



Comune di
Buddusò

Regione Sardegna



Comune di
Alà dei Sardi



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO "BUDDUSO' SUD II" NEL TERRITORIO DEI COMUNI DI BUDDUSO' E ALA' DEI SARDI (SS)

PROGETTO DEFINITIVO

AEI WIND PROJECT XIII S.R.L.

Via Savoia n. 78
00198 - Roma

PEC: aeiwindprojectxiii@legalmail.it



PROPONENTE

02. STUDI GEOLOGICI E GEOTECNICI

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

OGGETTO



**STUDIO ROSSO
INGEGNERI ASSOCIATI**

VIA ROSOLINO PILO N. 11 - 10143 - TORINO
VIA IS MAGLIAS N. 178 - 09122 - CAGLIARI
TEL. +39 011 43 77 242
studiorosso@legalmail.it
info@sria.it
www.sria.it

dott. ing. Roberto SESENNA
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino
Posizione n.8530J
Cod. Fisc. SSN RRT 75B12 C665C

dott. geol. Francesca DEMURTAS
Ordine dei Geologi Regione Sardegna
Posizione n.644
Cod. Fisc. DMR FNC 79S55 E441X

dott. ing. Luca DEMURTAS
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari
Posizione n.6062
Cod. Fisc. DMR LCU 77E10 E441L

TIMBRI E FIRME

Coordinatore e responsabile delle attività: Dott. ing. Giorgio Efsio DEMURTAS

Consulenza studi ambientali: dott. for. Piero RUBIU

SIATER s.r.l. VIA CASULA N. 7 - 07100 - SASSARI



CONSULENZA



VIA IS MIRRIONIS N. 178 - 09121 - CAGLIARI

CONTROLLO QUALITA'

DESCRIZIONE	EMISSIONE
DATA	GEN/2024
COD. LAVORO	630/SR
TIPOL. LAVORO	D
SETTORE	2
N. ATTIVITA'	-
TIPOL. ELAB.	RS
TIPOL. DOC.	E
ID ELABORATO	01
VERSIONE	0

REDATTO

geol. Francesca DEMURTAS

CONTROLLATO

ing. Roberto SESENNA

APPROVATO

ing. Luca DEMURTAS

ELABORATO

D.2.1

INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
3. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	4
3.1 PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO REGIONALE	4
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE	6
4.1 ASSETTO GEOLOGICO DI INQUADRAMENTO.....	6
4.2 CARATTERI TETTONICI E STRUTTURALI GENERALI	7
4.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	8
5. IDROGEOLOGIA DELL’AREA	9
5.1 SCHEMA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA	9
5.2 UNITÀ IDROGEOLOGICHE	10
5.3 CARTA IDROGEOLOGICA.....	10
6. CARTA GEOTECNICA	11
6.1 MANUAL INDEX TEST	11
6.2 ACCLIVITÀ.....	12
6.3 CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA DEI LITOTIPI AFFIORANTI.....	13
7. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	14
8. CONCLUSIONI	15

ALLEGATI

ALLEGATO 1 - Perimetrazione su Cartografia PAI frane

1. PREMESSA

La presente relazione geologica supporta il progetto per la realizzazione di un nuovo parco eolico denominato "BUDDUSO' SUD II" sito nei territori amministrativi dei Comuni di Buddusò e Alà dei Sardi (provincia di Sassari).

Il Parco Eolico è sito nel territorio comunale di Alà dei Sardi; il cavidotto elettrico generale e la stazione utente di connessione alla linea elettrica nazionale ricadono invece sul territorio di Buddusò. Il progetto prevede l'installazione di 9 aerogeneratori del tipo SIEMENS GAMESA SG 6.6- 170 con una potenza nominale di 6,6 MW, per una potenza complessiva del parco eolico di 59,4 MW. L'altezza delle torri sino al mozzo (HUB) è di 155 m, il diametro del rotore è di 170 m, per un'altezza complessiva della struttura pari a 240 m.

Lo studio ha lo scopo di determinare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei terreni interessati dallo sviluppo del progetto, e di un loro intorno significativo.

L'analisi è stata sviluppata a partire da una verifica dei dati cartografici e bibliografici disponibili, come cartografia geologica ufficiale e aerofotogrammetrie, sulla cui base è stato svolto un rilevamento di campagna geologico e geomorfologico, necessario alla definizione dei caratteri geostrutturali generali dell'area, delle superfici di discontinuità e gli aspetti idrogeologici e geotecnici del territorio indagato.

I dati raccolti sono stati restituiti in forma cartografica, utilizzando come base la cartografia tecnica della Regione Sardegna alla scala 1: 10.000.

Le aree oggetto degli interventi principali come le piazzole degli aerogeneratori e le fondazioni non ricadono all'interno di aree perimetrate dal PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) che invece interessano per alcuni brevi tratti il cavidotto interrato, che si estende per vari chilometri sfruttando in gran parte la viabilità esistente. Lungo questi brevi tratti dove il cavidotto intercetta zone a pericolosità Hg1 e Hg2, esso verrà collocato in scavi interni alle strade sterrate o alla nuova viabilità in progetto, non modificando l'assetto geomorfologico preesistente.

Si precisa che il rilevamento geologico e le osservazioni di campagna di seguito descritte sono servite ad una descrizione preliminare delle litologie affioranti; esse dovranno essere necessariamente approfondite, in fase esecutiva, in modo da valutare nel dettaglio le caratteristiche geologiche, stratigrafiche e geotecniche in corrispondenza di ogni aerogeneratore in progetto.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il parco eolico "Buddusò sud I" è ubicato in Comune di Buddusò e Alà dei Sardi (prov. di Sassari), a circa 38 km dalla città di Olbia; l'area interessata si colloca tra gli abitati suddetti, su pianori e rilievi collinari posti su altitudini comprese mediamente tra 600 e 700 m s.l.m. Il territorio è caratterizzato dalla presenza di un ambiente naturale con affioramenti rocciosi, querce da sughero, lecci e roverelle. L'area ricade nelle zone di testata di due importanti sub-bacini idrografici così come suddiviso il reticolo idrografico della Sardegna, il Coghinas – Mannu - Temo e il Posada – Cedrino, rappresentando i pianori oggetto di intervento gli spartiacque dei bacini.

Gli aerogeneratori sono localizzati in aree prettamente incolte e coperte da alberi sparsi, esterne ad aree densamente boscate e ampiamente distanti da centro abitati e aree produttive (circa a 10,5 km dal centro urbano di Buddusò e 1,7 km dal centro urbano di Alà dei Sardi). Il cavodotto elettrico di collegamento alla rete nazionale si dirama dapprima in direzione sud su pista sterrata e successivamente in direzione ovest sulla statale SS389 e raggiunge la sottostazione prevista in comune di Buddusò.

Cartograficamente il territorio in cui ricadono gli aerogeneratori risulta racchiuso:

- nel foglio 461 Tavola II, "Alà dei Sardi", dell'I.G.M.I. in scala 1:25.000; foglio 481 Tavola I, "Buddusò", dell'I.G.M.I. in scala 1:25.000
- nelle sezioni 461160 "SANTA REPARATA", 462130 "SOS SONORCOLOS", 481040 "BUDDUSO", 482010 "SA IANNA BASSA" della cartografia tecnica della Regione Sardegna in scala 1:10.000;

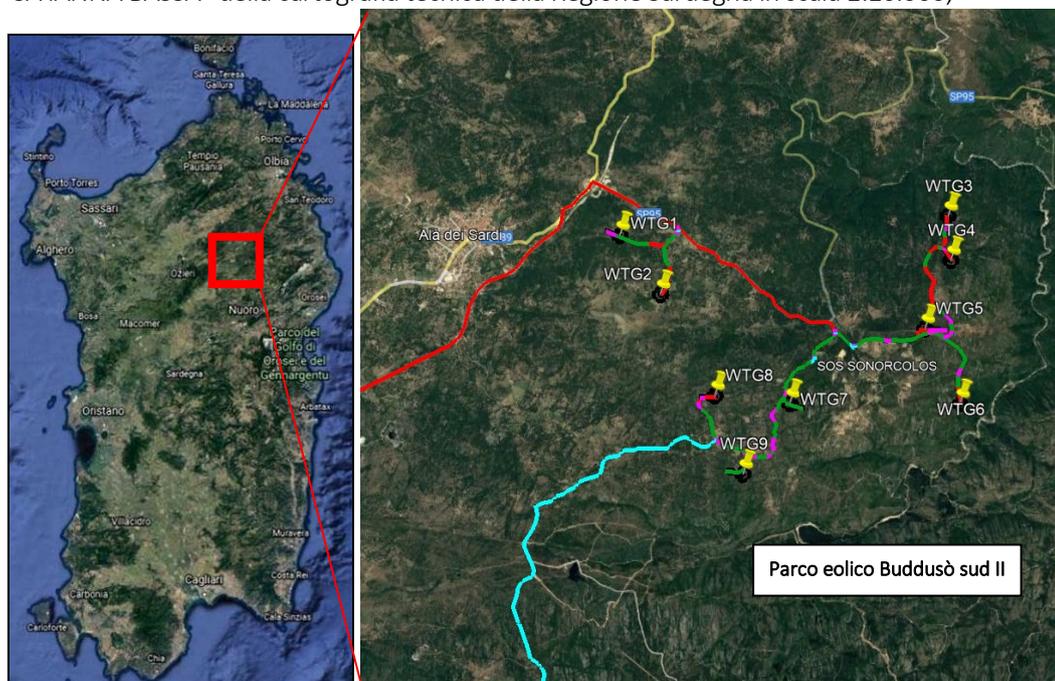


Figura 1 – Inquadramento territoriale generale e vista aerea delle posizioni degli aerogeneratori del parco eolico "Buddusò sud II" nel comune di Buddusò e Alà dei Sardi.

3. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Lo studio dell'area è stato eseguito a norma di quanto richiesto dal D.M. 17.01.18 Testo Unico “Norme Tecniche per le Costruzioni”, ai paragrafi 7.1.1 e 7.2. che individuano le fasi riguardanti la caratterizzazione e modellazione geologica del sito nonché le indagini, la caratterizzazione e modellazione geotecnica. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consistono nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.

Il lavoro è stato sviluppato anche con riferimento al Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico “Interventi sulla rete idrografica e sui versanti” Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6, ter D.L. 180/98 e ss. mm. ii.

3.1 PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO REGIONALE

Rispetto al Piano Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna, parte frane, tutti gli aerogeneratori e le relative opere di fondazione non ricadono in aree perimetrate dal PAI.

Per quanto riguarda invece il cavidotto interrato in progetto, che si estende per vari chilometri sfruttando in gran parte la viabilità esistente, esso interessa solo per piccoli tratti areali a pericolosità Hg1 e Hg2 e verrà collocato al di sotto della strada asfaltata esistente, e, per un breve tratto (circa 900 m) sulla strada sterrata di collegamento alla WTG 05 “Sos Sonorcolos”, così come da progetto; pertanto, le interferenze evidenziate non generano alcuna modifica dell'assetto geomorfologico esistente, non intaccando le condizioni di permeabilità dei suoli, non compromettendo la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità potenziale né la sistemazione idrogeologica del territorio.

Per quanto riguarda inoltre le interferenze del cavidotto sulle aree Hg2, l'art. 32 comma 3 delle NTA del PAI “Disciplina delle aree di pericolosità media da frana (Hg2)” prevede: <<...In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità media da frana sono inoltre consentiti esclusivamente: a). 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;>>.

Per tali opere è prevista la redazione dello studio di compatibilità geologica e geotecnica (art. 32 comma 5, a delle NTA del PAI)

Riguardo il PAI parte idraulica nessuna delle opere in progetto ricade in aree perimetrate nelle classi di pericolosità idraulica. Tuttavia, sono state individuate delle interferenze delle opere accessorie, in particolare il cavidotto interrato, con il reticolo idrografico art. 30 ter N.T.A. del PAI che, nel caso specifico, non riguarda attraversamenti su corsi d'acqua con numero gerarchico superiore a 2.

In merito alla compatibilità degli interventi funzionali al superamento delle interferenze idrauliche individuate, considerato che tutti gli attraversamenti previsti in progetto sono assimilabili alla “categoria tombini” si fa

riferimento interamente alle N.A del PAI, e si rimanda interamente all’Elaborato “D.3.1 Relazione idrologica e idraulica”, mentre nella tavola “D.3.2 – Carta della rete idrografica e delle interferenze idrauliche” allegata al progetto sono individuate le interferenze delle opere di progetto con il reticolo idrografico individuata nel territorio.

Nell’ALLEGATO 1 alla presente relazione si riporta la planimetria delle opere su Cartografia PAI – frane.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

4.1 ASSETTO GEOLOGICO DI INQUADRAMENTO

Nel territorio la litologia predominante è rappresentata dal “*Complesso granitoide del Goceano - Bittese*” e dal sistema filoniano, la cui messa in posto è da ricondursi alle fasi distensive dell’orogenesi ercinica avvenuta nel tardo Paleozoico (Carbonifero sup.- Permiano, \pm 280-300 Ma).

Il complesso granitoide intrusivo è rappresentato in prevalenza dai termini monzogranitici equigranulari, a marcata tendenza leucocrata, a grana da media a medio-fine, tessitura orientata, con diverse proprietà geomeccaniche in funzione del grado di fratturazione e alterazione subito, variabile in prevalenza da termini più arenizzati, costituiti da sabbione fortemente alterato con struttura granulare, a litotipi più compatti e massivi. Ad esso sono associate manifestazioni filoniane a composizione sia acida che basica (quarziti, porfidi, filoni, litici e lamprofirici), impostatesi durante le fasi tardive dell’orogenesi ercinica lungo le fratture generatesi nella massa granitica durante il raffreddamento. I filoni sono prevalentemente subverticali, con direzione e dimensioni variabili. Il loro spessore è variabile da pochi centimetri fino a qualche metro, con estensione longitudinale fino a 500 m.

Localmente, in contatto con i graniti, nel settore meridionale del settore di interesse, affiorano litologie paleozoiche più antiche riferibili al complesso degli Ortoderivati e paraderivati, afferenti al *pre – Cambriano*, in cui vengono riconosciuti petrograficamente gli *Ortogneiss di Lodè – Mamone*, Ortogneiss granodioritici grigi, a grana media, tessitura foliata e isorientata, e i Paraderivati, Micascisti prevalenti.

La messa in posto del complesso granitico intrusivo e i successivi stress tettonici subiti hanno determinato la scomposizione del basamento secondo fratture tettoniche allungate con direzioni preferenziali ENE - WSW e NE - SW, e secondarie ortogonali tra loro WNW - ESE.

Sulle principali lineazioni tettoniche si è avuta l’impostazione della rete idrografica superficiale in epoca quaternaria, che ha prodotto la profonda erosione del basamento roccioso con il progressivo approfondimento e conseguente formazione di valli strette ad andamento rettilineo che drenano le acque di ruscellamento verso i settori orientali e nord occidentali dell’area, attraverso gli ampi bacini idrografici rispettivamente del Posada (a est) e del Coghinas (a nord ovest).

La lunga esposizione delle rocce granitiche agli agenti esogeni, insieme all’intensa fratturazione della roccia, hanno favorito l’instaurarsi di processi di alterazione chimica e disgregazione meccanica nel tempo generando un primo strato superficiale più debole con la formazione delle *Coltri di arenizzazione granitica*, presenti per lo più nei settori vallivi: essi presentano uno spessore estremamente variabile, in funzione della composizione petrografica e della conformazione della roccia madre, nonché delle discontinuità strutturali che la caratterizzano, tali litologie mostrano un comportamento geotecnico ed idrogeologico estremamente variabile, e sono assimilabili a delle terre da pseudocoerenti a incoerenti.

La roccia granitica in tutta l'area di sviluppo del parco ed in corrispondenza dell'area di posa della nuova sottostazione in progetto, si presenta per lo più affiorante o sub affiorante; sono presenti in tutta l'area numerose cave, sia in esercizio sia dismesse, per l'estrazione del granito, che hanno modificato le caratteristiche del paesaggio locale con la presenza di fronti sub-verticali in corrispondenza di tagli artificiali, e laghetti artificiali.

Nell'area il Quaternario è rappresentato da una modesta e discontinua Copertura detritica eluvio colluviale e di versante, costituita da elementi detritici provenienti dal disfacimento della roccia granitica sottostante, in matrice sabbiosa prevalente, rinvenibili per lo più nelle aree di compluvio, sulla quale si sono sviluppati suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. Il loro spessore è in genere modesto, e varia da pochi cm fino all'ordine del metro nelle zone più depresse del sito. Sono inoltre presenti, in modo diffuso, Depositi antropici rappresentati da materiali di risulta e di scarto delle attività minerarie dismesse, prevalentemente incoerenti e sciolti, concentrati nelle numerose aree dove erano presenti le attività di cava.

Lungo i corsi d'acqua a ordine gerarchico maggiore invece, esternamente alle aree di sviluppo del parco, sono riconoscibili depositi torrentizi, di epoca attuale e recente (Depositi alluvionali e Depositi alluvionali terrazzati), anche nelle aste tributarie di primo e secondo ordine, che, ove presenti, risultano di modesto spessore e prevalentemente sabbioso ghiaiosi, con ciottoli in matrice arenacea spesso cementata.

4.2 CARATTERI TETTONICI E STRUTTURALI GENERALI

L'area, come l'intero territorio isolano, è stata interessata da varie fasi deformative legate a più eventi tettonici che nel corso delle varie epoche hanno profondamente influenzato la morfologia dell'intera regione, conferendole la conformazione attuale.

A livello regionale la fase deformativa più importante che ha definito la morfologia odierna è l'orogenesi ercinica. Essa si è manifestata in due eventi deformativi principali: una prima fase compressiva, avente come conseguenze un metamorfismo di medio grado dei sedimenti arenacei Paleozoici, esterni all'area in esame e affioranti nel settore più orientale del sito, associato a sistemi di pieghe isoclinali coricate con direzione assiale principale NE-SW, e a locale rottura della placca scistosa e parziale rotazione di zolle. Durante la seconda fase tardo-orogenica, caratterizzata da movimenti più distensivi, si è avuta la messa in posto del Complesso intrusivo granitico, affiorante in modo diffuso nell'area in esame, lungo fratture e faglie preesistenti, e riattivazione delle faglie a carattere prevalentemente distensivo con direzione preferenziale E-W e ENE-WSW. Lungo tali direzioni successivamente si sono impostati i filoni a chimismo acido, che pervadono in modo diffuso la grande placca del Complesso scistoso cristallino.

Successivamente alla fase ercinica il territorio dal punto di vista tettonico è stato interessato da una relativa stabilità, interrotta lievemente dall'orogenesi nord appenninica prima e successivamente con l'orogenesi alpina, che hanno coinvolto solo marginalmente il settore regionale in esame: la prima tramite l'attivazione di una debole tettonica trascorrente con faglie orientate NE-SW, mentre la seconda mediante la riattivazione delle fratture N-S e NE - SW già esistenti, con deboli trascorrenze.

Queste fasi deformative hanno portato alla intensa strutturazione della roccia affiorante, la quale si presenta allo stato attuale intensamente fratturata e variamente alterata, che ha determinato la scomposizione della roccia con fratturazioni da poco pervasive a profonde. Lungo i sistemi di frattura presenti, come detto, si sono impostati i corsi d'acqua, che nel settore in esame scorrono per lo più secondo aste di ordine primario e secondario in prevalenza ortogonali tra loro; i rilievi sono caratterizzati da sommità sub-pianeggianti risalenti all'antico spianamento post-ercinico, interrotte da valli profonde e strette, dovute alla profonda attività erosiva dei corsi d'acqua.

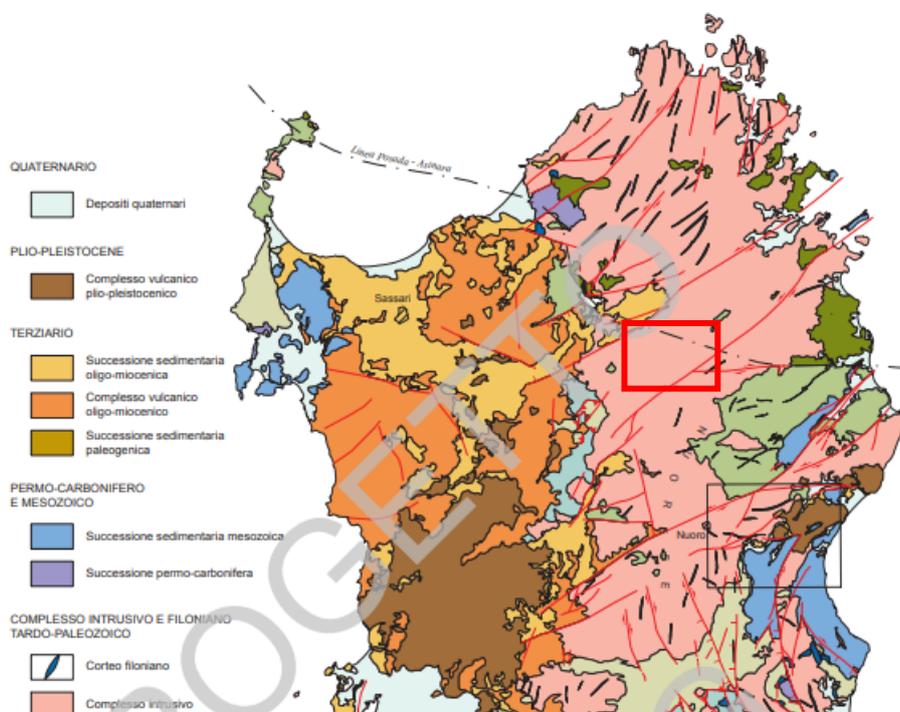


Figura 2 - Schema geologico strutturale della Sardegna. In rosso l'area in esame (Progetto CARG)

4.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio indagato è costituito sostanzialmente da un settore con dei rilievi granitici di forma allungata secondo asse ENE-WSW e NE-SW, paralleli alle incisioni dei corsi d'acqua che riprendono le linee di fratturazione tettonica. I rilievi nelle aree sommitali sono prevalentemente pianeggianti: tale carattere è il risultato della graduale demolizione del rilievo granitico paleozoico ad opera degli agenti erosivi, avvenuta alla fine dell'orogenesi ercinica, che ha portato alla formazione di estese superfici erosionali in rilievo, con il denudamento della roccia granitica costituente il basamento affiorante e ha dato luogo a rilievi dolci e arrotondati che si alternano a depositi di versante a debole acclività.

I fenomeni di sollevamento tettonico recente hanno determinato la morfologia del paesaggio con la ridefinizione della superficie erosionale post ercinica, oggi solcata dalle lineazioni tettoniche con direzione

sempre ENE-WSW e NE-SW, lasciando in rilievo gli altopiani granitici a forma allungata con direzione medesima alle linee di fratturazione principali suddette.

Il territorio in esame rientra nella fascia altimetrica collinare compresa tra 634 e 698 m s.l.m., il maggiore rilievo è rappresentato dal nodo di Toccoddele, alto m. 781 s.l.m., dal quale parte un ampio altipiano con media prevalente intorno a 670 m s.l.m. Per quanto riguarda le pendenze medie si attestano tra il 1% e il 7,5%. La stazione elettrica è ubicata in territorio del comune di Buddusò su una quota di circa 768 m s.l.m.

L'affioramento prevalente dell'unità litologica del Complesso intrusivo granitico determina una monotonia del paesaggio, caratterizzato per lo più da forme arrotondate e poco acclivi, rocciosità dominante, spezzate da ampie valli rettilinee. Sono presenti sparsi nel territorio tagli artificiali nelle aree sommitali e lungo i versanti, e bacini artificiali, dovuti principalmente alle attività di cava per l'estrazione del pregiato granito locale, sia in esercizio sia inattive, che hanno determinato la presenza frequente di fronti di roccia sub-verticale e cumuli di materiale di risulta proveniente dall'attività estrattiva stessa, composti da blocchi rocciosi e detritici, spigolosi, sciolti, di natura granitica, che nell'Elaborato *D.2.4 Carta Geologica* sono rappresentati dai *Depositi antropici*.

Gli aerogeneratori eolici in progetto sono posti nelle aree sommitali del rilievo, la loro collocazione fa sì che non sussistano evidenze morfologiche di dissesto, né in atto, né potenziali.

5. IDROGEOLOGIA DELL'AREA

5.1 SCHEMA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA

Per quanto riguarda la circolazione idrica superficiale, il settore in esame ricade nelle sommità dei rilievi e altopiani granitici costituenti gli spartiacque tra i due importanti bacini a carattere regionale, il Coghinas e il Posada: il reticolo idrografico in questo settore si presenta in prevalenza con aste di primo ordine, modeste e ad andamento rettilineo, impostate su valli a V ad elevata pendenza, incassate sui rilievi granitici collinari, a regime torrentizio e deflusso idrico superficiale strettamente legato alle precipitazioni, fino alle zone di pianura con corsi d'acqua che assumono un carattere più evoluto a deflusso continuo, su ampie valli prettamente pianeggianti.

Il reticolo idrografico è influenzato dall'assetto strutturale e dalla litologia affiorante, prevalentemente impermeabile. Le sommità dei rilievi ove sorgono le torri eoliche costituiscono gli spartiacque dei corsi idrici superficiali.

La circolazione idrica superficiale interferente con le opere di progetto verrà regimata dal sistema di drenaggio in progetto, dimensionato in modo da permettere l'evacuazione in fossi di guardia da realizzarsi su entrambi i lati della carreggiata della rete stradale coinvolta, al fine di dare continuità agli impluvi naturali presenti.

Le opere di intervento non presentano interferenze al deflusso di piena nell'area di esondazione dell'idrografia presente, poiché l'intera impronta degli aerogeneratori con la piazzola definitiva e della sottostazione ricade al di fuori delle aree esondabili.

Per quanto riguarda invece la circolazione idrica sotterranea, dalle analisi idrogeologiche, bibliografiche e cartografiche condotte, e dai rilievi diretti in situ si evince che nel sito indagato non è presente una falda idrica superficiale. Nei litotipi intrusivi granitici la circolazione idrica profonda, in genere scarsa nel settore di indagine, è limitata alla presenza di discontinuità e fratture nella roccia, che al contatto con la superficie possono portare ad emergenze idriche sorgentizie.

5.2 UNITÀ IDROGEOLOGICHE

Da un punto di vista idrogeologico, nel settore indagato è presente in modo esteso l'Unità idrogeologica a permeabilità medio bassa, comprendente il complesso granitoidale fratturato.

I sistemi di fratturazione presenti nel basamento impermeabile definiscono una permeabilità secondaria per fratturazione, con parziale infiltrazione delle acque meteoriche che alimentano la circolazione idrica profonda, fortemente condizionata dunque dalla presenza di discontinuità, maggiormente intensa in prossimità delle faglie principali.

Il coefficiente di permeabilità rilevato da dati bibliografici¹ varia da valori molto bassi ($>10^{-7}$ m/s) nella roccia sana fino a valori di 10^{-5} m/s nelle zone intensamente fratturate o nelle fasce arenizzate.

Limitatamente alle aree di fondo valle è presente una permeabilità primaria (per porosità) legata ai depositi fluviali e i depositi detritici eluvio colluviali, che presentano spessori da modesti ad alcuni metri nelle aree di piana alluvionale.

5.3 CARTA IDROGEOLOGICA

La monotonia delle unità litologiche, le condizioni stratigrafiche e strutturali del territorio determinano una caratterizzazione idrogeologica del sito piuttosto omogenea, riportata nell'*Elaborato D.2.5 - Carta Idrogeologica*, che definisce i litotipi principali interessati dalle opere di progetto secondo le caratteristiche di permeabilità, ed in particolare:

Litotipi permeabili per porosità (permeabilità primaria):

Permeabilità alta e medio-alta: depositi a granulometria mista, in matrice sabbioso limosa, talora debolmente argillosa, parzialmente/mediamente addensati; in questa classe sono inseriti i depositi detritici di versante e i depositi alluvionali, poco diffusi nel territorio in esame, localizzati unicamente nelle aree di compluvio e

¹ Fonte: Ispra "Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

fondovalle; sono compresi inoltre i prodotti di disfacimento del basamento granitico presenti negli strati più superficiali, poco profondi, costituiti in prevalenza da granito arenizzato, con matrice sabbioso argillosa.

Litotipi permeabili per fratturazione (permeabilità secondaria):

Permeabilità medio-bassa: Graniti in facies rocciosa diffusamente fratturati, con discontinuità da poco profonde a profonde con presenza di materiale di riempimento in prevalenza argilloso.

6. CARTA GEOTECNICA

L'analisi geotecnica finalizzata a definire le caratteristiche meccaniche di massima dei terreni direttamente interessati alla posa degli aerogeneratori, è stata effettuata sulla base della litologia e dell'assetto strutturale dei terreni, che ha consentito di ipotizzare un modello geotecnico del terreno in esame, riportato nell'elaborato "D.2.6 - Carta Geotecnica", di seguito descritta.

Il modello proposto discende dai risultati del rilievo diretto in campagna e alla analisi delle acclività, seguendo la norma UNI EN ISO 14689:2018 "Identificazione e classificazione delle rocce". La classificazione della roccia è stata effettuata dove possibile attraverso analisi di tipo speditivo *in situ*, attraverso la definizione della resistenza a compressione uniassiale della roccia che fa riferimento alla classe litotecnica determinabile dal "Manuale Index Test" proposto dall'ISRM (1978), ridefinita, attraverso analisi più precisa, effettuata sugli affioramenti di roccia, mediante sclerometro per roccia "martello di Schmidt".

I risultati dell'indagine preliminare hanno permesso di rilevare localmente, in modo discontinuo, la presenza di uno strato di alterazione superficiale sull'ammasso granitico roccioso affiorante, poco profondo, in cui i processi pedogenetici hanno portato alla formazione di un suolo di profondità da 0.20 a 0.50 m da piano campagna, su cui è impostata la copertura vegetale, al di sotto del quale si rileva la presenza della roccia lapidea, fratturata, con buone caratteristiche meccaniche con caratteristiche di Resistenza alla compressione (definita in Mpa) discrete. I risultati di tali prove speditive eseguite in situ nelle aree di posa degli aerogeneratori in progetto hanno consentito di effettuare una classificazione geotecnica, che ha portato all'individuazione di unità geotecniche considerate omogenee, in riferimento alla costituzione geologica dei terreni, al grado di alterazione, alle condizioni morfologiche (acclività) e alle condizioni idrogeologiche dell'area. Essi sono sintetizzati nell'Elaborato "D.2.6 - Carta Geotecnica" effettuata in scala 1: 10.000, che contiene una prima distinzione dei litotipi sulla base delle caratteristiche tecnico meccaniche. Si tratta di una valutazione di massima, che dovrà essere verificata puntualmente nella fase progettuale esecutiva.

6.1 MANUAL INDEX TEST

Durante le indagini speditive eseguite in situ è stata effettuata una prima valutazione, del tutto indicativa, della resistenza a compressione uniassiale della roccia, attraverso la metodologia proposta dall'ISRM (1978) che permette una classificazione della roccia rappresentativa mediante il "Manual Index Test", lungo le aree di posa

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO
"BUDDUSÒ SUD II" NEL TERRITORIO DEI COMUNI DI
BUDDUSÒ E ALÀ DEI SARDI (SS)**

Progetto definitivo

degli aerogeneratori. Questa prova prevede l'utilizzo in campagna del martello da geologo sull'affioramento roccioso e, in funzione della "reazione" dell'ammasso, è possibile identificare la roccia in una classe litotecnica, avente determinate caratteristiche di Resistenza alla compressione (definita in MPa), attraverso il confronto con la seguente tabella:

MANUAL INDEX TEST (da ISRM, 1978)

CLASSE	DESCRIZIONE	IDENTIFICAZIONE	U.C.S. (MPa)
R1	ROCCIA MOLTO DEBOLE	Si sbriciola sotto colpi decisi con la punta del martello. Si graffia con coltello	1.0-5.0
R2	ROCCIA DEBOLE	Graffiata con difficoltà dal coltello. Piccole scalfitture provocate da colpi decisi con la punta del martello	5.0-25
R3	ROCCIA MEDIAMENTE RESISTENTE	Non può essere scalfita né graffiata dal coltello. Un campione può fratturarsi con un singolo colpo di martello	25-50
R4	ROCCIA RESISTENTE	Un campione richiede più di un colpo di martello per fratturarsi	50-100
R5	ROCCIA MOLTO RESISTENTE	Un campione richiede molti colpi di martello per fratturarsi	100-250
R6	ROCCIA ESTREM. RESISTENTE	Un campione può solo essere scheggiato col martello	>250

- U.C.S. = Resistenza a compressione uniaassiale (MPa).
- Le classi da R1 a R6 riguardano terre coesive, argille limose e combinazioni di limo e argilla con sabbia a drenaggio lento.
- Le classi R0 a R6 riguardano rocce.

Figura 3: Tabella di riferimento per la definizione del Manual Test Index (ISRM, 1978)

Dalle indagini effettuate, i risultati ottenuti hanno permesso di classificare la roccia in esame secondo le classi R 4 (Roccia Resistente) e R 5 (Roccia molto resistente), con un grado di resistenza alla compressione uniaassiale pari a 50-100 MPa e 100-250 MPa.

6.2 ACCLIVITÀ

Attraverso l'analisi morfometrica sulla acclività del territorio, elaborata in ambiente GIS attraverso il rilievo planomaltrimetrico eseguito nel corso delle indagini, è stato possibile definire due classi di acclività:

- la prima include i terreni aventi morfologia pianeggiante, con pendenze che vanno dallo 0 al 30%,
- la seconda include i terreni con pendenze che vanno dal 30 al 50%: tali pendenze tuttavia non interessano i siti scelti di posa degli aerogeneratori,

Attraverso questa indagine di acclività del pendio, insieme alle caratteristiche litologico stratigrafiche, è stata effettuata una suddivisione del territorio per aree omogenee, in riferimento alle proprietà geologiche, idrogeologiche, morfologiche, fisiche e meccaniche. Tali areali definiscono le unità geotecniche di massima osservate nell'area di rilevamento, riportate nella cartografia di sintesi allegata (Elaborato D.2.6 - Carta geotecnica).

6.3 CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA DEI LITOTIPI AFFIORANTI

La classificazione geotecnica effettuata ha portato all'individuazione di due unità geotecniche sulle litologie granitiche, I_1 e I_2 , e una unità geotecnica sulle litologie afferenti ai depositi quaternari dell'area continentale, quali depositi detritici alluvionali, antropici e eluvio colluviali: in generale questa ultima unità non presenta spessori elevati, ma presentano potenze massime di 2-3 m, poggianti direttamente sul substrato granitico in facies massiva e con buone caratteristiche meccaniche.

La classe I_1 si riferisce ad aree interessate dall'affioramento in superficie di litologie granitiche, con morfologia da pianeggiante a debolmente acclive (0 – 30%), con valore di Resistenza alla compressione monoassiale compreso tra 50-75 Mpa. In queste litologie, indagate per ogni aerogeneratore in progetto attraverso indagini speditive precedentemente descritte, sono verosimilmente rinvenibili localmente depositi superficiali di alterazione (arenizzazione granitica) poco profondi, da 0 a 0.50 m, al di sotto del quale la roccia assume buone caratteristiche meccaniche i cui parametri sono riassumibili nel Modello geologico indicato (capitolo § 7).

La classe I_2 è riferita a zone caratterizzate da graniti in affioramento, con pendenze che vanno dal 30 al 50% e superiori, in cui la fratturazione della roccia è stata considerata sfavorevolmente orientata rispetto al pendio, con valori di resistenza a compressione monoassiale di 40-50 MPa, pur essendo litotipi molto competenti. Non è prevista in questo settore la posa degli aerogeneratori in progetto, ma ricadono in questa litologia i lavori di scavo per le opere di connessione. Dovrà pertanto essere posta particolare cura ai lavori di posa del cavidotto in fase esecutiva sui fronti di scavo e sui lavori di movimento terra.

Alla classe II_1 corrispondono in affioramento i depositi detritici eluvio colluviali, depositi alluvionali e i depositi antropici, che seppure in aree in sommità a morfologia sub-pianeggiante, con pendenze da 0 a 30%, sono caratterizzate da sedimenti incoerenti e semicoerenti, con caratteristiche geotecniche assimilabili a un deposito ghiaioso sabbioso non consolidato. Per quanto riguarda invece le aree di affioramento dei Depositi antropici, essi sono caratterizzati dai materiali di risulta delle lavorazioni delle attività minerarie, dunque terreni incoerenti ma più spesso da blocchi e grossi ciottoli di scarto delle lavorazioni del granito: il loro spessore è in genere ridotto, con profondità massima di 3 m, oltre il quale si è riscontrata la presenza della roccia granitica in facies massiva, con buone caratteristiche tecniche.

7. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

La ricostruzione litostratigrafica dei terreni presenti nell'area in esame è stata effettuata, in via del tutto preliminare nella presente fase di progetto, sulla base dei risultati acquisiti con il rilievo di superficie, le indagini in speditive precedentemente descritte, e ricerca e acquisizione di studi e indagini eseguiti su litologie simili in prossimità delle aree di indagine. Nel presente paragrafo si riporta un modello geologico dell'area, così come richiesto dal Testo Unico "Norme tecniche per le costruzioni" NTC 2018, schematizzato nel profilo geologico riportato di seguito, che fa riferimento ad una stratigrafia rappresentata dal basamento granitico roccioso, costituito da un primo strato, in facies arenizzata e semilapidea fino alla profondità di -3,5 m, al quale sussegue in profondità la roccia massiva più compatta, fratturata, con buone caratteristiche meccaniche.

Nel presente modello si esclude l'assenza di circolazione idrica superficiale nelle profondità di progetto, in quanto, la presenza di alcuni pozzi privati nella zona attestano la presenza della falda acquifera profonda a -15 / -20 m dal p.c. nelle aree di progetto.

<i>Unità litologica</i>	<i>profondità</i>	<i>Descrizione</i>
	- 0,50 m	SUOLO
	-3,50 m	GRANITO ARENIZZATO Peso di Volume = 2,20 Ton/m ³ Coesione = 9,8 KPa Angolo di attrito = 34°
	- 10,0 m	GRANITO IN FACIES LAPIDEA Peso di Volume = 2,30 Ton/m ³ Resistenza a compressione monoassiale = 22 Mpa Coesione di picco = 320,60 KPa Angolo di attrito di picco = 37° Coesione residua = 256,48 KPa Angolo di attrito residuo = 30,65° Modulo di deformazione = 28,24 GPa

8. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono riportate le caratteristiche geologiche, stratigrafiche, morfologiche e idrogeologiche di massima dell'area interessata dallo sviluppo del parco eolico, sulla base dei rilievi di superficie eseguiti nell'area e indagini speditive in situ, la fotointerpretazione, l'analisi cartografica dei dati di base, e all'osservazione della roccia in affioramento, presente in modo esteso nel sito indagato.

In particolare, lo studio ha evidenziato che le aree direttamente interessate dallo sviluppo degli aerogeneratori sono delle superfici pianeggianti e subpianeggianti, con pendenze prossime allo 0,5 – 10% e caratterizzate dall'affioramento della roccia granitica sin dalla superficie, che si presenta in facies arenizzata e semilapidea nelle porzioni più superficiali, e ricoperta da un debole strato pedogeneizzato. Localmente i processi di arenizzazione e degradazione che avvengono tipicamente negli strati più superficiali dei graniti in affioramento, ad opera degli agenti esogeni, determinano una diminuzione delle proprietà geotecniche che tuttavia, come rilevato da studi eseguiti nella zona su litologie simili, migliorano nettamente all'aumentare della profondità.

I parametri geotecnici dei materiali, utili per le verifiche geotecniche propedeutiche alla progettazione, sono riportati nel modello geologico di riferimento così come richiesto dalla normativa vigente (NTC 2018).

Dal punto di vista geomorfologico, nell'area esaminata non sono stati rilevati movimenti gravitativi profondi che possano coinvolgere estese porzioni di territorio.

Dal punto di vista idrogeologico, la tipologia di intervento in progetto non comporta alterazioni nell'attuale assetto idrologico del territorio, in quanto non sono presenti falde idriche superficiali nei terreni ospitanti le opere in progetto, mentre le poche sorgenti presenti sono ubicate distanti dai siti di intervento. Le lavorazioni previste interessano solamente i primi metri del substrato e non vanno a incidere sulla circolazione idrica sotterranea; il drenaggio delle acque superficiali sarà curato attraverso il dimensionamento dei fossi di guardia in particolare nelle piste e nelle strade di accesso, per scongiurare i fenomeni di ruscellamento incanalato ed erosione degli strati più superficiali del suolo.

Particolare cura dovrà essere posta ai lavori di posa del cavidotto, in particolare dove esso andrà a intercettare zone a pericolosità Hg1 e Hg2 secondo il PAI regionale: in questo caso dovranno essere rispettate le prescrizioni previste dal PAI; esso, così come da progetto verrà collocato interrato lungo la pista sterrata esistente senza intaccare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo idrografico e alle condizioni di permeabilità dei suoli, non compromettendo la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità potenziale né la sistemazione idrogeologica; pertanto le interferenze evidenziate non generano alcuna modifica all'assetto geomorfologico attuale.

La presente relazione geologica di massima dovrà essere necessariamente approfondita in fase esecutiva, in modo da valutare nel dettaglio le caratteristiche geologiche e geotecniche in corrispondenza di ogni aerogeneratore in progetto.



Comuni di Buddusò e Alà dei Sardi
Provincia di Sassari - REGIONE SARDEGNA

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO
"BUDDUSÒ SUD II" NEL TERRITORIO DEI COMUNI DI
BUDDUSÒ E ALÀ DEI SARDI (SS)**

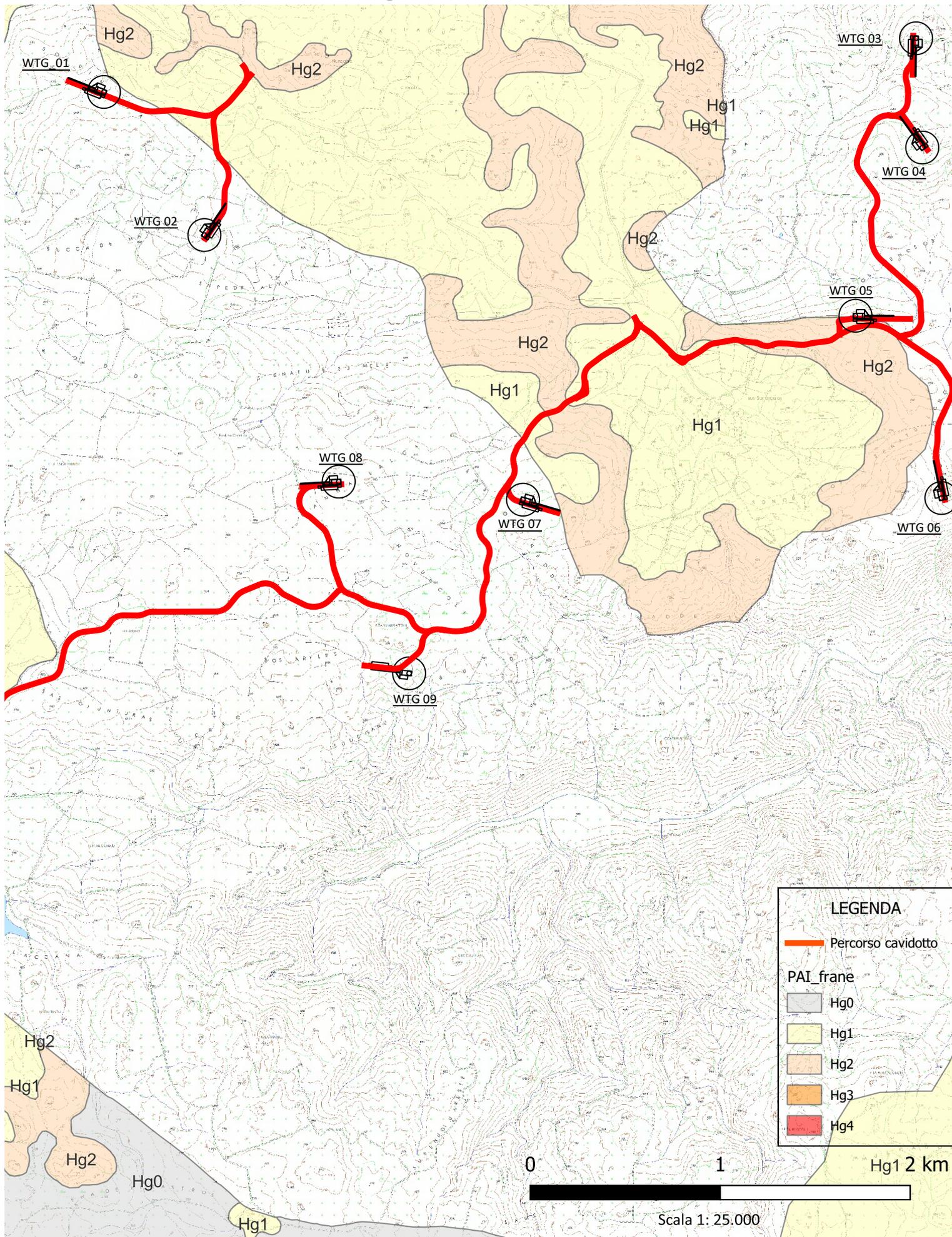
Progetto definitivo



ALLEGATI

INQUADRAMENTO OPERE IN PROGETTO SU CARTOGRAFIA PAI - FRANE

Aerogeneratori e cavidotto



INQUADRAMENTO OPERE IN PROGETTO SU CARTOGRAFIA PAI - FRANE

Cavidotto e stazione di consegna

