferire al Mesozoico, in parte al Paleozoico e al Quaternario. Il basamento paleozoico è costituito principalmente da litologie impermeabili e di conseguenza nel complesso sfavorevoli alla ritenzione delle acque meteoriche, che si trovano quindi a scorrere in superficie, come è possibile vedere dallo sviluppo del reticolo idrografico superficiale nella parte occidentale dell'area vasta (Fig. 23).

Le coperture mesozoiche che costituiscono i rilievi su cui verranno installate le turbine in progetto, invece, per via della loro composizione carbonatica, sono favorevoli alla ritenzione delle acque, come è possibile vedere dall'assenza del reticolo idrografico superficiale (Fig. 23).

Al contatto tra le coperture mesozoiche, più permeabili, e quelle paleozoiche alla base, meno permeabili, si possono sviluppare delle risorgive che hanno carattere prettamente stagionale legato all'andamento pluviometrico generale. Di seguito viene illustrato in uno schema il processo di infiltrazione accumulo e circolazione legato al regime delle piogge.

Gli afflussi che arrivano sul terreno sotto forma per lo più di piogge, più raramente e poco tempo di neve, in parte scorrono lungo la superficie in genere a lamina d'acqua per poi organizzarsi in deboli rivoli che si concentrano lungo gli impluvi fino a raggiungere le valli, mentre la frazione di acqua che non scorre in superficie in parte evapora e in parte si infiltra nel terreno e nella roccia sottostante scorrendo lungo le fratturazioni in maniera più o meno efficace in funzione del grado di apertura delle stesse.



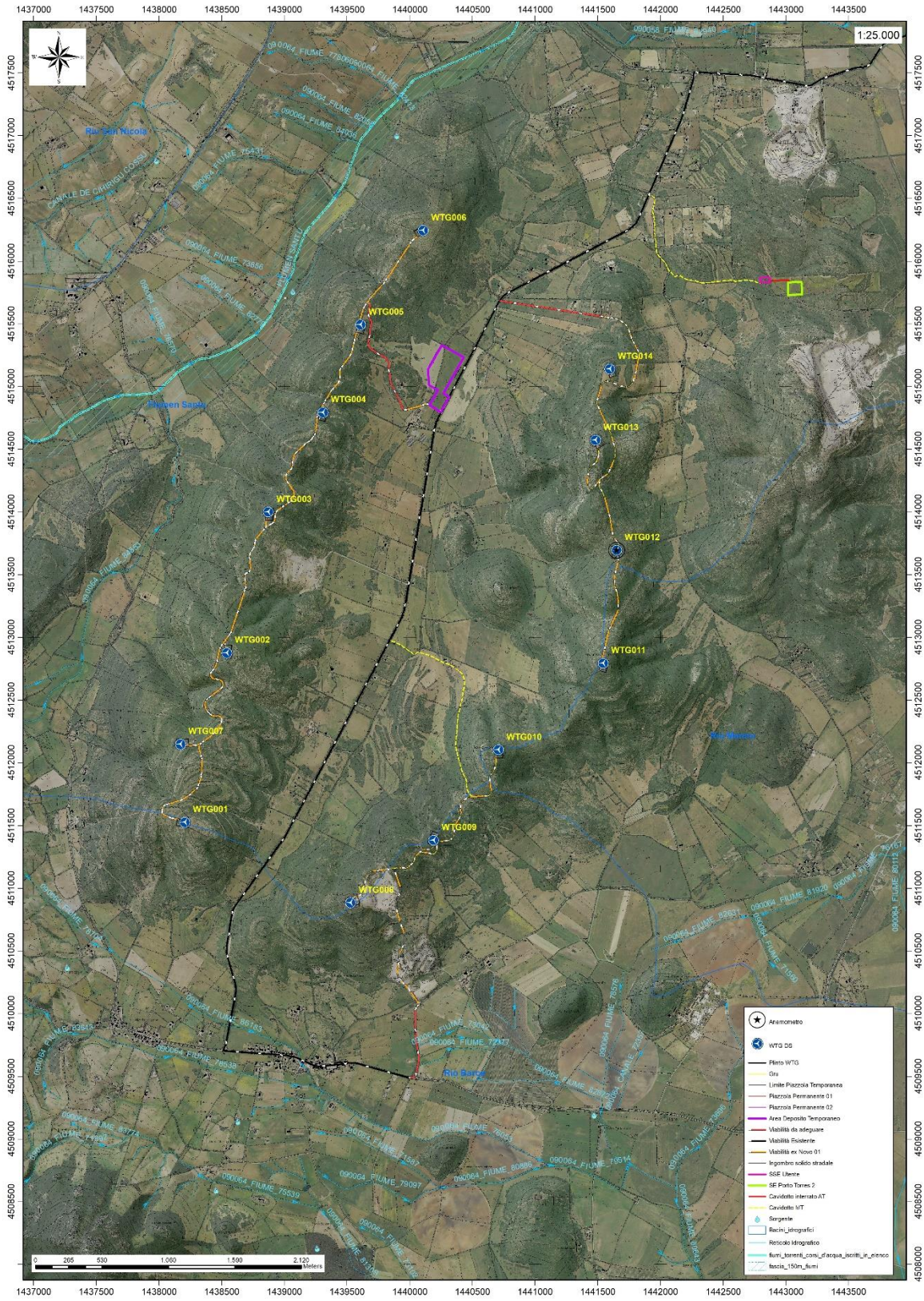


Figura 22-Reticolo Idrografico



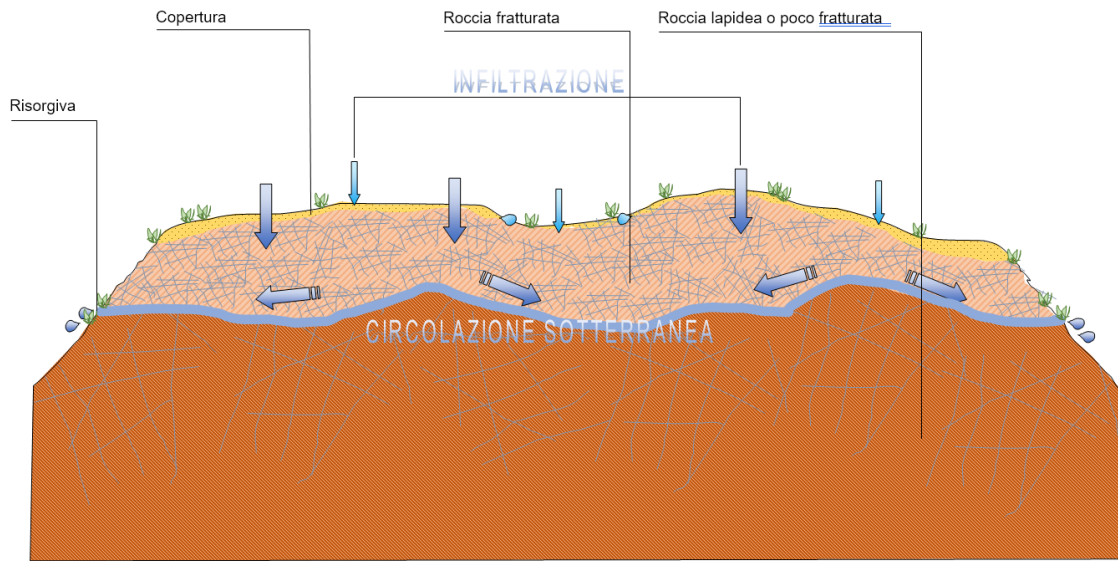


Figura 23-Schema esemplificativo, non in scala, dei processi di infiltrazione e deflusso sotterraneo

Maggiore è la presenza di fratture e la porosità del mezzo, maggiore è la possibilità che l'acqua prosegua il suo percorso in profondità. Le falde acquifere e le conseguenti sorgenti e inghiottitoi che si possono sviluppare sono per l'appunto legati principalmente al carsismo delle rocce carbonatiche costituenti l'area di interesse per la messa in opera delle turbine.

Da un punto di vista idrogeologico le formazioni dell'area di studio possono essere divise in quattro gruppi principali:

- Basamento Paleozoico. Affiora nella parte occidentale dell'area vasta, ed è costituito da rocce massive e scistose semipermeabili per fratturazione, da rocce impermeabili, e da rocce permeabili. Complessivamente la permeabilità del basamento metamorfico è scarsa, con Coefficienti di Permeabilità variabili tra  $10^{-7}$  e  $10^{-9}$ .
- Coperture mesozoiche. Tali coperture sono costituite da litotipi a permeabilità medio-alta dovuta sia alla porosità delle arenarie e dei calcari che alla permeabilità per fratturazione e carsismo delle rocce carbonatiche presenti in tutta l'area di interesse.
- Coperture sedimentarie oligo-mioceniche. Affiorano nella porzione occidentale e nord-orientale dell'area di interesse, e sono costituite da depositi caratterizzati da porosità medio bassa per porosità o medio bassa per fratturazione.
- Depositi quaternari. I depositi quaternari occupano aree molto limitate nella parte centrale e meridionale dell'area di interesse raggiungendo spessori poco significativi, con una permeabilità medio-alta per porosità. I depositi di versante essendo in gran parte costituiti da una struttura clasto-sostenuta e scarsa



matrice (falde di detrito), presentano una permeabilità molto elevata, in ogni caso i loro spessori esigui non garantiscono una potenza sufficiente per generare acquiferi significativi.

Le litologie che interessano l'area di progetto presentano una **permeabilità media per fratturazione (MF)**, come è possibile vedere dalla Carta delle permeabilità (Fig. 9.5) resa disponibile Geoportale della Regione Autonoma della Sardegna.

Dalla carta dei sistemi idrogeologici del foglio 459 "Sassari", si possono osservare le isopieze relative al complesso calcareo, le quali presentano direzioni di deflusso da sud-ovest verso nord-est (Fig. 9.6).

Al complesso calcareo viene attribuita una **conducibilità idraulica di  $k = 10^{-4}$**

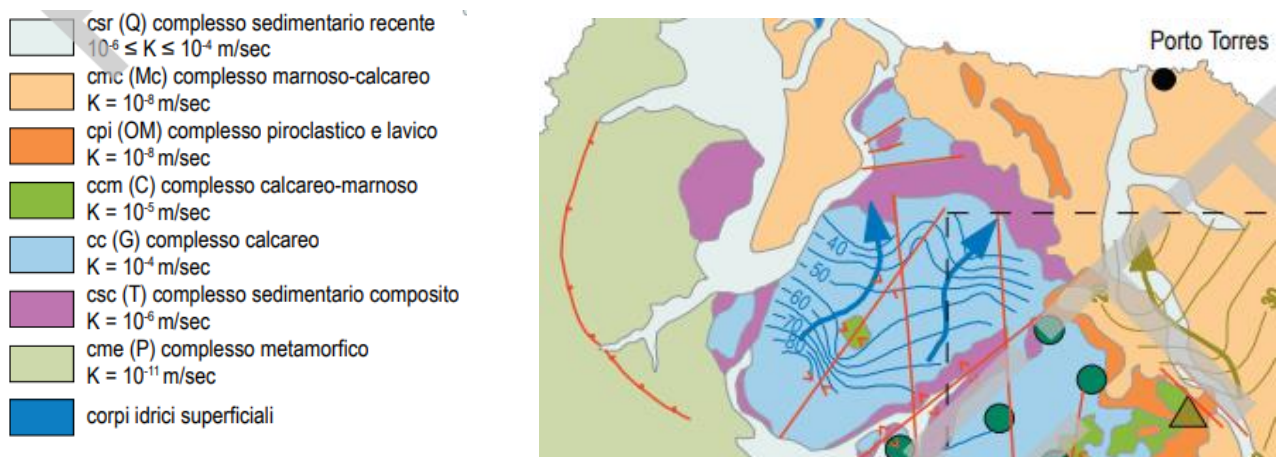


Figura 24-Sistemi idrogeologici dell'area occidentale del foglio 459 "Sassari"

### Analisi della Vulnerabilità degli acquiferi

Ai fini della tutela della risorsa idrica si è fatta una valutazione qualitativa della vulnerabilità degli acquiferi presenti in relazione alle opere da realizzare e in relazione alle varie attività di cantiere.

Non sono presenti sorgenti alle quote di realizzazione delle opere che prevedono gli scavi più profondi (fondazioni degli aerogeneratori, piazzole e area di deposito temporaneo) e la profondità dell'acquifero così come deriva dalle informazioni del foglio 459 "Sassari" supera i 40m da p.c. pertanto le opere non interferiscono con il normale deflusso delle acque sotterranee. Altresì le opere in progetto non determinano per loro natura produzione di agenti inquinanti che possono riversarsi nella circolazione idrica sotterranea se non per accidentale guasto meccanico che andrà trattato con le opportune misure di salvaguardia dettate dal T.U. sull'Ambiente.



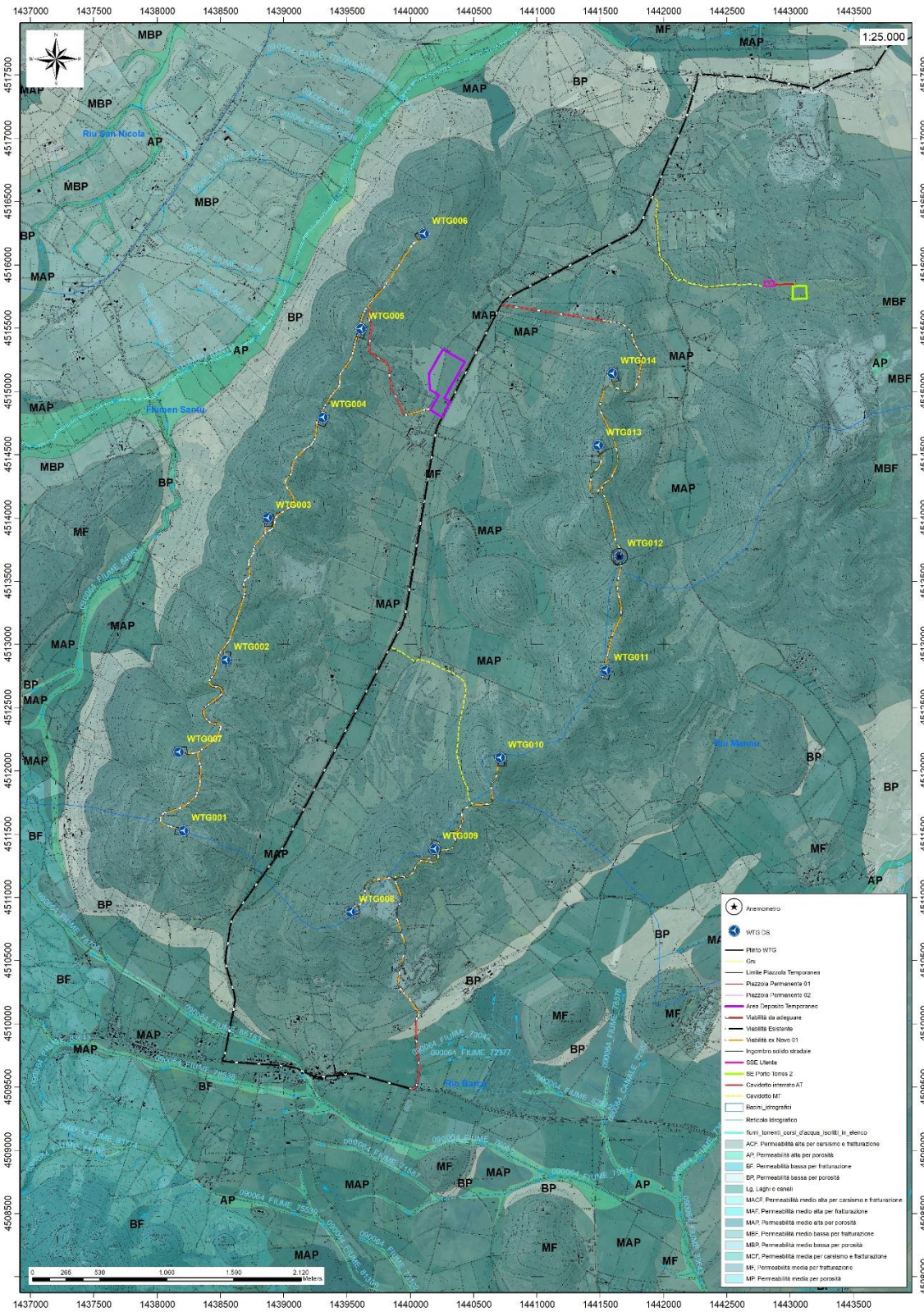


Figura 25-Stralcio della carta di permeabilità dei suoli, fonte RAS



## 9.2 Cavità di interesse speleologico

Nel Catasto Speleologico Regionale è possibile individuare la presenza di alcune cavità di interesse speleologico localizzate nell'area di interesse. Queste ultime sono impostate nelle rocce carbonatiche e dolomitiche delle formazioni di Monte Uccari e di Monte Nurra.

Nel dettaglio, nel costone occidentale è presente una cavità registrata al C.S.R. col numero 2463 e nota come "Pozzo di Pedru Ghisu", localizzata nei calcari della formazione di Monte Nurra a quota 280m s.l.m.

Internamente presenta un dislivello di 17 metri dal p.c. ed uno sviluppo spaziale di 40 m.

Nel costone orientale sono state censite due cavità, entrambe localizzate nei calcari e dolomie della Formazione di Monte Uccari: una più settentrionale sita a SW di Punta Rumasino e registrata col numero 2466 ("Pentuma di Punta Rumasino"), e una più meridionale registrata col numero 2467 "Pozzo Ardeca"

La Pentuma di Punta Rumasino si apre a sud della turbina WTG013, a quota 260 m s.l.m., presenta un dislivello di 30 m e uno sviluppo spaziale di 40 m.

Il Pozzo Ardeca, localizzato a SW della turbina WTG012 (a circa 100 m), si apre a quota 240 m s.l.m., con un dislivello di 17 m dal p.c. ed uno sviluppo spaziale di 30m.

Denominazione cavità	Latitudine	Longitudine
Pozzo di Pedru Ghisu	40°45'23''	8°16'08''
Pentuma di Punta Rumasino	40°46'43''	8°18'23''
Pozzo Ardeca	40°46'20''	8°18'30''

## 11 Inquadramento pedologico

Le tipologie di suolo sono legate per genesi alle caratteristiche delle formazioni geo-litologiche presenti e all'assetto idraulico di superficie nonché ai diversi aspetti morfologici, climatici e vegetazionali.

Poiché la litologia del substrato o della roccia madre ha una importanza fondamentale quale fattore nella pedogenesi dei suoli, le unità principali sono state delimitate in funzione delle formazioni geologiche prevalenti, e successivamente all'interno di esse sono state individuate unità, distinte dalla morfologia del rilievo, dall'acclività e dall'uso del suolo prevalente.



**Figura 26-Suolo presso la piazzola di ubicazione della turbina WTG014**

L'area di progetto su cui verranno installate le turbine ricade nei paesaggi su "calcari, dolomie e calcari dolomitici del Paleozoico e del Mesozoico e relativi depositi di versante", cui sono associati suoli dell'unità A1 della Carta dei Suoli della Sardegna.

Tutte le turbine (WTG001, WTG002, WTG003, WTG004, WTG005, WTG006, WTG007, WTG008, WTG009, WTG010, WTG011, WTG012, WTG013 e WTG014) e parte dei cavidotti o piste di accesso verranno posizionate in aree dove sono presenti rocce affioranti e suoli a profondità variabile nelle anfrattuosità della roccia, con profili A-R e subordinatamente A-Bt-R, argillosi, poco permeabili, neutri, saturi, dell'unità A1 (Fig. 11.2). La porzione di viabilità e di cavidotto collegata ad alcune turbine (WTG003 e WTG004) ricade parzialmente nei paesaggi associati a suoli dell'unità L1 (suoli con profili A-C e subordinatamente A-Bw-C, profondi, da sabbioso franchi a franco argillosi, da permeabili a poco permeabili, neutri, saturi), mentre per le turbine WTG006, WTG008, WTG009, WTG010 e WTG014 una porzione di cavidotto delle ricade parzialmente nei paesaggi associati a suoli dell'unità A2 (suoli con profili A-R, A-Bt-R e A-Bw-R e roccia affiorante, da poco profondi a profondi, da franco sabbioso argillosi ad argillosi, da mediamente a poco permeabili, neutri, saturi).



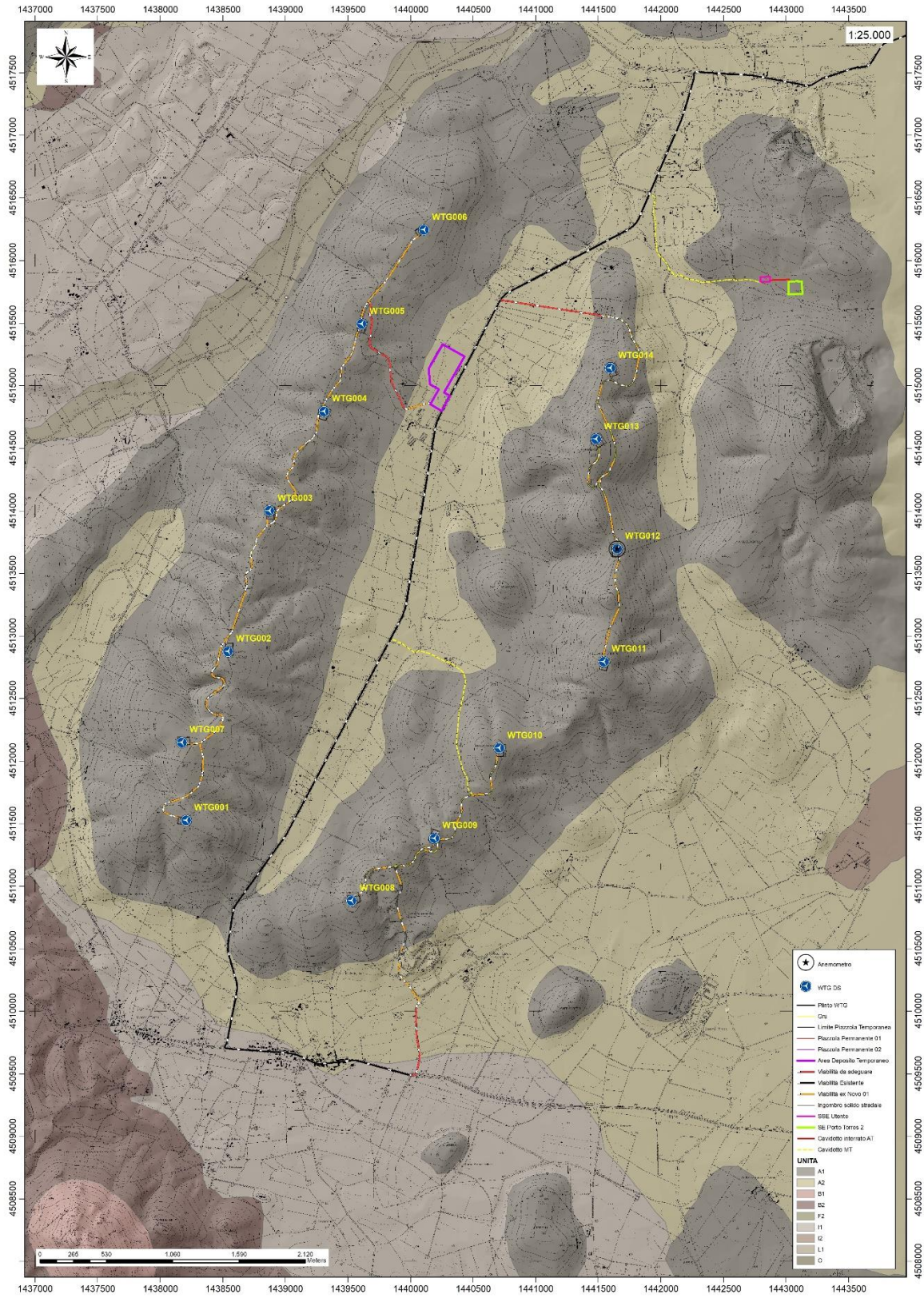


Figura 27-Stralcio della Carta dei Suoli della Sardegna (Fonte RAS).

## 12 Uso del Suolo

Dalla Carta dell'Uso del Suolo, resa disponibile dalla Regione Sardegna, si evince che l'ambito di progetto del Parco eolico "Sa Corredda" si inserisce in un contesto in cui il suolo ricade in vari livelli (Fig. 12.1).

Intorno al lotto di interesse, nello specifico dell'area di installazione delle turbine, le destinazioni d'uso ricadono in ambiti quali Macchia Mediterranea (3231), Gariga (3232), Aree a pascolo naturale (321), Aree estrattive (131), Aree con vegetazione rada (333), e Seminativi in aree non irrigue (2111).

In particolare, dall'analisi della cartografia esistente, si evince che:

- ricadono nel livello **3231**, classificato come "**Macchia mediterranea**", i punti di installazione delle turbine WTG002, WTG003, WTG005, WTG007, WTG009, WTG010, WTG011 e WTG012;
- ricadono nel livello **3232**, classificato come "**Gariga**", i punti di installazione della turbina WTG013;
- nel livello **333**, classificato come "**Aree con vegetazione rada**", i punti di installazione delle turbine WTG004 e WTG006;
- nel livello **321**, classificato come "**Aree a pascolo naturale**", il punto di installazione della turbina WTG001;
- nel livello **2111**, classificato come "**Seminativi in aree non irrigue**", il punto della turbina WTG014;
- nel livello **131**, classificato come "**Aree estrattive**", il punto della turbina WTG008.



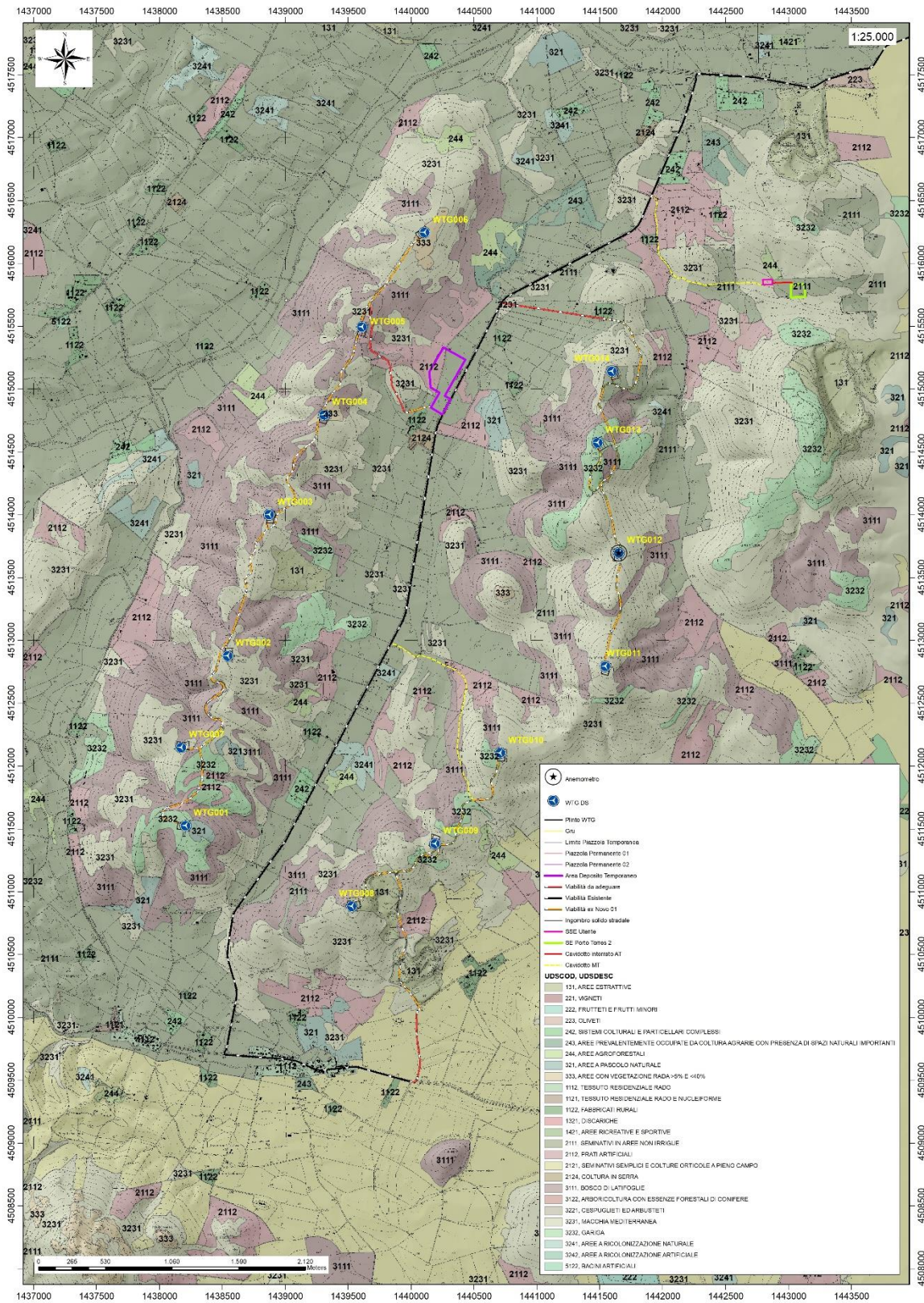


Figura 28-Stralcio della Carta dell'Uso del Suolo della Sardegna (2008, Fonte RAS).

## 13 Analisi dei vincoli gravanti sui terreni

### 13.1 Piano Stralcio D'assetto Idrogeologico Della Sardegna (P.A.I.)

Per quanto riguarda gli aspetti legati alla pericolosità idrogeologica, si sintetizzano gli esiti del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), che è stato redatto dalla Regione Sardegna ai sensi del comma 6 ter dell'art. 17 della Legge 18 maggio 1989 n. 183 e ss.mm.ii., adottato con Delibera della Giunta Regionale n. 2246 del 21 luglio 2003, approvato con Delibera n. 54/33 del 30 dicembre 2004 e reso esecutivo dal Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici n. 3 del 21 febbraio 2005.

Il PAI ha valore di piano territoriale di settore e, in quanto dispone con finalità di salvaguardia di persone, beni, ed attività dai pericoli e dai rischi idrogeologici, prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale (Art. 4 comma 4 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI). Inoltre (art. 6 comma 2 lettera c delle NTA), "le previsioni del PAI [...] prevalgono: [...] su quelle degli altri strumenti regionali di settore con effetti sugli usi del territorio e delle risorse naturali, tra cui i [...] piani per le infrastrutture, il piano regionale di utilizzo delle aree del demanio marittimo per finalità turistico-ricreative".

Nello specifico del progetto, le turbine WTG001 e WTG008 e relative piazzole (Fig. 30), sono localizzate in una perimetrazione di pericolosità da frana media Hg2 mentre tutte le altre turbine sono localizzate al di fuori delle perimetrazioni di pericolosità per frana (Hg0).

Per quanto riguarda le piste di accesso, è necessario specificare che parte di queste ultime ricade sulla perimetrazione Hg2 (WTG001, WTG004, WTG012 e WTG013). I cavidotti delle stazioni WTG009 ricadono sulla perimetrazione Hg1, quelli della stazione WTG002 sulla perimetrazione Hg2, e quelli delle stazioni WTG002, WTG003, WTG004, WTG005 e WTG007, ricadono su perimetrazioni Hg1 e Hg2.

Le turbine sono posizionate su un pianoro sufficientemente ampio da garantire la non influenza dell'opera con la dinamica del versante attiguo.

Dai sopralluoghi effettuati in sito non si ha inoltre evidenza per quest'area di fenomeni franosi in atto o potenziali. La dinamica geomorfologica di versante è naturalmente presente ma senza manifestazioni importanti.

**L'area di progetto è compresa nelle perimetrazioni di pericolosità geomorfologica del PAI.**



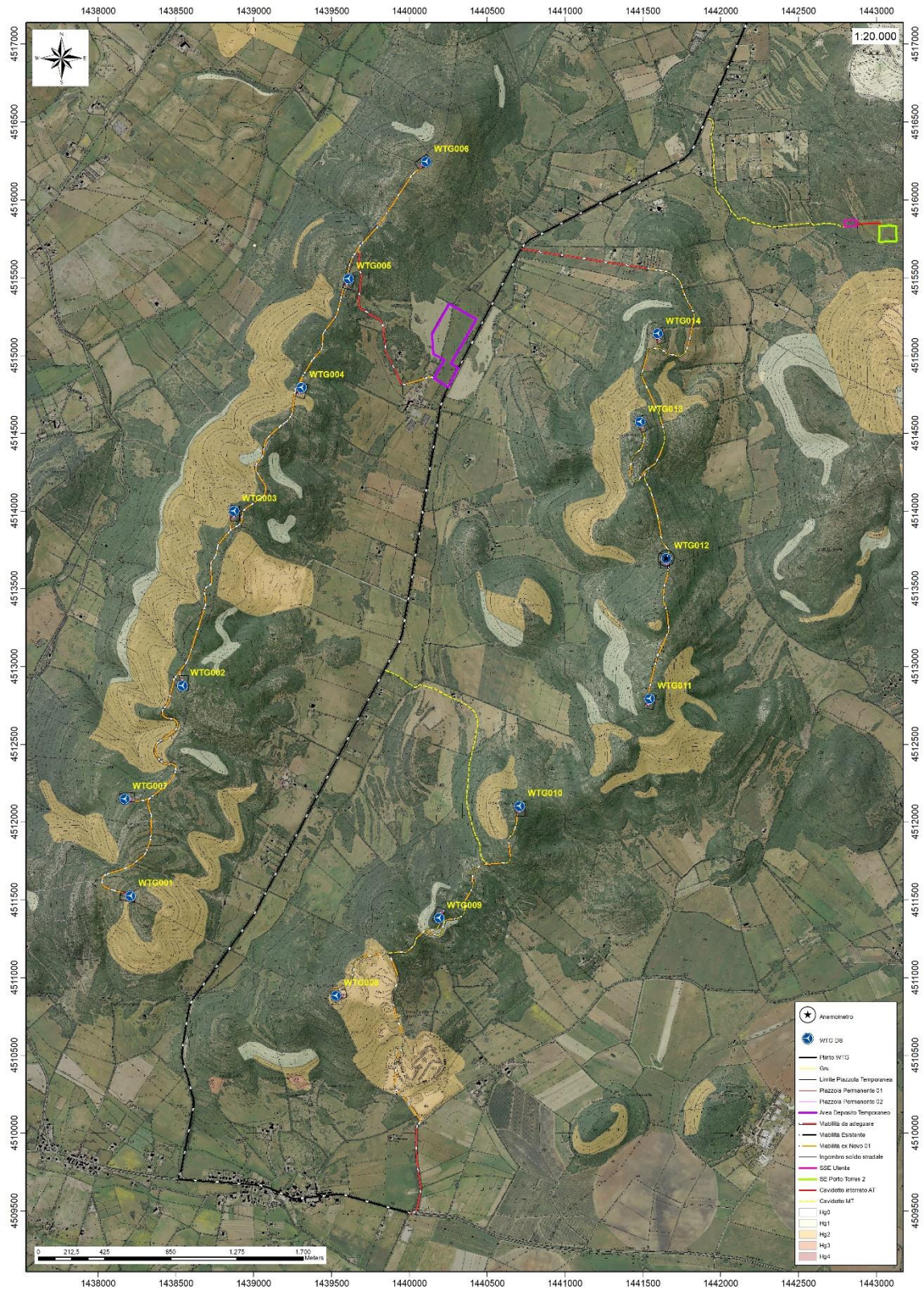


Figura 29-Pericolosità da frana PAI

---

Nella carta tematica del P.A.I. relativa alla pericolosità idraulica resa disponibile dalla RAS, risulta che nel territorio circostante l'area di interesse sono presenti diversi settori con diverso grado di pericolosità legata a fenomeni idraulici o aree interessate da fenomeni di esondazione naturali, che si trovano distanti dal sito dove verrà realizzato il progetto.

**L'area di progetto non è compresa nelle perimetrazioni di pericolosità idraulica del PAI.**

Per quanto riguarda la Pericolosità frana Art.8, nell'area di interesse sono presenti alcune perimetrazioni ad Hi1 e Hi4, nelle quali ricade parzialmente il cavidotto per la turbina WTG006.



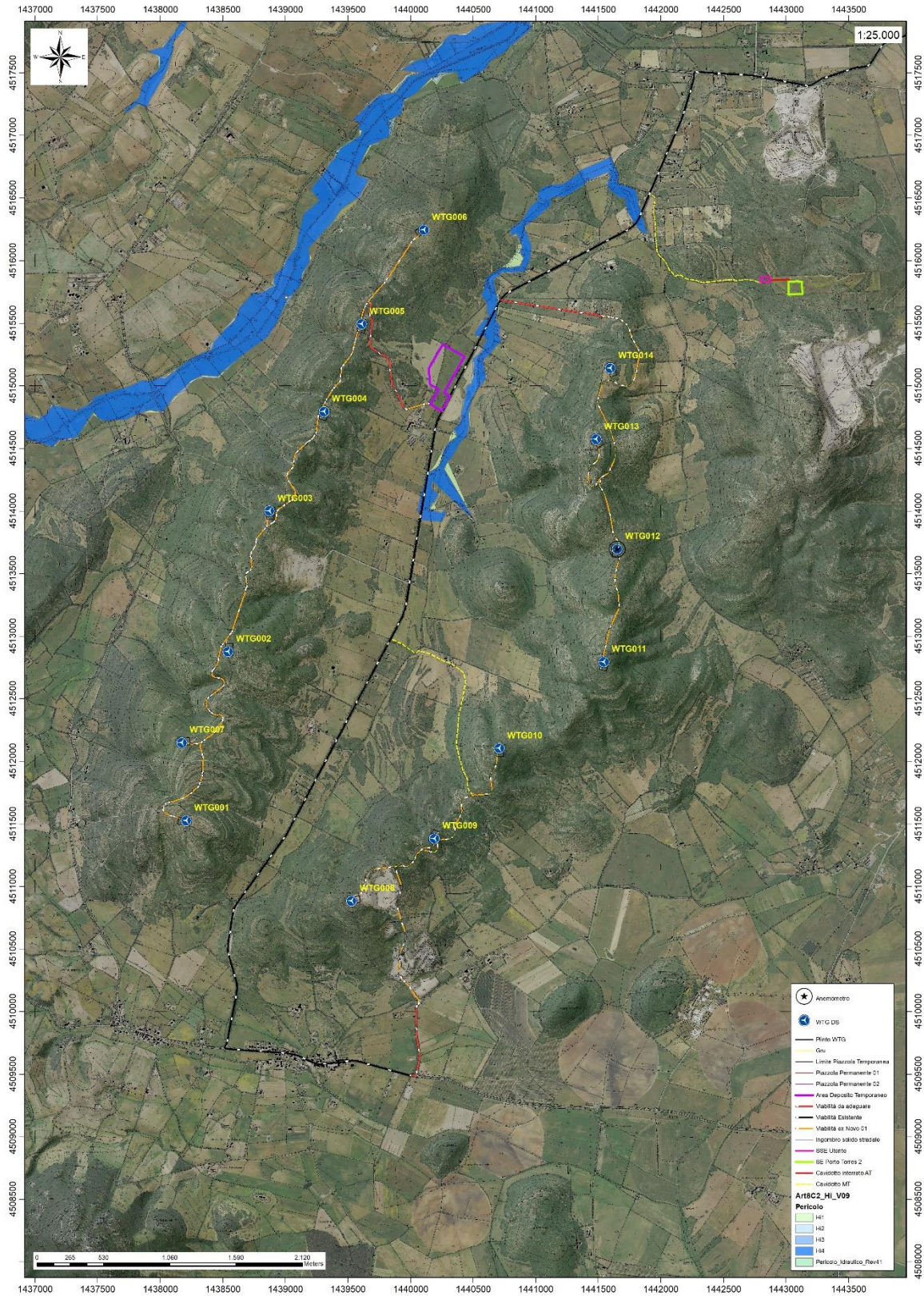


Figura 30-Pericolosità idraulica PAI



### 13.2 Inventario dei Fenomeni Franosi – Progetto I.F.F.I.

Per quanto riguarda il censimento dei siti franosi nell'ambito del Progetto IFFI, nell'inventario non sono menzionate aree che ricadono nell'ambito territoriale dell'area di interesse.

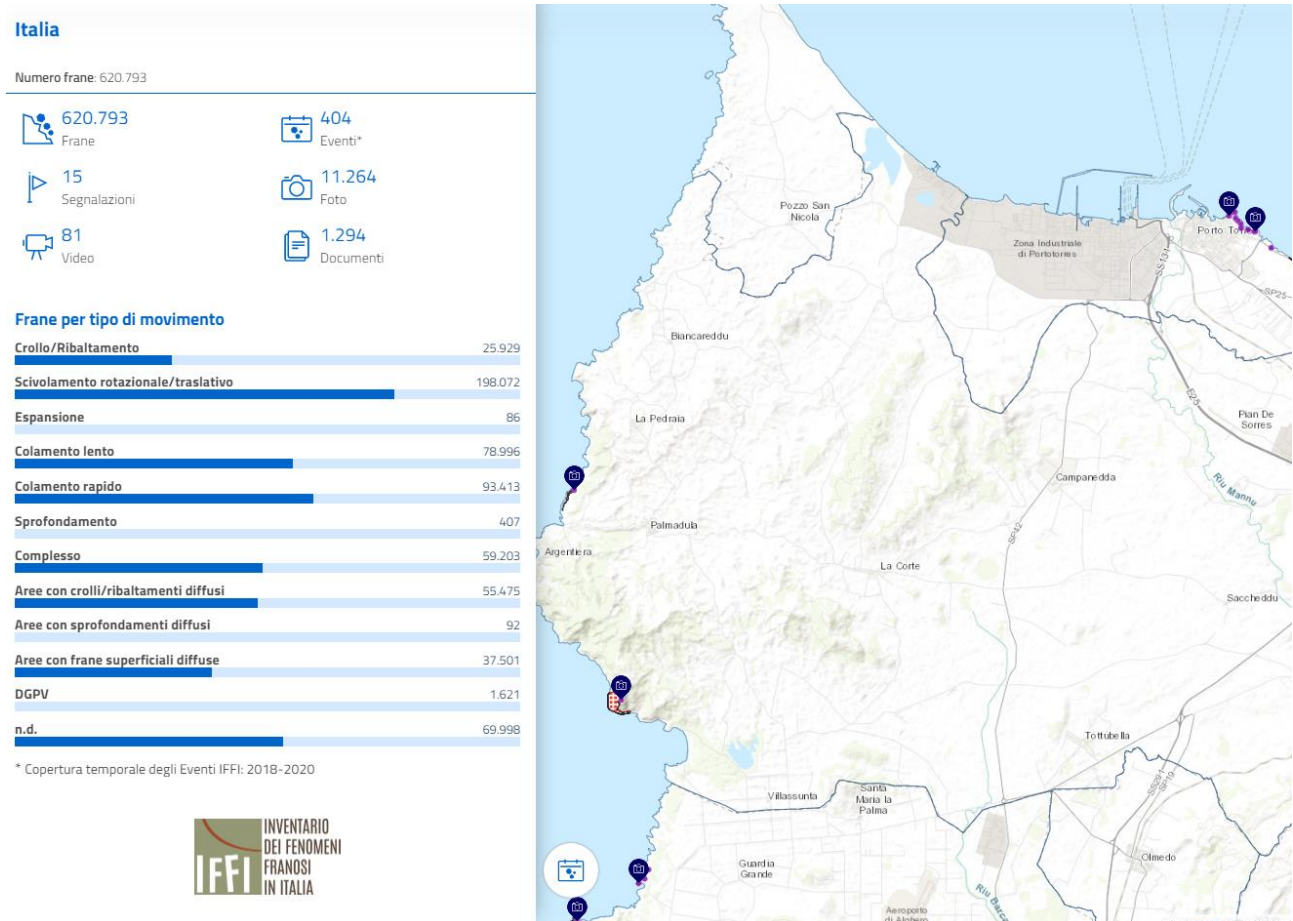


Figura 31-Archivio IFFI (Fonte ISPRA) in rosso l'area di intervento

### 13.3 Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) definisce, per i principali corsi d'acqua della Sardegna, le aree inondabili e le misure di tutela per le fasce fluviali. A seguito dello svolgimento delle conferenze programmatiche, tenute nel mese di gennaio 2013, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013, ha adottato in via definitiva il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.



Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Con Delibera n. 2 del 17.12.2015, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna, ha approvato in via definitiva, per l'intero territorio regionale, ai sensi dell'art. 9 delle L.R. 19/2006 come da ultimo modificato con L.R. 28/2015.

Per quanto riguarda le delimitazioni presenti nella cartografia del Piano Stralcio Fasce Fluviali, si evince che nel territorio circostante l'area di Sa Corredda è presente un'area di fascia C (Fascia Geomorfologica) individuabile nella parte orientale del territorio lungo l'alveo del Riu Mannu. L'area descritta è localizzata fuori dall'area oggetto di studio.

**L'area di progetto non è compresa nelle perimetrazioni del PSFF.**

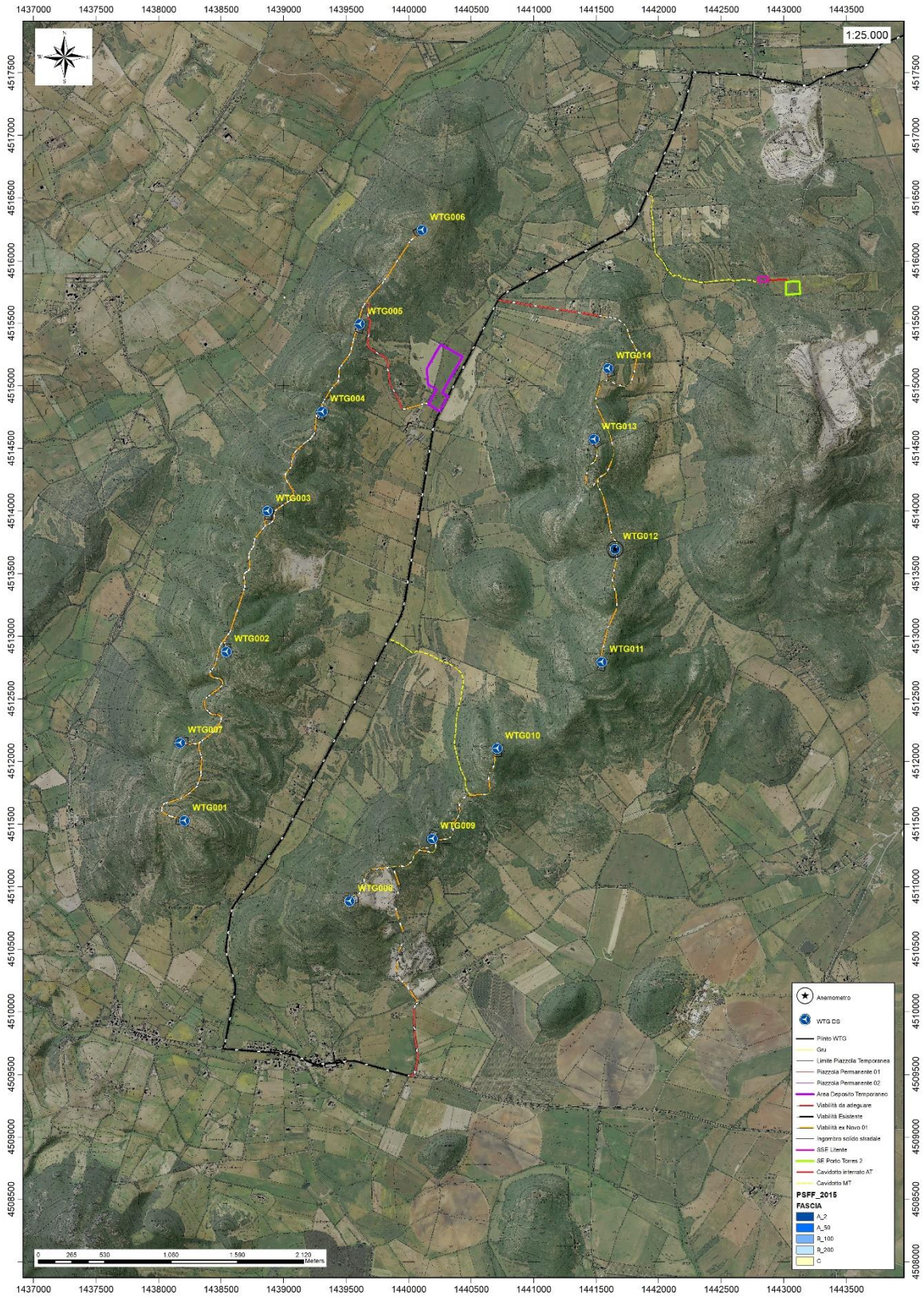


Figura 32-Carta delle perimetrazioni PSFF



### 13.4 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

L'articolo 7 del D.Lgs. 23 febbraio 2010 n. 49 "Attuazione della Direttiva Comunitaria 2007/60/CE, relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni", che recepisce in Italia la Direttiva comunitaria 2007/60/CE, prevede che in ogni distretto idrografico, di cui all'art. 64 del D.Lgs.152/2006, sia predisposto il **Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni** (di seguito indicato come PGRA).

L'obiettivo generale del PGRA è la riduzione delle conseguenze negative derivanti dalle alluvioni sulla salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali. Esso coinvolge pertanto tutti gli aspetti della gestione del rischio di alluvioni, con particolare riferimento alle misure non strutturali finalizzate alla prevenzione, protezione e preparazione rispetto al verificarsi degli eventi alluvionali; tali misure vengono predisposte in considerazione delle specifiche caratteristiche del bacino idrografico o del sottobacino interessato. Il PGRA individua strumenti operativi e di *governance* (quali linee guida, buone pratiche, accordi istituzionali, modalità di coinvolgimento attivo della popolazione) finalizzati alla gestione del fenomeno alluvionale in senso ampio, al fine di ridurre quanto più possibile le conseguenze negative.

**Il territorio in studio non risulta essere interessato da perimetrazioni per rischio alluvioni.**

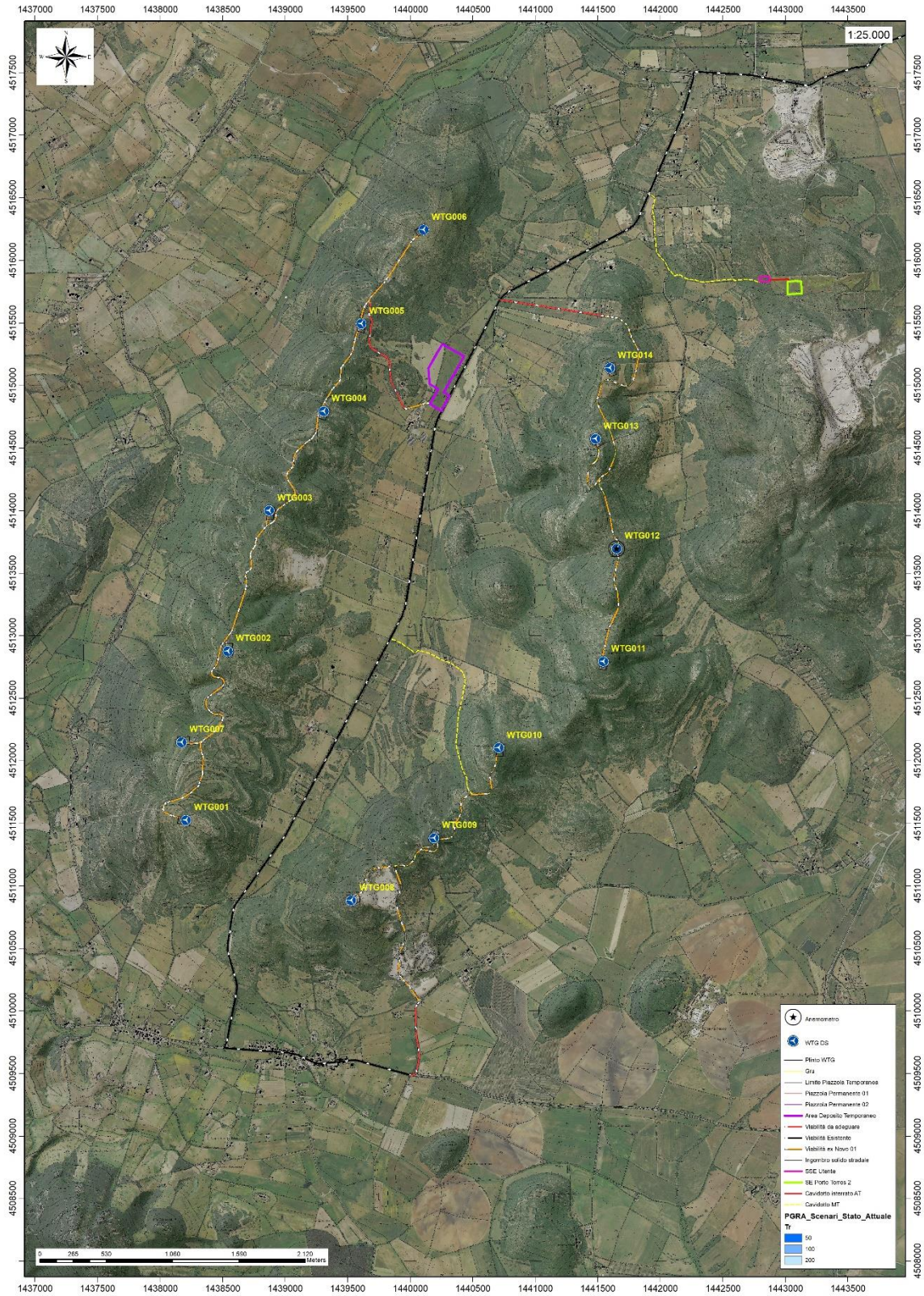


Figura 33-PGRA (Fonte RAS)



## 15 Modellazione geologica

### 15.1 Caratterizzazione geostrutturale degli ammassi rocciosi

Per la definizione dei parametri geotecnici del substrato roccioso al quale la fondazione delle turbine si appoggia, è stato adoperato il criterio di caratterizzazione dell'ammasso roccioso di Hoek-Brown generalizzato (1995), supportato dai dati geostrutturali rilevati in sito in pareti esposte laddove disponibili.

Sulla base di tale classificazione, il cui criterio di rottura è definito dalla relazione seguente:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} (mb (\sigma'_3 / \sigma_{ci}) + s)^a$$

dove:

$\sigma'_1$  e  $\sigma'_3$  = sforzi efficaci principali rispettivamente massimo e minimo a rottura;

$mb$  = costante d'ammasso

$s$  ed  $a$  = costanti d'ammasso

$\sigma_{ci}$  = resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta

è stato possibile risalire ai parametri di coesione e angolo di attrito interno secondo Mohr- Coulomb.

Tale metodologia si basa su caratteristiche proprie dell'ammasso, valutabili tramite osservazioni in sito o con l'ausilio di tabelle sviluppate sulla base di una vasta raccolta di dati pubblicati in letteratura, attraverso cui è possibile stimare con una certa precisione i parametri di coesione e angolo di attrito interno necessari alle verifiche di stabilità, valutando i seguenti parametri:

- *Stima dell'indice GSI (Geological Strength Index) in base alle caratteristiche geologiche dell'ammasso:* tale indice, introdotto da Hoek, Kaiser e Bawden (1995), può esser definito sulla base delle caratteristiche dell'ammasso (Fig. 15.2) o sulla base di un controllo diretto con l'indice RMR della classificazione di Bieniawski.
- *Determinazione della costante  $mi$  (Funzione del tipo di roccia):* i valori delle costanti caratteristiche della roccia ( $\sigma_{ci}$  e  $mi$ ) vengono generalmente definiti sulla base di apposite prove di laboratorio, ma in assenza delle suddette, è possibile fare riferimento alla tabella di Fig. 15.3, che riassume i valori della costante  $mi$  per diversi tipi di roccia.

CLASSE [*]	DESCRIZIONE	RESISTENZA A COMPRESSIONE MONOASSIALE (MPa)	INDICE DI RESISTENZA (POINT LOAD) (MPa)	VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA IN SITO	ESEMPI
R6	Resistenza estremamente elevata	> 250	> 10	Un campione può essere scheggiato solamente con un martello geologico	Basalto intatto, silice, selce, diabase, gneiss granito, quarzite
R5	Resistenza molto elevata	100-250	4-10	Un campione richiede molti colpi di un martello geologico per essere fratturato	Anfibolite, arenaria basalto, gabbro, gneiss, granodiorite calcare, marna riolite, tufi
R4	Resistenza elevata	50-100	2-4	Un campione richiede più di un martello geologico per essere fratturato	Calcare, marna, fillite, arenaria, scisto, argillite
R3	Resistenza media	25-50	1-2	Non può essere raschiato o spellato con un coltellino, un campione può essere fratturato con un solo colpo mediante un martello geologico	Argillite, carbone, calcestruzzo, scisto, siltite
R2	Resistenza bassa	5-25	[**]	Con difficoltà può essere spellato con un coltellino, una intaccatura superficiale può essere procurata con un colpo inferto mediante la punta di un martello geologico	Calcare bianco, salgemma
R1	Resistenza molto bassa	1-5	[**]	Si frantuma per effetto di alcuni colpi con la punta di un martello geologico, può essere spellato mediante un coltellino	Rocce estremamente alterate o alterate
R0	Resistenza estremamente bassa	0.25-1	[**]	Intagliato con l'unghia di un pollice	Miloniti, cataclasi

[\*] In accordo a Brown E.T. Rock characterization, testing and monitoring - ISRM suggested methods, pp. 171-183. Oxford, Pergamon (1981).  
 [\*\*] La prova meccanica point load su rocce con resistenza a compressione monoassiale inferiore a 25 MPa fornisce risultati poco attendibili.

Figura 15. 1: Resistenza a compressione monoassiale per diversi tipi di roccia

Sulla base di queste caratteristiche si ottengono i seguenti valori di  $mb$ ,  $s$ ,  $a$  :

$$mb = m_i [(GSI-100)/28]$$

$$s = e [(GSI-100)/(9-3D)]$$

$$a = 0,5 \text{ (per } GSI > 25)$$

tramite i quali si stimano coesione e angolo di attrito interno secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb:

$$\sigma'_1 = (2c' \cos \phi' / (1 - \sin \phi') + (1 + \sin \phi' / (1 - \sin \phi')) \sigma'_3$$

I valori coesione e di angolo di attrito interno ottenuti attraverso l'applicazione di tale classificazione sono in generale rispondenti alla tipologia litologica interessata.

È utile sottolineare che esistono delle correlazioni dirette fra i valori di GSI e il valore RMR del sistema di classificazione di Bieniawski riportato nella Fig. 15.4.



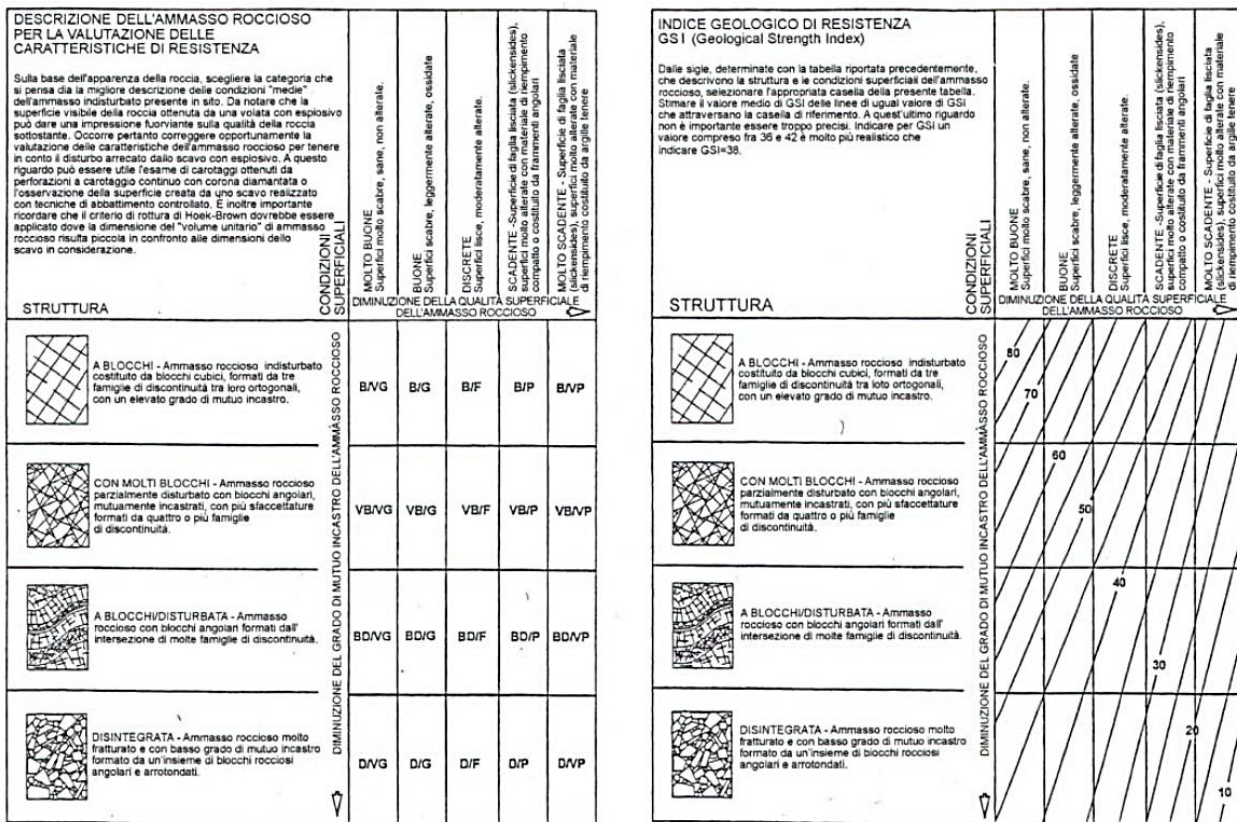


Figura 15. 2: Abaco per la determinazione di GSI sulla base delle caratteristiche geologiche e strutturali dell'ammasso

L'analisi delle caratteristiche geomeccaniche in sito degli ammassi rocciosi interessati dal progetto e l'applicazione del metodo di Hoek-Brown per la definizione dei parametri geotecnici del substrato roccioso ha portato alla classificazione di nr.5 tipologie tra le litologie che caratterizzano la formazione presente, ovvero la Monte Nurra Fm.

Per il calcolo degli indici e della relativa trasformazione in parametri di coesione e angolo di attrito interno secondo Mohr- Coulomb è stato utilizzato il software RocData vers.3.013 della Rocscience Inc.

TIPO DI ROCCIA	CLASSE	GRUPPO	TESSITURA			
			GROSSOLANA	MEDIA	FINE	MOLTO FINE
SEDIMENTARIE	Clastiche		Conglomerato (22)	Arenaria 19 Grovacche (18)	Siltite 9	Argillite 4
		Non clastiche	Organogene		Calcere bianco (7) Carbone (8-21)	
	Carbonatiche		Breccia(20)	Calcere Sparitico (10)	Calcere Micritico 8	
	Chimiche			Gesso 16	Anidride 13	
METAMORFICHE	Non foliate		Marmo 9	Hornfels (19)	Quarzite 24	
	Leggermente foliate		Migmatite (30)	Anfibolite 25-31	Miloniti (6)	
	Foliate*		Gneiss 33	Scisti 4-8	Filliti (10)	Scisti argillosi 9
IGNEE	Chiare		Granito 33		Riolite (16)	Ossidiana (19)
			Granodiorite (30)		Dacite (17)	
			Diorite (28)		Andesite 19	
	Scure		Gabbro 27	Dolerite (19)	Basalto (17)	
			Norite 22			
Effusive piroclastiche		Agglomerato (20)	Breccia (18)	Tufo (15)		

Questi valori sono validi per campioni di roccia intatta portati a rottura applicando il carico normale alla stratificazione o scistosità. Il valore di m, sarà sensibilmente inferiore se la rottura avviene lungo un piano di debolezza

Figura 15. 3: Valori della costante mi per diversi tipi di roccia



<p>Criterio di rottura empirico</p> $\sigma_1' = \sigma_3' + \sqrt{m\sigma_{u(r)}\sigma_3' + s\sigma_{u(r)}^2}$ <p><math>\sigma_1'</math> = tensione efficace principale massima  <math>\sigma_3'</math> = tensione efficace principale minima  <math>\sigma_{u(r)}</math> = resistenza a compressione monoassiale                      m ed s: costanti empiriche</p>	COSTANTI DEL MATERIALE: m, s	<p>ROCCIE CARBONATICHE CON CLIVAGGIO CRISTALLINO BEN SVILUPPATO</p> <p>Dolomite, calcare e marmo.</p>	<p>ROCCIE ARGILLOSE LITIFICATE</p> <p>Argille, siltite, scisti argillosi con clivaggio ben marcato.</p>	<p>ROCCIE ARENACEE CON ELEVATA CRISTALLIZZAZIONE E LIMITATO SVILUPPO DI CLIVAGGIO PER CRISTALLIZZAZIONE</p> <p>Arenarie e quarzite</p>	<p>ROCCIE CRISTALLINE IGNEE E GRANA FINE</p> <p>Andesite, diorite, diabase e riolite</p>	<p>ROCCIE IGNEE A GRANA GROSSOLANA E ROCCIE CRISTALLINE METAMORFICHE</p> <p>Amfibolite, gabbro, gneiss, norite, quarzo-diorite</p>
<p>CAMPIONI DI ROCCIA INTATTA</p> <p>Campioni di laboratorio senza discontinuità (matrice rocciosa)</p> <p>Indice CSIR: RMR = 100</p> <p>Indice NGI: Q = 500</p>	m s	7.00 1.00	10.00 1.00	15.00 1.00	17.00 1.00	25.00 1.00
<p>AMMASSO ROCCIOSO DI OTTIMA QUALITÀ</p> <p>Ammasso roccioso indisturbato con giunti non alterati di spaziatura compresa fra 1 e 3 m</p> <p>Indice CSIR: RMR = 85</p> <p>Indice NGI: Q = 100</p>	m s	2.40 0.082	3.43 0.062	5.14 0.082	5.82 0.082	8.56 0.062
<p>AMMASSO ROCCIOSO DI BUONA QUALITÀ</p> <p>Roccia sana o leggermente alterata, leggermente disturbato con giunti di spaziatura compresa fra 1 e 3 m.</p> <p>Indice CSIR: RMR = 65</p> <p>Indice NGI: Q = 10</p>	m s	0.575 0.00293	0.821 0.00293	1.231 0.00293	1.395 0.00293	2.052 0.00293
<p>AMMASSO ROCCIOSO DI DISCRETA QUALITÀ</p> <p>Numerose famiglie di giunti moderatamente alterati, con spaziature comprese fra 0.3 e 1 m.</p> <p>Indice CSIR: RMR = 44</p> <p>Indice NGI: Q = 1</p>	m s	0.128 0.00009	0.183 0.00009	0.275 0.00009	0.311 0.00009	0.458 0.00009
<p>AMMASSO ROCCIOSO DI QUALITÀ SCADENTE</p> <p>Numerosi giunti alterati con spaziatura compresa fra 30 e 500 mm, alcuni con riempimento. Detrito di roccia pulita compattata.</p> <p>Indice CSIR: RMR = 23</p> <p>Indice NGI: Q = 0.1</p>	m s	0.029 0.000003	0.041 0.000003	0.061 0.000003	0.069 0.000003	0.102 0.000003
<p>AMMASSO ROCCIOSO DI QUALITÀ MOLTO SCADENTE</p> <p>Numerosi giunti molto alterati con spaziatura inferiore a 50 mm e con riempimento. Detrito di roccia con materiale fine.</p> <p>Indice CSIR: RMR = 3</p> <p>Indice NGI: Q = 0.01</p>	m s	0.007 0.0000001	0.010 0.0000001	0.015 0.0000001	0.017 0.0000001	0.025 0.0000001

CSIR (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) Organizzazione Scientifica ed Industriale di Ricerca (Bieniawski 1974)  
 NGI Norway Geotechnical Institute (Barton 1974)

Figura 15. 4: Correlazione fra valori di mi, s, indice RMR, ed il tipo di roccia.

Di seguito si riportano gli schemi di analisi degli ammassi rocciosi e i relativi diagrammi di Mohr -Coulomb:

**Monte Nurra Fm (Litotipo A-B-C)**

Standard ISRM = R5 Un campione richiede molti colpi di martello per essere fratturato

RQD =50%

Spaziatura delle discontinuità (s)=0,5 m

Persistenza (continuità) del giunto = 1,5 m

Apertura del giunto = 1 - 10 mm

Giunto – rugoso (JRC medio= 8)

Pareti - non alterate/alterate

Riempimento - Sciolto 1 mm ; Assente 1-5mm

Roccia – asciutta

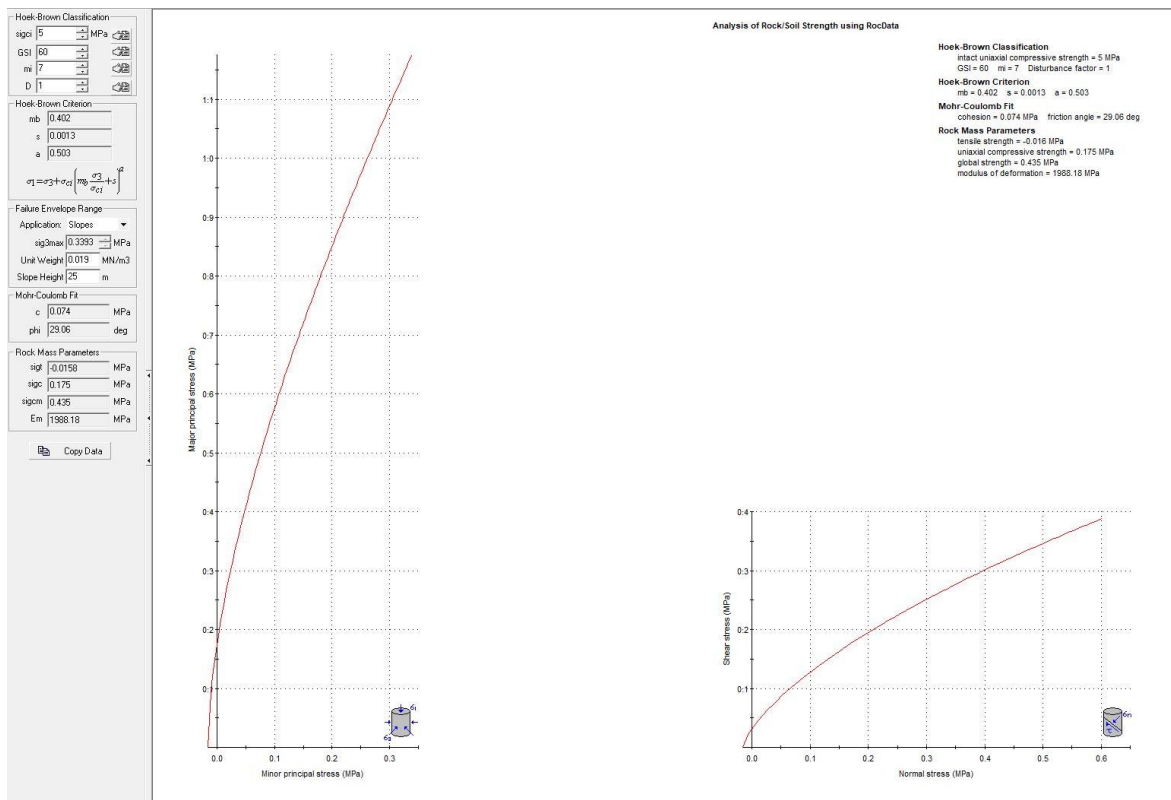


Figura 34-Parametri ammasso roccioso LitotipoA da Rocdata



**Hoek-Brown Classification**  
 sigc 5 MPa  
 GSI 60  
 mi 7  
 D 1

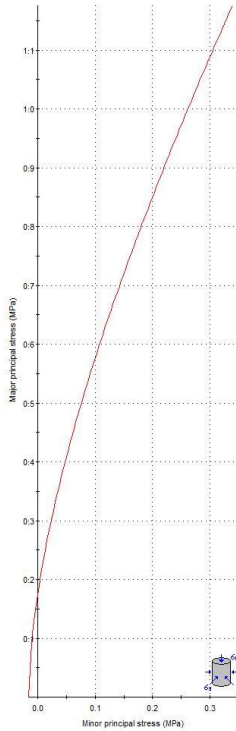
**Hoek-Brown Criterion**  
 mb 0.402  
 s 0.0013  
 a 0.503  
 $\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left[ m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right]^a$

**Failure Envelope Range**  
 Application: Slopes  
 sig3max 0.3393 MPa  
 Unit Weight 0.019 MN/m3  
 Slope Height 25 m

**Mohr-Coulomb Fit**  
 c 0.074 MPa  
 phi 29.06 deg

**Rock Mass Parameters**  
 sigt 0.0158 MPa  
 sigc 0.175 MPa  
 sigcm 0.435 MPa  
 Em 1988.18 MPa

Copy Data



Analysis of Rock/Soil Strength using RocData

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial compressive strength = 5 MPa  
 GSI = 60 mi = 7 Disturbance factor = 1

**Hoek-Brown Criterion**  
 mb = 0.402 s = 0.0013 a = 0.503

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 0.074 MPa friction angle = 29.06 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.016 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.175 MPa  
 global strength = 0.435 MPa  
 modulus of deformation = 1988.18 MPa

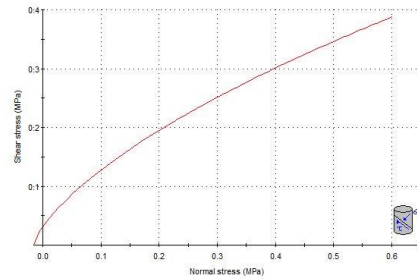


Figura 35-Parametri ammasso roccioso LitotipoB da Rocdata

**Hoek-Brown Classification**  
 sigc 15 MPa  
 GSI 60  
 mi 7  
 D 1

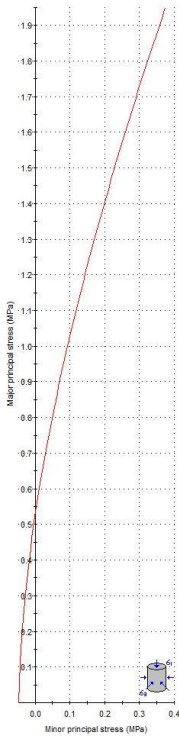
**Hoek-Brown Criterion**  
 mb 0.402  
 s 0.0013  
 a 0.503  
 $\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left[ m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right]^a$

**Failure Envelope Range**  
 Application: Slopes  
 sig3max 0.3746 MPa  
 Unit Weight 0.019 MN/m3  
 Slope Height 25 m

**Mohr-Coulomb Fit**  
 c 0.140 MPa  
 phi 36.63 deg

**Rock Mass Parameters**  
 sigt -0.0475 MPa  
 sigc 0.525 MPa  
 sigcm 1.305 MPa  
 Em 3443.62 MPa

Copy Data



Analysis of Rock/Soil Strength using RocData

**Hoek-Brown Classification**  
 intact uniaxial compressive strength = 15 MPa  
 GSI = 60 mi = 7 Disturbance factor = 1

**Hoek-Brown Criterion**  
 mb = 0.402 s = 0.0013 a = 0.503

**Mohr-Coulomb Fit**  
 cohesion = 0.140 MPa friction angle = 36.63 deg

**Rock Mass Parameters**  
 tensile strength = -0.047 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.525 MPa  
 global strength = 1.305 MPa  
 modulus of deformation = 3443.62 MPa

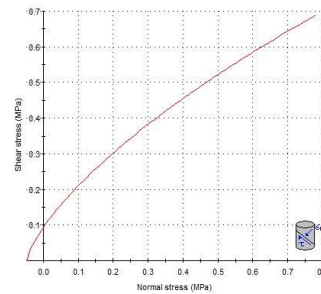


Figura 36-Parametri ammasso roccioso LitotipoC da Rocdata

Monte Nurra Fm (Litotipo B1-C1)

Standard ISRM = R5 Un campione richiede molti colpi di martello per essere fratturato

RQD =50%

Spaziatura delle discontinuità (s)=0,3 m

Persistenza (continuità) del giunto = 1,5 m

Apertura del giunto = 1mm - 20 mm

Giunto – rugoso (JRC medio=8)

Pareti - non alterate/alterate

Riempimento - sciolto > 5 mm – assente >2mm

Roccia – asciutta

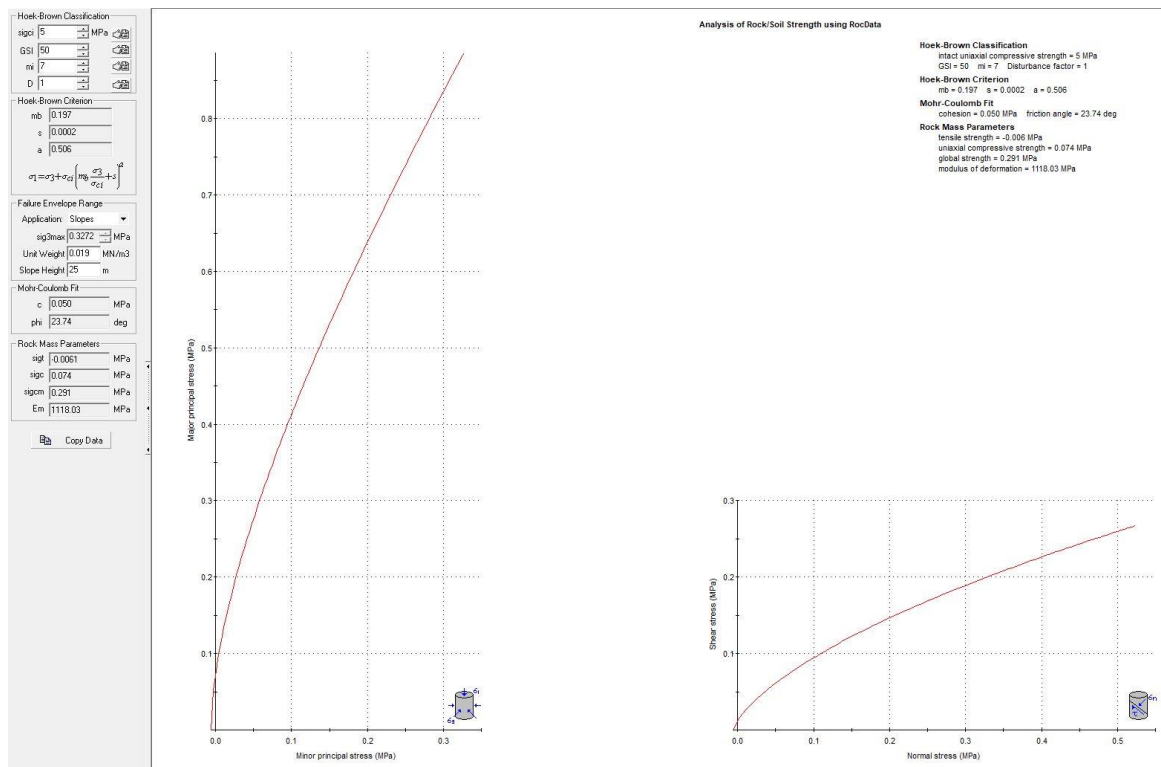


Figura 37-Parametri ammasso roccioso LitotipoB1 da Rocdata



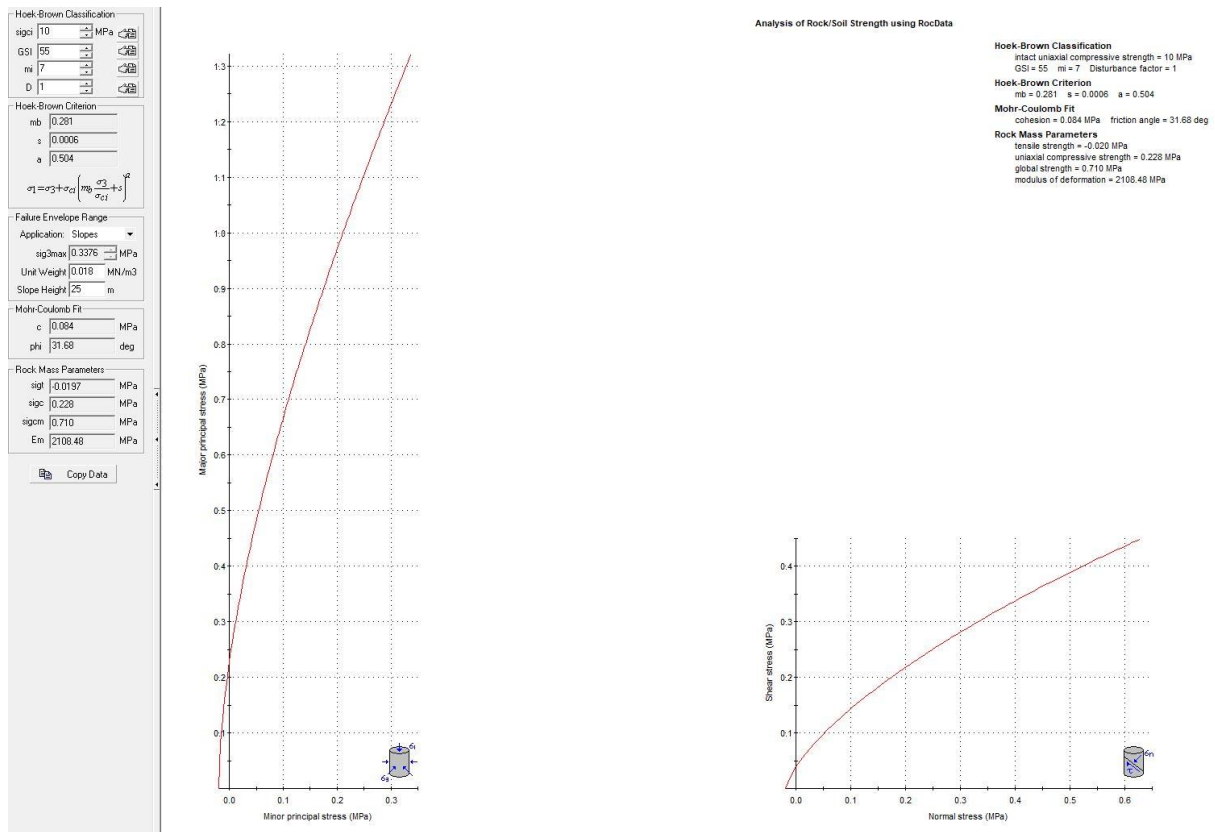


Figura 38-Parametri ammasso roccioso LitotipoC1 da Rocdata

### 15.2 Modello Geologico di sito

Sulla base di quanto emerso dai rilievi e dalle indagini in sito, nell’approccio progettuale, stante il contesto geologico si evidenziano le seguenti criticità a cui sarà necessario prestare la opportuna attenzione nella progettazione esecutiva dell’opera e nelle varie fasi di realizzazione.

L’analisi di tali fattori è funzionale alla progettazione e ha lo scopo di valutare la risposta del terreno ai nuovi carichi ed individuare azioni correttive o accorgimenti tali da limitarne gli effetti. Nello specifico:

- Azioni sulle pareti e stabilità dei fronti. Lo scavo stesso, in quanto genera depressione, può innescare locali smottamenti in corrispondenza degli orizzonti meno competenti a causa di fenomeni di detensionamento determinati dall’asportazione del materiale durante l’escavazione, in relazione soprattutto alle direzioni del sistema di fratturazione che può generare ribaltamenti di blocchi e scivolamenti di cunei deconfinati, pertanto si ritiene importante in fase di realizzazione degli scavi di fondazione eseguire un dettagliato rilievo geostrutturale finalizzato all’esclusione di ogni possibile rischio di crollo e/o slittamento di porzioni di parete.

- L'esclusione della possibile presenza di cavità carsiche nel sottosuolo verrà verificata mediante l'esecuzione di prospezioni geofisiche utilizzando la metodologia della tomografia elettrica in corrispondenza di ogni turbina coadiuvata dall'esecuzione di sondaggi diretti.

L'analisi ha permesso di fatto di definire il modello geologico del sito che viene di seguito riassunto. In particolare, in relazione alle diverse condizioni geologiche e geostrutturali rilevate, sono stati individuati nr.2 modelli geologici rappresentativi descritti di seguito:

**Modello Geologico 01:** In generale si è riscontrato lungo tutti gli stendimenti la presenza ad una zona oggetto di intensa fratturazione o eventuale presenza di fenomenologia legata a carsismo (da verificare con indagini dirette) fino a una profondità che arriva a circa 4-5m da piano campagna. Oltre questa profondità l'ammasso roccioso migliora notevolmente le proprie caratteristiche geotecniche come evidenziato dall'aumento progressivo delle velocità delle onde sismiche.

**Modello Geologico 02:** lo spessore della fascia interessata da intensa fratturazione si propaga fino ad una profondità di circa 11-12m, oltre la quale l'ammasso roccioso migliora le proprie caratteristiche geotecniche. In prossimità della WTG011 passa una faglia certa con giacitura verso SW la cui prosecuzione si rinviene in corrispondenza della WTG005 (visibile per presenza di caratteri geomorfologici in superficie e confermata dall'assetto del sottosuolo mediante indagine geofisica). La zona prossima al passaggio di una faglia è generalmente affetta da una intensa fratturazione, ciò giustifica e conferma la presenza di fratturazione fino a 11m-12m nella WTG005. Per analogia pertanto si assume quindi che anche la WTG011 abbia lo stesso comportamento.

Analogo discorso è stato fatto per la WTG009 nei pressi della quale si trova un'altra lineazione tettonica parallela alla precedente che si prolunga fino alla WTG003. Pertanto si assume come Modello Geologico di riferimento il Mod.02 per le WTG009 e WTG003.

### **Modello Geologico 01 e Modello Geologico 02 - Dolomie e calcari bioclastici.**

In seguito all'analisi delle caratteristiche geomeccaniche in sito degli ammassi rocciosi interessati dal progetto e mediante l'applicazione del metodo di Hoek-Brown per la definizione dei parametri geotecnici del substrato roccioso sono stati ottenuti i seguenti valori caratterizzanti le formazioni geologiche incontrate:



Sito		Sa Correda - MODELLO GEOLOGICO 01 (WTG001-WTG002 - WTG006 - WTG007 - WTG008- WTG012- WTG013- WTG014)			
Dati Parametri Resistenza					
Tipo di Terreno		Litotipo A	Litotipo B	Litotipo C	
Descrizione					
Peso di volume	[kg/mc]	1900	2000	2100	
Peso di volume saturo	[kg/mc]	2000	2000	2100	
Angolo di attrito interno	[°]	25	29,06	36,83	
Coesione	[kg/cm <sup>q</sup> ]	0	0.75	0.47	
Dati Parametri Deformabilità					
Modulo elastico	[kg/cm <sup>q</sup> ]	13970	50271	124709	
Coefficiente di Poisson	[]	0,33	0.33	0.33	
Modulo di taglio (G)	[kg/cm <sup>q</sup> ]	5200	18558	46396	
Velocità onde di taglio	[m/sec]	518	955	1460	

Sito		Sa Correda - MODELLO GEOLOGICO 02 (WTG003-WTG004 - WTG005 - WTG009 - WTG010- WTG011)			
Dati Parametri Resistenza					
Tipo di Terreno		Litotipo B1	Litotipo C1		
Descrizione					
Peso di volume	[kg/mc]	1800	2000		
Peso di volume saturo	[kg/mc]	1900	2000		
Angolo di attrito interno	[°]	24.10	31.68		
Coesione	[kg/cm <sup>q</sup> ]	0.49	0.84		
Dati Parametri Deformabilità					
Modulo elastico	[kg/cm <sup>q</sup> ]	17998	61702		
Coefficiente di Poisson	[]	0.33	0.33		
Modulo di taglio (G)	[kg/cm <sup>q</sup> ]	6699	23096		
Velocità onde di taglio Vs	[m/sec]	590	1065		

### 15.4.2 Viabilità di impianto e Sottostazione

La viabilità di impianto è stata scelta utilizzando in parte dei tracciati preesistenti che verranno adeguatamente ridefiniti nelle sezioni nella misura utile e funzionale al servizio destinato con particolare riferimento alla fase di realizzazione del parco ove avverrà la maggior se non totale movimentazione di carichi e mezzi. Verrà inoltre realizzata viabilità ex novo che si svilupperà in sostanza lungo la cresta dei rilievi e in qualche tratto lungo il versante, a servizio dell'impianto per il collegamento delle singole aerostazioni e il passaggio del cavidotto di connessione. La stessa viabilità sarà mantenuta in fase di esercizio.

La viabilità dovrà sopportare un peso per asse pari a 24,5 tonnellate, una pressione massima di 2,45 kg/cm. Lo sbancamento stradale di percorrenza dovrà essere pari a 6 metri, compresi 50 centimetri per lato di fascia di distanza. I gradienti longitudinali non superano il 15% sui rettilinei e il 10% in prossimità delle curve. Le curve stesse hanno a progetto un raggio di curvatura interna non inferiore a 30 metri.

Sostanzialmente tutta la viabilità si snoda lungo substrato roccioso con presenza in taluni casi di una copertura superficiale di terreno vegetale e /o roccia degradata con spessori variabili da 0,00m a 1,00m.

Per quanto riguarda la scavabilità del substrato roccioso esso, nelle varie facies presenti e nella parte superficiale, risulta quasi sempre da fratturato a molto fessurato per cui facilmente scavabile con ripper e martellone per uno spessore generalmente individuato in 4-5m da piano campagna.

La sottostazione sorgerà a NE dell'impianto tra Monte Rose e Monte Alvaro sulla formazione di Monte Nurra costituita da calcari e dolomie bioclastiche.

Non sono previste fondazioni profonde pertanto non si rilevano particolari criticità salvo il controllo del deflusso delle acque superficiali essendo posizionata alle pendici di un versante.



## COMPATIBILITA' IDRAULICA E GEOLOGICA-GEOTECNICA

### Ammissibilità degli interventi alle prescrizioni del PAI

La condizione di ammissibilità delle opere in progetto è contemplata nelle norme di attuazione del PAI ai seguenti articoli per i quali sono richiamati gli elementi essenziali:

#### Articolo 23 - Prescrizioni generali per gli interventi ammessi nelle aree di pericolosità idrogeologica

**Comma 7.** Nel caso di interventi per i quali non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica o geologica e geotecnica i proponenti garantiscono comunque che i progetti verifichino le variazioni della risposta idrologica, gli effetti sulla stabilità e l'equilibrio dei versanti e sulla permeabilità delle aree interessate alla realizzazione degli interventi, prevedendo eventuali misure compensative.

#### PERICOLOSITA' IDRAULICA

Gli aerogeneratori e la viabilità di impianto non sono soggetti a pericolosità idraulica per la loro posizione morfologica. Per quanto neanche il tracciato del cavidotto, che si snoda lungo aree pianeggianti interessate da un reticolo idrografico ben definito, sia interessato da perimetrazione idraulica, facendo riferimento ai criteri di ammissibilità previsti per tali aree **l'intervento è ammesso anche in aree a pericolosità molto elevata Hi4**, secondo il combinato disposto:

#### Art. 27 - Disciplina delle aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)

**Comma 3.** *In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:*

***lettera g.** le nuove infrastrutture a rete o puntuali previste dagli strumenti di pianificazione territoriale e dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili; nel caso di condotte e di cavidotti, non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle presenti norme qualora sia rispettata la condizione che tra piano di campagna e estradosso ci sia almeno un metro di ricoprimento, che eventuali opere connesse emergano dal piano di campagna per una altezza massima di 50 cm, che per le situazioni di parallelismo non ricadano in alveo e area golenale e che il soggetto attuatore provveda a sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese tali elementi qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico.*

## PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Le opere in progetto ricadono per una piccola parte in aree perimetrate con pericolosità da frana Hg2, tuttavia gli interventi in progetto trovano ammissibilità secondo quanto prescritto dal PAI negli articoli seguenti.

Facendo quindi riferimento ai criteri di ammissibilità previsti in aree a pericolosità geologico-geotecnica media Hg2, l'intervento è ammesso secondo il combinato disposto:

### **Art. 33 - Disciplina delle aree di pericolosità molto elevata da frana (Hg2)**

**comma 3.** *In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità molto elevata da frana sono consentiti esclusivamente:*

*lettera e.* **allacciamenti a reti principali e nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti;**

*lettera i.* **gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici.**

## **Analisi sulle variazioni della risposta idrologica, gli effetti sulla stabilità e l'equilibrio dei versanti e sulla permeabilità (Art.3 c.7 NTA PAI)**

**Risposta idrologica e permeabilità.** L'intervento prevede una minima occupazione di suolo dovuta all'impronta dei sostegni delle turbine e degli elementi fondanti delle stesse che **non determina una sostanziale variazione al regime di deflusso idrico superficiale o sulla permeabilità relativamente alle condizioni ante intervento.**

Le piazzole di cantiere previste per la realizzazione dei singoli aerogeneratori avranno un impatto temporaneo e strettamente legato al tempo di realizzazione dell'impianto successivamente verranno rinaturalizzate ripristinando lo stato dei luoghi.

Gli interventi successivi e quelli sulla viabilità esistente incidono in maniera poco significativa sull'assetto idraulico andando ad adattare tracciati già presenti che verranno interessati da sole opere di adeguamento funzionale all'esigenze operative di realizzazione e di esercizio. Le nuove tratte di viabilità di impianto previste si snodano lungo la cresta dei rilievi. Gli interventi siffatti non interrompono o ostacolano il normale deflusso superficiale in quanto non sono previste in elevazione e non vi è sottrazione incidente di suolo, nel caso specifico già quasi del tutto assente per le caratteristiche geologiche e morfologiche del sito.



Analogamente la rete di connessione, trovandosi interrata, non determina variazioni sostanziali all'attuale regime di deflusso delle acque superficiali.

Al fine di garantire il corretto smaltimento delle acque superficiali afferenti a quest'area, in fase di progettazione esecutiva, verrà predisposto un piano di regimazione delle acque superficiali il cui bilancio idraulico, riferito al recettore finale, rispetterà il criterio dell'invarianza idraulica richiamato all'art.47 delle NTA PAI.

Ne consegue che, in relazione ai criteri di valutazione del PAI, l'intervento è compatibile e non determina aumento del livello di pericolosità idraulica ex ante.

**Effetti sulla stabilità e l'equilibrio dei versanti.** L'intervento è realizzato su aree sub-pianeggianti o con pendenze non superiori al 15%, dove non sono stati rilevati in fase di progettazione evidenze di dissesto da frana né quiescenti né attivi.

La realizzazione del cavidotto prevede l'esecuzione di uno scavo temporaneo poco profondo che verrà ricoperto subito dopo il posizionamento degli strati di allettamento, la stesura del cavo e i relativi rinfianchi. Verrà eseguito per porzioni pertanto non esiste la possibilità della permanenza di scavi aperti per lungo tempo, garantendo di fatto, il mantenimento delle condizioni di stabilità ex ante ed ex post.

Gli scavi per la realizzazione delle fondazioni delle turbine **verranno eseguiti verificando di volta in volta la stabilità delle parti di scavo in relazione agli esiti della campagna di indagine puntuale realizzata per il progetto esecutivo** ed in base alla quale verranno previste opere provvisorie quali rinforzi al piede dello scavo, puntellature o palancolate o gradonature dello scavo per garantire la sicurezza degli operatori ed evitare l'innescarsi di eventuali smottamenti. La stabilità dei versanti in fase di apertura dello scavo è stata studiata attraverso simulazioni in funzione dei modelli geologico-geotecnici individuati in relazione alla verifica delle opere fondanti.

I movimenti terra previsti sono sostanzialmente tutti riferibili allo scavo e successivo riutilizzo di materiale finalizzato al rinterro lungo la viabilità e al riempimento successivo alla realizzazione delle fondazioni delle turbine, pertanto non si evidenziano fattori potenziali tali da ingenerare fenomeni di instabilità. Il materiale di rinterro/riempimento verrà steso e rullato/compattato secondo i criteri di buona regola d'arte al fine di conferire la giusta stabilità per i carichi previsti per la durata dell'impianto.

Ne consegue che, in relazione ai criteri di valutazione del PAI, l'intervento è compatibile e non determina aumento del livello di pericolosità da frana ex ante.

## CONCLUSIONI

Il presente studio ha permesso di verificare la compatibilità delle opere in progetto con le prescrizioni del PAI. Dall'analisi delle caratteristiche delle opere, della sua ubicazione e delle interazioni con lo strumento normativo del PAI, le stesse è ammissibile secondo quanto disposto dall'art 23 comma 7 delle NTA PAI:

### **Articolo 23 - Prescrizioni generali per gli interventi ammessi nelle aree di pericolosità idrogeologica**

**Comma 7.** Nel caso di interventi per i quali non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica o geologica e geotecnica i proponenti garantiscono comunque che i progetti verifichino le variazioni della risposta idrologica, gli effetti sulla stabilità e l'equilibrio dei versanti e sulla permeabilità delle aree interessate alla realizzazione degli interventi, prevedendo eventuali misure compensative.

Gli aerogeneratori e la viabilità di impianto non sono soggetti a pericolosità idraulica per la loro posizione morfologica. Per quanto neanche il tracciato del cavidotto, che si snoda lungo aeree pianeggianti interessate da un reticolo idrografico ben definito, non è interessato da perimetrazione idraulica facendo riferimento ai criteri di ammissibilità previsti per tali aree, **l'intervento è ammesso anche in aree a pericolosità molto elevata Hi4**, secondo il combinato disposto:

### **Art. 27 - Disciplina delle aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)**

**Comma 3.** *In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:*

***lettera g.** le nuove infrastrutture a rete o puntuali previste dagli strumenti di pianificazione territoriale e dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili; nel caso di condotte e di cavidotti, non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle presenti norme qualora sia rispettata la condizione che tra piano di campagna e estradosso ci sia almeno un metro di ricoprimento, che eventuali opere connesse emergano dal piano di campagna per una altezza massima di 50 cm, che per le situazioni di parallelismo non ricadano in alveo e area golenale e che il soggetto attuatore provveda a sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese tali elementi qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico.*

Le opere in progetto ricadono per una piccola parte in aree perimetrate con pericolosità da frana Hg2, tuttavia gli interventi in progetto trovano ammissibilità secondo quanto prescritto dal PAI negli articoli seguenti.



Facendo quindi riferimento ai criteri di ammissibilità previsti in aree a pericolosità geologico-geotecnica media Hg2, l'intervento è ammesso secondo il combinato disposto:

**Art. 33 - Disciplina delle aree di pericolosità molto elevata da frana (Hg2)**

**comma 3.** *In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità molto elevata da frana sono consentiti esclusivamente:*

*lettera e. allacciamenti a reti principali e nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti;*

*lettera i. gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici.*

Inoltre, secondo quanto previsto dall'**Art. 23 "Pericolosità e di rischio esistenti nelle aree di pericolosità idrogeologica – nuovi interventi sul territorio"** al **comma 9** vengono rispettate le seguenti indicazioni:

- a. migliorare in modo significativo o comunque **non peggiorare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario**, non aumentando il rischio di inondazione a valle;
- b. migliorare in modo significativo o comunque **non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli** attraverso trasformazioni del territorio non compatibili;
- c. non compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;
- d. **non aumentare il pericolo idraulico con nuovi ostacoli** al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invaso delle aree interessate;
- e. **limitare l'impermeabilizzazione dei suoli** e creare idonee reti di regimazione e drenaggio;
- f. favorire quando possibile la formazione di nuove aree esondabili e di nuove aree permeabili;
- l. **non incrementare le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana** degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito;
- m. assumere adeguate misure di compensazione nei casi in cui sia inevitabile l'incremento sostenibile delle condizioni di rischio o di pericolo associate agli interventi consentiti;
- n. garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;

o. garantire coerenza con i piani di protezione civile.

Inoltre, gli interventi previsti non producono incremento del carico insediativo.

Pertanto, alla luce delle considerazioni sopra riportate, **si attesta la compatibilità idrogeologica** tra l'opera e il territorio circostante in relazione alle prescrizioni del PAI.

