



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA PROVINCE DI NUORO E SASSARI



COMUNE DI BITTI



COMUNE DI OSIDDA



COMUNE DI BUDDUSO



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO "BITTI - AREA PIP"

Potenza complessiva 56 MW

PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

G - R.1

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

COMMITTENTE

**GREEN
ENERGY
SARDEGNA 2**

S.r.l.

**Piazza del Grano 3
39100 Bolzano, Italia**

GRUPPO DI LAVORO

Progettazione e coordinamento:
I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.
Dott. Ing. Giuseppe Frongia



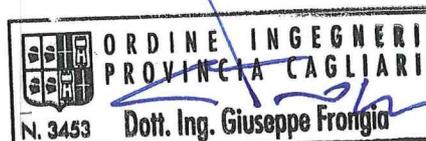
Gruppo di progettazione:
Ing. Giuseppe Frongia
Ing. Marianna Barbarino
Ing. Enrica Batzella
Dott. Andrea Cappai
Ing. Gianfranco Corda
Ing. Antonio Dedoni
Ing. Gianluca Melis
Ing. Emanuela Spiga

Consulenze specialistiche:
Dott. Mauro Casti (Flora e vegetazione)
Dott. Marco Cocco (Pedologia)
Ing. Antonio Dedoni (Acustica)
Dott. Maurizio Medda (Fauna)
Dott. Matteo Tatti (Archeologia)
Dott. Geol. Mauro Pompei (Geologia e geotecnica)
Dott. Geol. Maria Francesca Lobina (Geologia e geotecnica)

SCALA:



FIRME



Rev.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data
00	Prima emissione	IAT	GF	GES2	Agosto 2020

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	 GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 1 di 45	

INDICE

1	GENERALITÀ	2
1.1	Premessa	2
1.2	Normativa di riferimento e relative prescrizioni	2
1.3	Inquadramento topografico e territoriale	3
1.4	Descrizione sommaria degli interventi in progetto.....	9
2	MODELLO GEOLOGICO	10
2.1	Contesto geologico dell'area vasta	10
2.2	Aspetti tettonici	16
2.3	Assetto litostratigrafico locale	17
2.4	Assetto idrogeologico locale	24
2.5	Assetto morfologico ed idrografico.....	26
2.6	Uso del suolo.....	28
2.7	Sismicità dell'area.....	32
2.8	Classificazione sismica.....	32
2.9	Categoria di sottosuolo	35
3	PERICOLOSITÀ GEOLOGICA.....	37
3.1	Pericolosità idraulica.....	37
3.2	Pericolosità da frana.....	38
3.3	Pericolosità da inondazione.....	39
3.4	Pericolosità sismica	39
3.5	Pericolosità idrogeologica.....	40
4	MODELLO GEOTECNICO	41
4.1	Stima della capacità portante dei terreni di fondazione e della stabilità dei fronti di scavo	42
5	CONCLUSIONI	43

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 2 di 45	

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

La Società Green Energy Sardegna 2 S.r.l. – Gruppo FRI-EL ⁽¹⁾ ha in programma la costruzione di un impianto eolico in agro di Bitti (NU). L'impianto, insistente su una superficie di circa 10 km², sarà costituito da n. 11 aerogeneratori distribuiti lungo una fascia di territorio che ha come asse la S.P. 40 per Nule.

In tale ambito, gli scriventi geologi *Dott.ssa MARIA FRANCESCA LOBINA*⁽²⁾ e *Dott. MAURO POMPEI*⁽³⁾ sono stati incaricati per la stesura della presente «**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**» quale corredo obbligatorio degli elaborati progettuali della fase di *FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA* dell'intervento.

In assenza di una campagna di indagine specifica di supporto, gli argomenti di seguito esposti si basano su dati originali in possesso degli scriventi provenienti da attività pregresse condotte nel medesimo contesto geologico di intervento, integrati da informazioni ricavate dalla miscellanea e cartografia geotematica regionale.

Con l'insieme di analisi attuate si ritiene di aver compiutamente analizzato i preliminari aspetti geologico-litologici, morfologici ed idrogeologici interagenti con le opere in progetto, nonché di aver valutato, con il necessario approfondimento, le condizioni di pericolosità geologico-idraulica in atto e/o potenziali od altre criticità in grado di condizionare negativamente la fattibilità dell'intervento nel suo complesso. Ciò al fine di poter predisporre il programma di indagini più consono ad esaminare e meglio specificare alcuni aspetti di dettaglio necessari a supportare adeguatamente la successiva fase di progettazione in relazione alla natura dell'intervento e dell'assetto geologico s.l. e geotecnico dei luoghi.

1.2 Normativa di riferimento e relative prescrizioni

La normativa vigente in materia a cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la compilazione del presente documento tecnico è la seguente:

- **Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019** «Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 17.01.2018»;
- **D.M. 17.01.2018** «Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- **Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009** «Istruzioni per l'applicazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008»;
- **D.M. 14.01.2008** «Norme Tecniche per le Costruzioni»;

⁽¹⁾ Sede a Jesi (AN) Piazzale Ciabotti n. 8.

⁽²⁾ Albo Geologi della Regione Sardegna N. 222 – Sezione A.

⁽³⁾ Albo Geologi della Regione Sardegna N. 211 – Sezione A.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 3 di 45

- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02.10.2003** «*Modifiche ed integrazioni all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri*»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003** «*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*»;
- **D.M. LL.PP. 16.01.1996** «*Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche*»;
- **Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996** «*Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica*»;
- **D.M. LL.PP.11.03.1988** «*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali 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*» e relativa **Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988**;
- **Legge n. 64 del 02.02.1974** «*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*», che prevede l’obbligatorietà dell’applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero per il Lavori Pubblici;
- **Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.)** adottato dalla Giunta Regionale con D.G.R. n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n. 3 del 21.02.2005 con pubblicazione nel BURAS n. 8 dell’11.03.2005 e relative **Norme di Attuazione del P.A.I.** (aggiornamento al Decreto del Presidente della R.A.S. n. 35 del febbraio 2018).

1.3 Inquadramento topografico e territoriale

Il settore in studio è ubicato nella Sardegna nordorientale, in prossimità del limite amministrativo tra le provincie di Nuoro e di Sassari. Il Comune di Bitti, infatti, nel cui territorio si sviluppa l’insieme di aerogeneratori in progetto, appartenente alla subregione storica della Barbagia di Nuoro, confina a nord con i comuni del Monte Acuto, a nord-est e est con quelli delle Baronie e a ovest con i territori dei comuni del Goceano.

L’areale interessato dal proposto parco eolico ricade a ovest dell’abitato di Bitti e interessa un’areale di circa 5,00 km di lunghezza e circa 2,00 km di ampiezza attraversato longitudinalmente dalla S.P. N. n. 40. Altre opere connesse si sviluppano in territorio di Osidda (area trasbordo, cabina di smistamento e parte del cavidotto MT) e di Buddusò (dorsale MT e sottostazione MT-AT).

L’accesso alle aree di intervento avviene agevolmente proprio dalla S.P. che, a partire dall’innesto con la S.S. 389 consente di arrivare sino a Nule concludendo il suo percorso una volta raggiunto il limite provinciale oltre il quale prende il nome di S.P. n. 7.

I principali riferimenti cartografici sono i seguenti:

- Sezione 482-IV “MAMONE” dell’I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sezione 481-II “BENETUTTI” dell’I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sezione 482-010 della C.T.R. [scala 1:10.000]

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 4 di 45	

– Sezione 481-120 della C.T.R.

[scala 1:10.000]

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 5 di 45

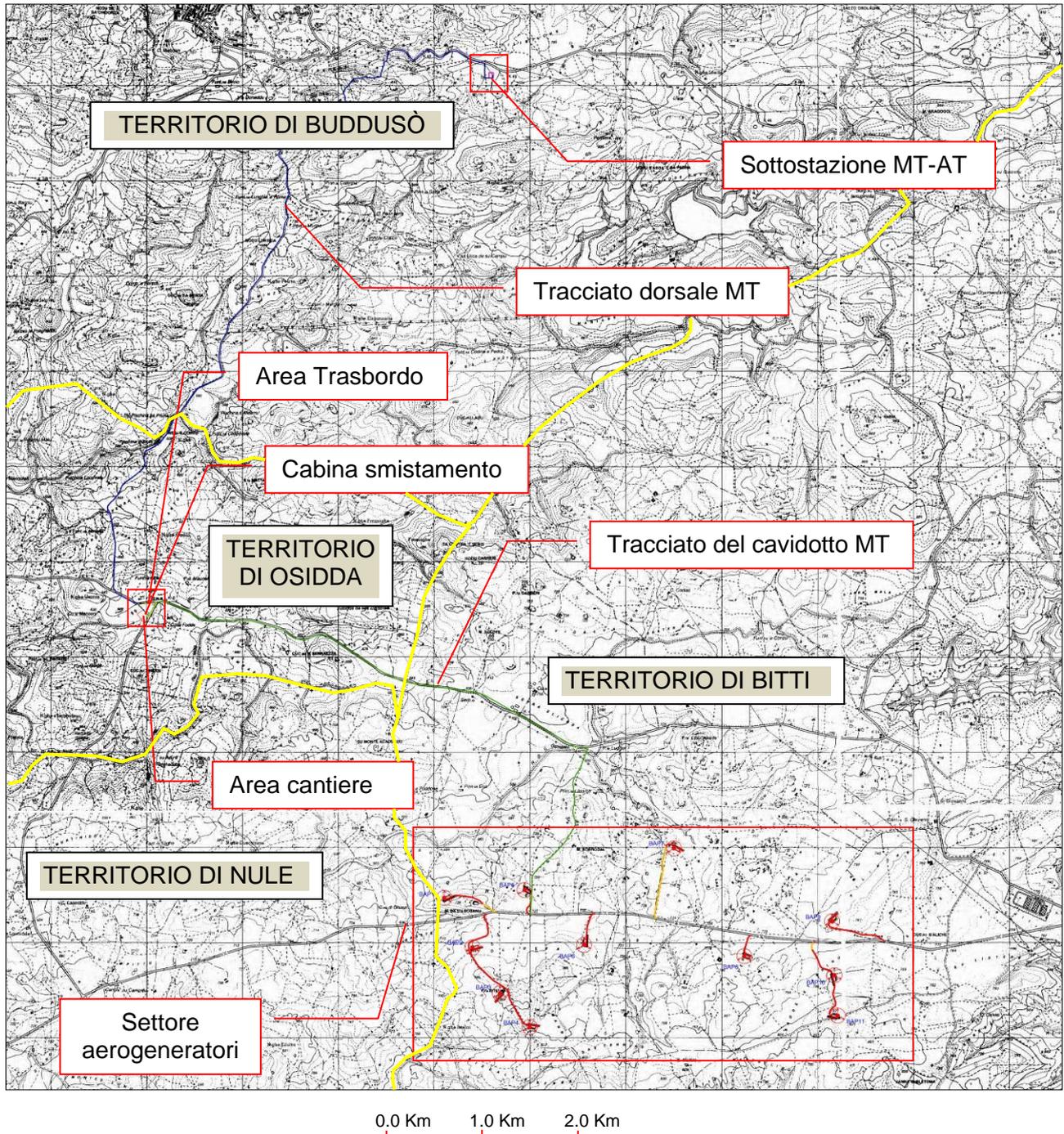


Figura 1.1 – Inquadramento topografico d'insieme delle opere su cartografia IGM.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 6 di 45

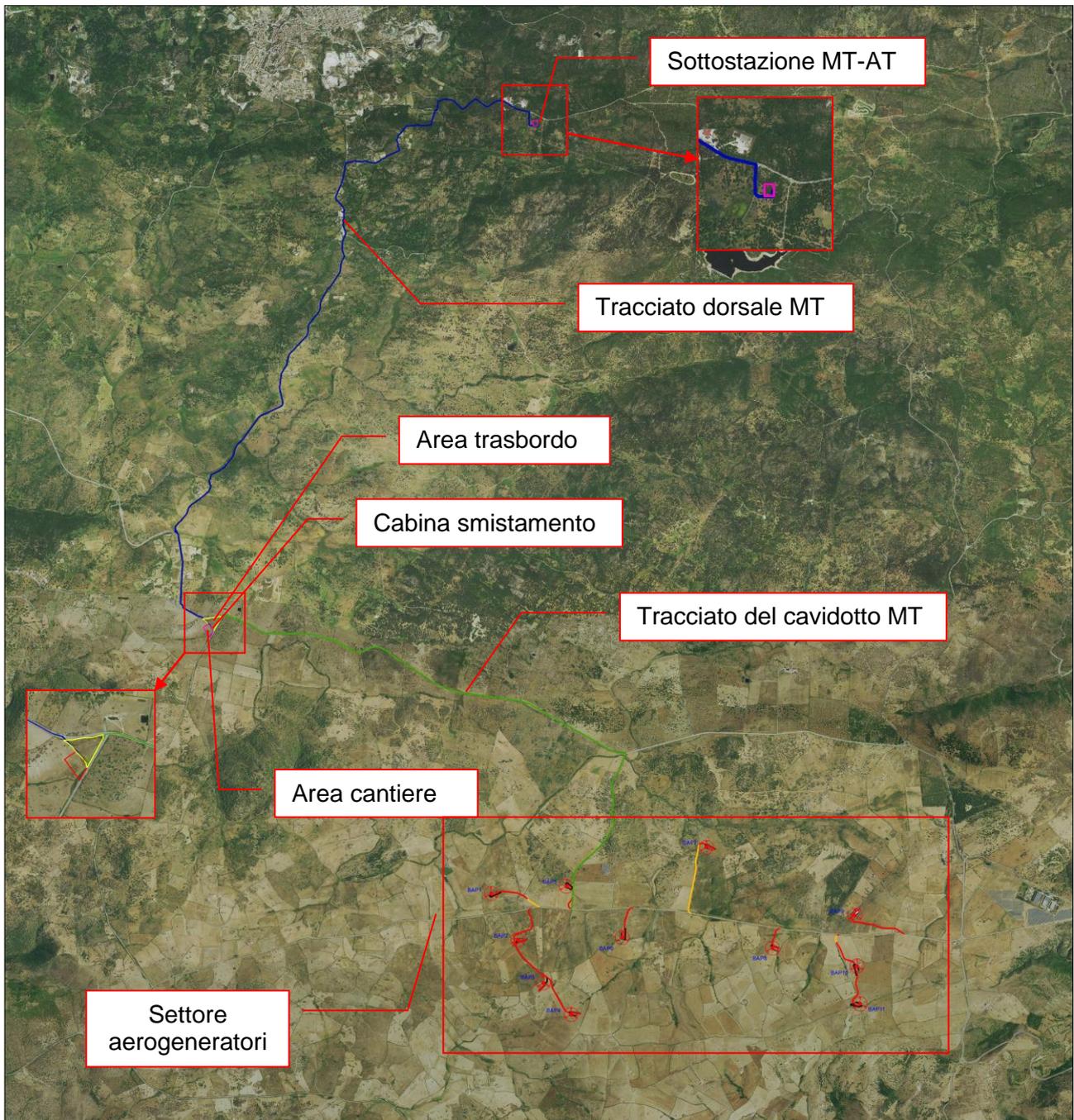


Figura 1.2 – Inquadramento geografico d'insieme delle opere su ortofoto satellitare da Google Earth

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 7 di 45

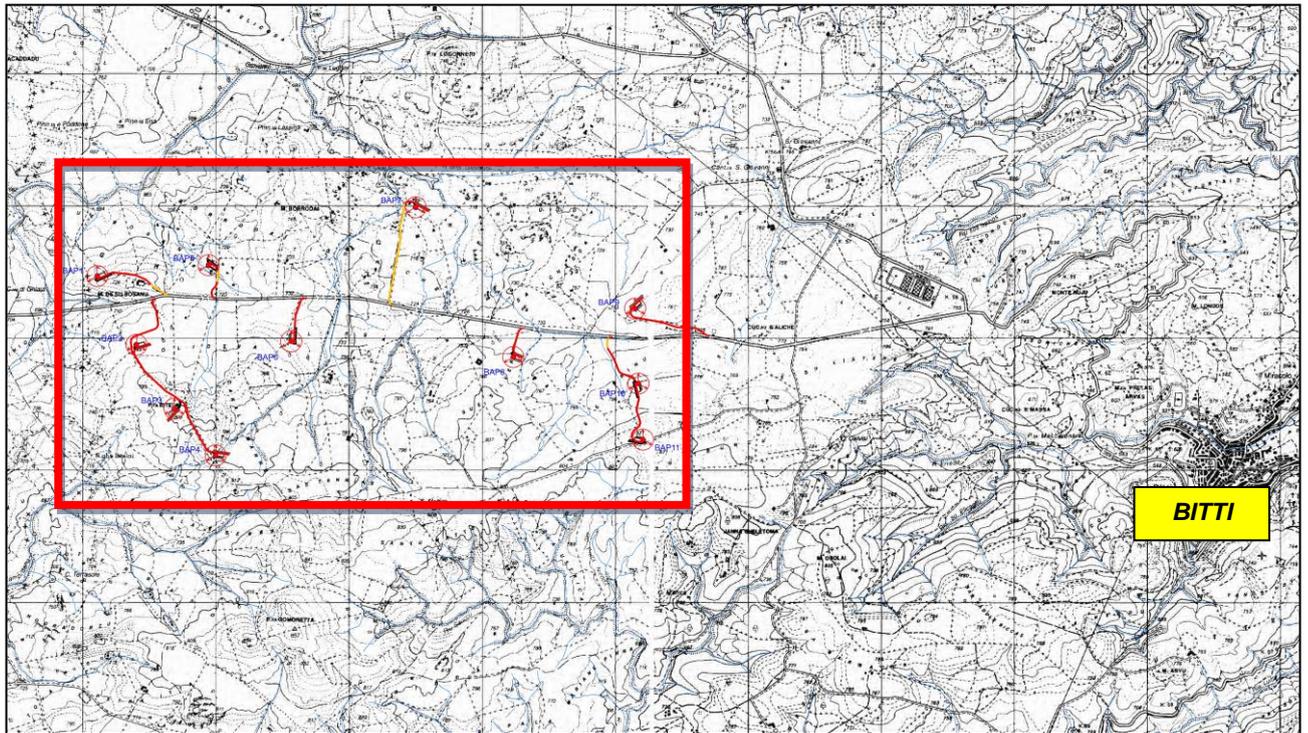


Figura 1.4 – Inquadramento geografico e topografico su base I.G.M.I. in scala 1:25.000 con ubicazione dell’area di intervento relativa al parco eolico (rettangolo rosso), ricadente nel territorio di Bitti.

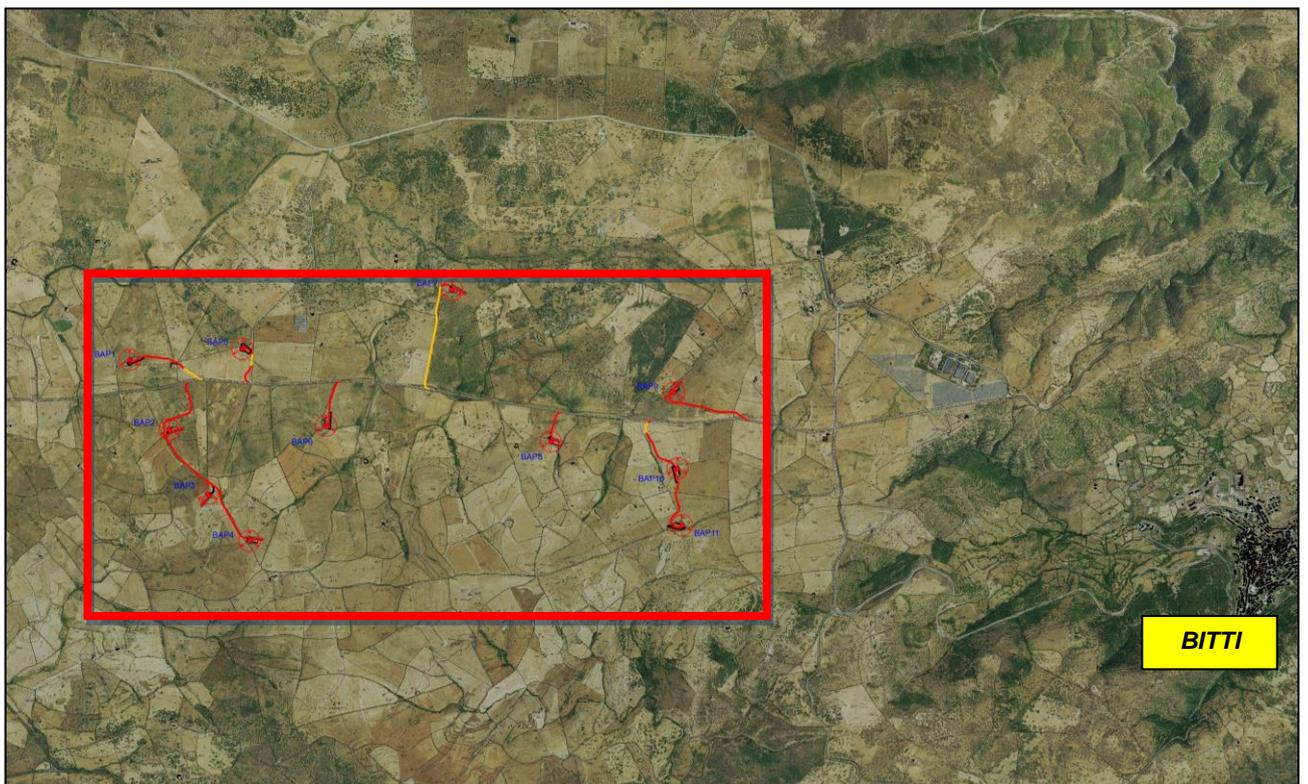


Figura 1.3 – Immagine satellitare estratta da Google Earth con ubicazione dell’area di intervento relativa al parco eolico (rettangolo rosso), ricadente nel territorio di Bitti.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 8 di 45

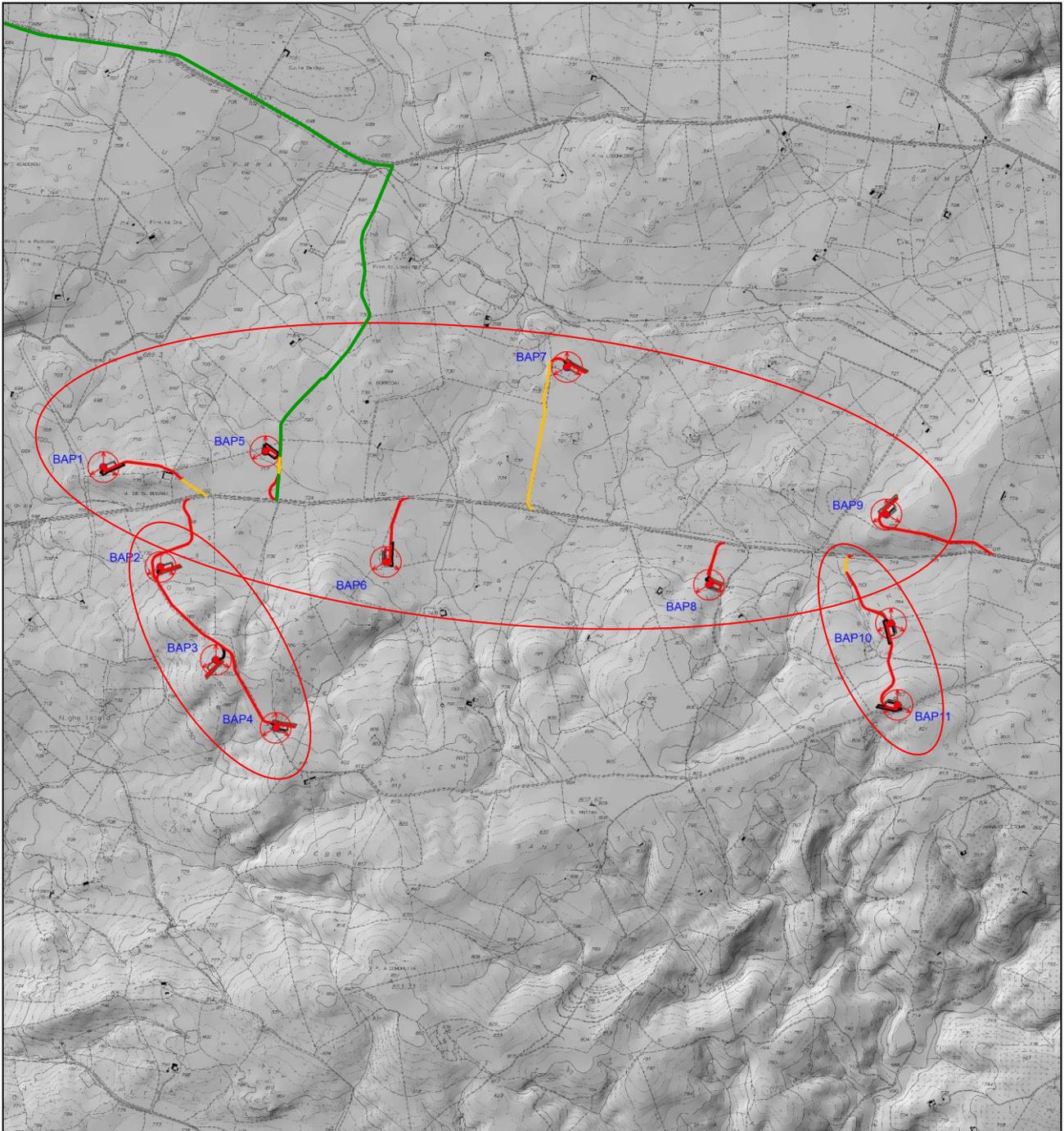


Figura 1.5– Stralcio cartografia C.T.R. in scala 1:10.000 e D.T.M. passo 10 m della RAS. con ubicazione dell'intervento principale relativo alla realizzazione degli 11 aerogeneratori e alle piste di servizio. Le ellissi rosse individuano i tre gruppi di aerogeneratori. Le linee in rosso rappresentano la nuova viabilità di servizio, mentre quelle in giallo le tratte di viabilità esistente che verranno utilizzate, con modifiche non rilevanti, per l'accesso agli aerogeneratori. La linea verde rappresenta il tracciato del cavidotto MT

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 9 di 45	

1.4 **Descrizione sommaria degli interventi in progetto**

L'impianto in progetto avrà una potenza in immissione di 56 MW e sarà costituito da 11 aerogeneratori distribuiti lungo le due fasce sub parallele ad un asse orientato circa Est-Ovest rappresentato dalla S.P. n. 40 per Nule, che si estende per circa 5.0 km in linea d'aria.

Geograficamente l'impianto eolico risulta articolato su due gruppi aerogeneratori (di cui uno costituito da tre turbine denominate BAP2, BAP3 e BAP4 e l'altro da ulteriori due individuate con le sigle BAP10 e BAP11) mentre ulteriori 6 aerogeneratori (turbine BAP1, BAP5, BAP6, BAP7, BAP8 e BAP9) sono distribuiti nel settore a nord della S.P. 40 (n. 4 WTG) e a sud di essa (n. 2 WTG).

Il cavidotto MT di trasporto dell'energia prodotta si svilupperà in fregio alla viabilità principale esistente per circa 16 km tra i territori di Bitti, Osidda e Buddusò. In quest'ultimo comune (località *Comide Tanca*) è prevista la realizzazione della sottostazione di utenza MT/AT e la realizzazione delle opere di rete per la connessione dell'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), in accordo con quanto previsto dalla soluzione di connessione indicata dal gestore di rete (Terna S.p.A.).

Sia per la realizzazione dei singoli aerogeneratori sia per il collegamento tra di essi o con l'asse costituito dalla strada provinciale, è prevista la realizzazione di tratti di nuova viabilità (piste di servizio) la cui lunghezza sarà variabile in funzione della distanza rispetto alla S.P. 40.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.L.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 10 di 45

2 MODELLO GEOLOGICO

2.1 Contesto geologico dell'area vasta

Nella zonizzazione tettono-metamorfica del segmento sardo della catena ercinica, l'areale di intervento ricade nell'ambito del Complesso metamorfico in facies anfibolitica della Sardegna nord-orientale, che separa il settore gallurese a predominanza delle facies intrusive granitoidi dalla zona a falde interne dell'edificio collisionale a sua volta sovrascorsa sull'edificio a falde esterne SSW vergente.

Questo insieme di facies litologiche, verso nord è separato dal complesso migmatitico ercinico in virtù cosiddetta "Linea Posada-Asinara" (zona di sutura *Auct.*) che conserva le tracce dell'antico oceano andato in subduzione che separava i continenti di "Armorica" e di "Gondwana", e successivo impilamento crostale in diverse unità tettoniche nel Carbonifero medio.

Trattandosi di rocce caratterizzate da un medio-alto grado di metamorfismo regionale, polideformate ed intensamente strutturate (talora milonitizzate) nel corso dello sviluppo dell'orogenesi ercinica, l'originaria genesi dei protoliti del Complesso metamorfico in facies anfibolitica è riconoscibile esclusivamente dalla composizione mineralogica.

Nell'area in studio, a sud del tracciato stradale della S.P. n. 40 predominano rocce filladiche, talora carboniose, associate a quarziti con subordinate metarenarie quarzoso-micacee, conosciute con il nome di **FILLADI DI LULA [LUL]**, riconducibili a originarie rocce sedimentarie paleozoiche non ben definibili stratigraficamente (Cambriano? - Carbonifero?), interessate da filoni idrotermali di quarzo [fq] orientati secondo direzioni NE-SW.

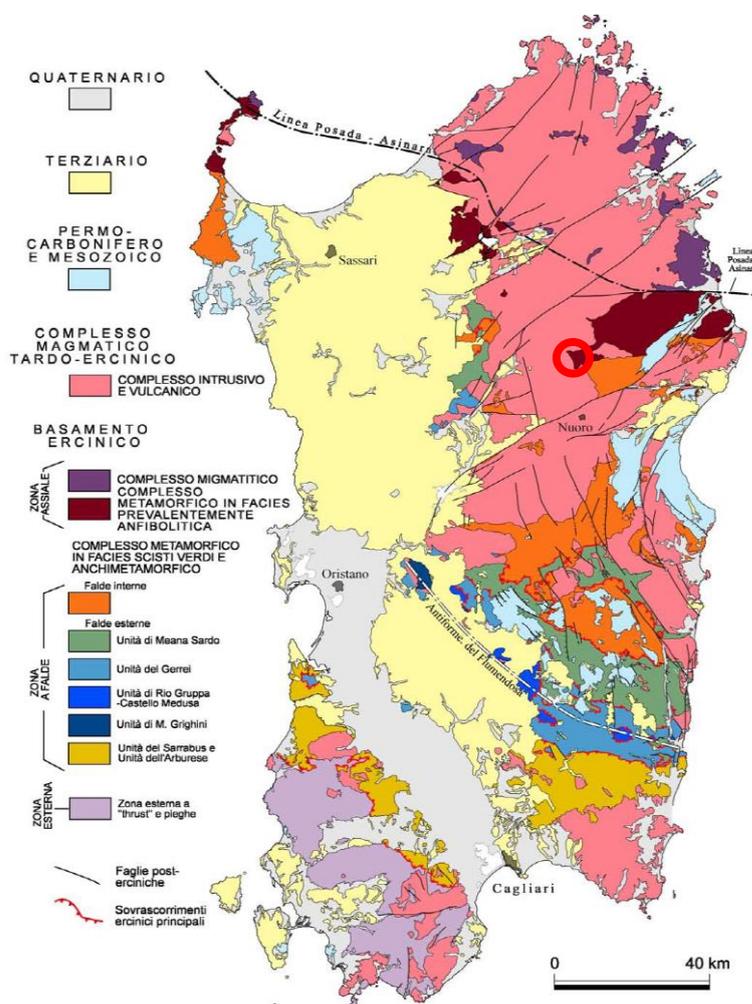


Figura 2.1 – Principali elementi strutturali del basamento ercinico sardo (estratto da "Guida all'escursione nel Basamento ercinico della Sardegna centro meridionale", a cura di A. Funedda e P. Conti, 2011)

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.L.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 11 di 45

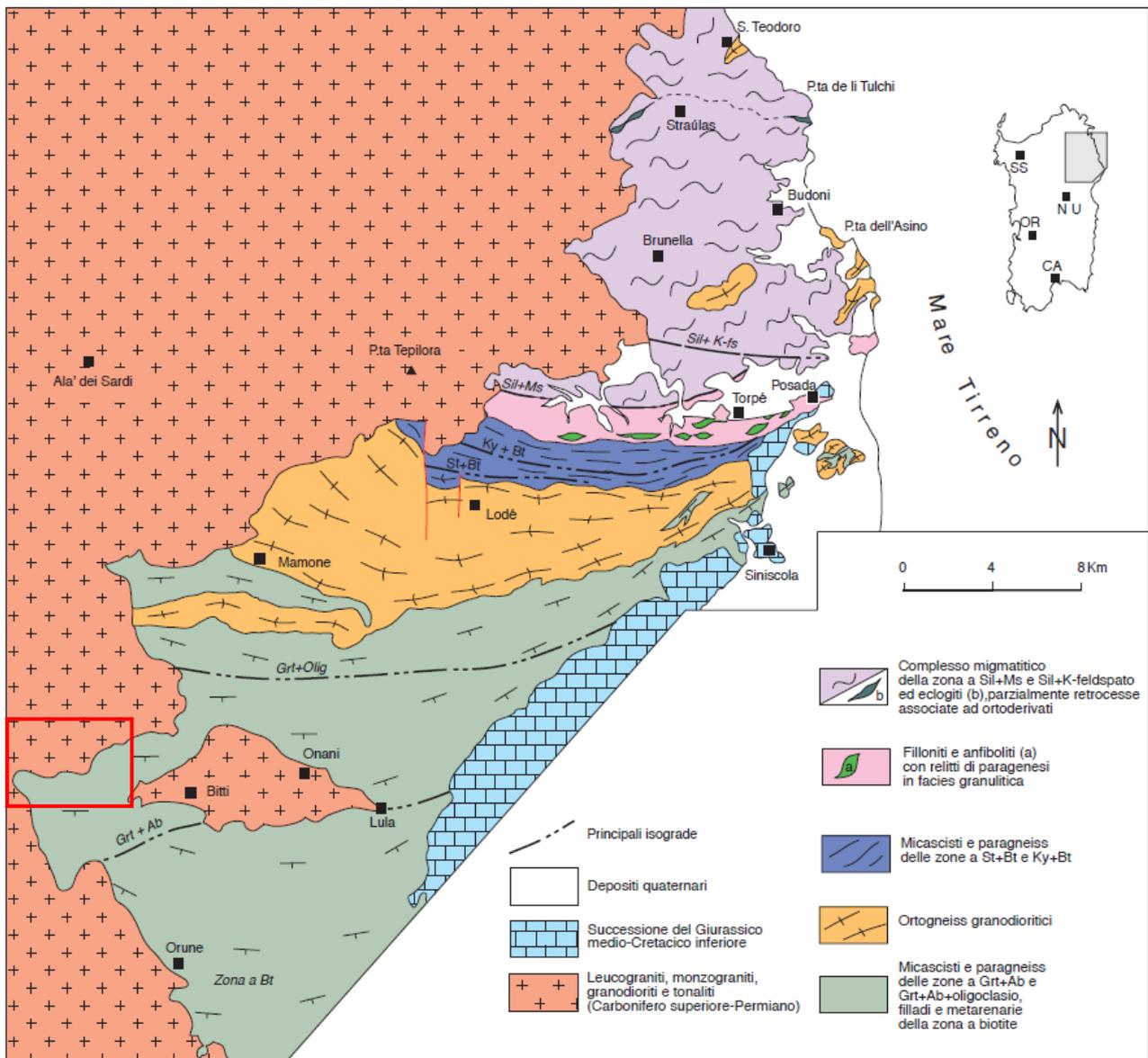


Figura 2.2 - Carta schematica del Basamento metamorfico della Sardegna nord-orientale (da Elter et alii, 1986).

Le filladi sono intensamente strutturate tanto da non consentire più il riconoscimento dell'originaria stratificazione. Si ritiene che la presenza di queste rocce sia da mettere in relazione con il collasso gravitativo del cuneo orogenico così realizzato, con risalita dei nuclei metamorfici più profondi.

Oltre alla strutturazione ercinica precedentemente descritta, nel corso del Carbonifero medio e sino al Permiano inferiore, il basamento metamorfico del settore di intervento viene interessato dalla messa in posto di numerose intrusioni di magmi ad affinità calcicalina ma con differente composizione mineralogica che hanno originato un potente complesso granitoidale noto come "Batolite sardo-corso", particolarmente diffuso nel nord della Sardegna.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 12 di 45	

L'iniezione dei magmi calcalkalini è contemporanea alla formazione di bacini molassici continentali del Carbonifero superiore (Westfaliano) e all'attivazione del vulcanismo tardo-paleozoico, maggiormente diffuso nella Sardegna centrale. Nell'area che ospiterà l'opera in progetto, le rocce granitoidi sono rappresentate sia dall'UNITÀ INTRUSIVA DI SOS CANALES [**OSCa**], costituita da graniti a cordierite, andalusite e muscovite, a grana media, inequigranulari, porfirici per rari fenocristalli di Kfs biancastri di taglia fino a 3 cm (Facies di Punta Gomoretta) sia dalla UNITÀ INTRUSIVA DI BENETUTTI [**BTUb**] rappresentata da granodioriti monzogranitiche, biotitiche, a grana medio-grossa, inequigranulari e tessitura orientata per flusso magmatico (Facies Orune), entrambe afferenti al Carbonifero Sup. – Permiano. Queste due unità, che circondano e delimitano verso ovest il lembo più occidentale del nucleo di metamorfiti della zona assiale, sono accompagnate da un corredo di corpi filoniani a chimismo soprattutto acido [**fq**, **mg**] connesso con il collasso della catena ercinica.

Si segnala che, l'insieme delle opere necessarie al funzionamento dell'impianto (quali il cavidotto MT e la dorsale MT, compresi gli areali per la sottostazione MT-AT, l'area di trasbordo, la cabina di smistamento e la relativa area di cantiere) interesseranno più o meno direttamente anche altre unità litostigrafiche del basamento, come evidenziato nella cartografia geologica generale allegata.

In particolare, tutto il tracciato del cavidotto MT insisterà perlopiù sulle rocce dell'UNITÀ INTRUSIVA DI SOS CANALES [**OSCa**] già citata e sulla sua coltre detritica di alterazione superficiale, come anche l'area di trasbordo, la cabina di smistamento e l'area di cantiere (queste tre aree di intervento sono ubicate in territorio di Osidda).

Solo nell'ultimo tratto d'innesto in prossimità dell'aerogeneratore BAP5, il cavidotto interferirà con le granodioriti monzogranitiche [**BTUb**] dell'UNITÀ INTRUSIVA DI BENETUTTI (Facies Orune). Sempre sulle rocce granitoidi si sviluppa gran parte della dorsale MT ad esclusione di un tratto di circa 310 m che ricade sulle granodioriti tonalitiche e biotitiche a grana medio-grossa, inequigranulari, della Facies di Nule [**BTUa**] appartenente all'UNITÀ INTRUSIVA DI BENETUTTI.

La parte più settentrionale della dorsale MT, in territorio di Buddusò, interessa invece un piccolo tratto a micascisti e paragneiss per poi concludersi, con gli impianti della sottostazione MT-AT, nei monzograniti equigranulari della Facies S. Reparata [**BUDb**], afferente alla UNITÀ INTRUSIVA DI BUDDUSÒ, (Carbonifero superiore – Permiano).

Con la fine dell'orogenesi ercinica, a partire dal Permiano medio-superiore sino al Giurassico inferiore, la nuova catena montuosa subisce un'imponente fase di rimodellamento morfologico in ambiente continentale capace di dar luogo ad un vasto penepiano che, nella Sardegna nord-orientale, solo durante il Giurassico medio venne interessato da una diffusa sedimentazione marina.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 13 di 45	

L'ingresso del mare, seppure in modo discontinuo, proseguì sino alla fine dell'era mesozoica, favorendo la deposizione di una potente successione di sedimenti carbonatici attualmente osservabili nel settore centrale (Sarcidano, Barbagie) e centro orientale (Ogliastra, Supramonte e Baronia) della Sardegna.

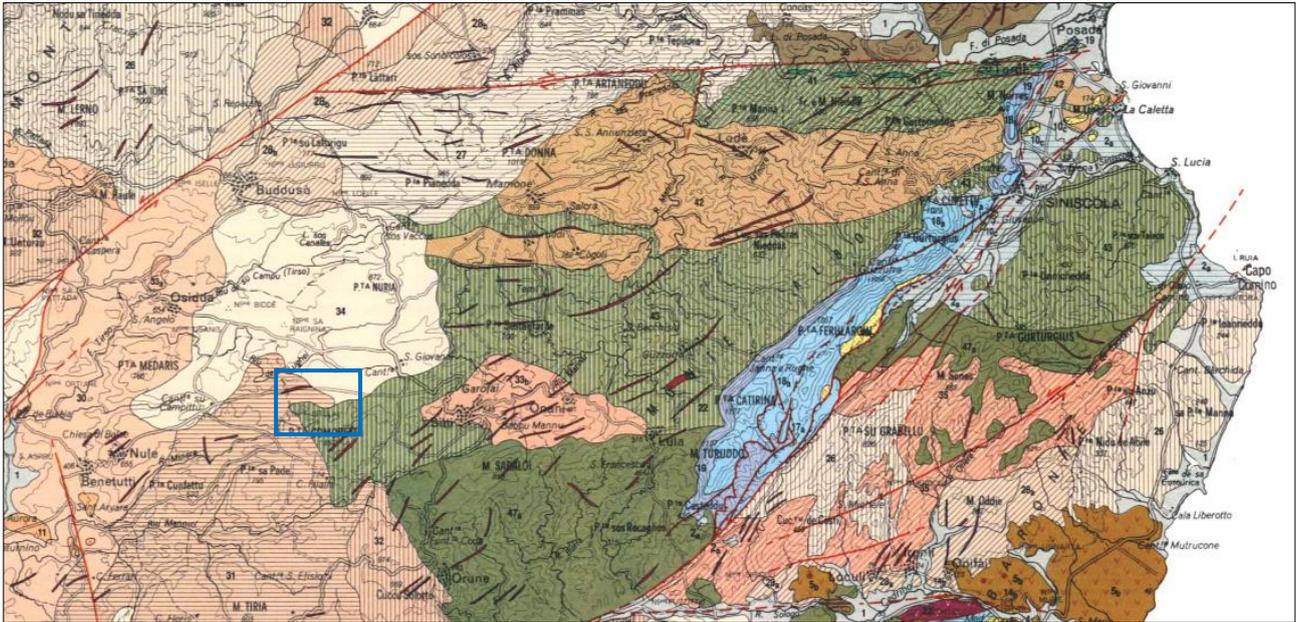
In prossimità del settore di intervento, le più vicine testimonianze della copertura mesozoica si rinvennero a circa 22 km ad est con la lunga dorsale carbonatica che culmina, in direzione NE nel territorio di Posada.

Nell'era cenozoica si instaura nuovamente una condizione di continentalità diffusa interrotta solo da limitate ingressioni del mare durante l'Eocene inferiore limitatamente al Sulcis e alla Sardegna centro-orientale) mentre nell'Oligocene superiore e Miocene inferiore tutta l'isola, appartenente al margine continentale sud europeo, risente fortemente dei contraccolpi dovuti alla evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale (innesco e sviluppo di un sistema arco-fossa tra le placche africana e europea, formazione del bacino delle Baleari, distacco dal margine provenzale e rotazione antioraria verso est del blocco sardo-corso). È da riferire a questo lasso di tempo l'attivazione di un'importante tettonica trascorrente con diffuso vulcanismo calco alcalino e la formazione di bacini e fosse tettoniche, con conseguente formazione di potenti depositi di ambiente marino in ampi settori dell'isola che si prolungano sino a tutto il Miocene ma non nella Sardegna nord occidentale che continua a risultare interessata solo da fenomeni di rimodellamento morfologico.

Nello specifico del settore di intervento, le uniche coperture post-paleozoiche attualmente osservabili risultano afferenti al Quaternario recente e sono rappresentate dalla coltre detritica di genesi eluvio-colluviale [b2] che ricopre in modo discontinuo pendii e fondovali ampi, i depositi alluvionali delle principali aste torrentizie [b] ed i depositi di versante [a].

Sarà oggetto di verifica in fase di progettazione esecutiva la valutazione della reale interazione tra opere e coltre detritica elluvio-colluviale e alluvionale, decisamente sottostimata e scarsamente rappresentata nella cartografia ufficiale.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 14 di 45



DEPOSITI QUATERNARI

- 1 Ghiaie, sabbie, limi e argille dei depositi alluvionali, colluviali, eolici e litorali (Olocene).
- 2a Conglomerati, sabbie, argille più o meno compattate, in terrazzi e conoidi alluvionali (Pleistocene).

CICLO VULCANICO AD AFFINITÀ CALCOALCALINA, TRANSIZIONALE E SUBALCALINA DEL PLICENE-PLEISTOCENE

- 5b Basalti alcalinici transazionali, basaniti, trachibasalti e hawaii, talora basaltiche e basalti sub alcalini. (Pliocene – Pleistocene)

DEPOSITI CONTINENTALI E SUCCESSIONE MARINA OLIGOMIOCENICI

- 10c Conglomerati poligenici continentali, arenarie e calcareniti con Nummuliti rimaneggiati (Oligocene superiore - Aquitaniano).

SUCCESSIONI MARINE E TRANSIZIONALI DEL TRIAS MEDIO – CRETACICO INFERIORE DELLA SARDEGNA ORIENTALE

- 17a Depositi carbonatici di piattaforma costituiti da calcari bioclastici e marnosi, calcari oolitici, selciosi (Facies Urgoniana) e alla base marne e calcari marnosi paralicci (Facies Purbekiana) (Berriasiano – Albiano inferiore).
- 18a Depositi carbonatici di piattaforma (F.ne di Monte Bardia); calcari bioclastici, calcari oolitici e micritici, talora selciosi, da litorali a circa litorali (F.ne di Monte Tului) (Dogger - Malm).
- 19 Dolomie, dolomie arenacee, calcari dolomitici da litorali a circolitorali fossiliferi (F.ne di Dorgali); arenarie quarzose, siltiti e argille fluvio-deltizie con livelli lignitiferi e con resti di piante (F.ne di Genna Selole).

COMPLESSO VULCANICO DEL CARBONIFERO SUPERIORE - PERMIANO

- 22 Rioliti e riocaciti in espandimenti ignimbritici e colate, porfidi in ammassi subvulcanici, lave, breccie andesitiche e subordinati espandimenti dacitici.

COMPLESSO FILONIANO DEL CARBONIFERO SUPERIORE - PERMIANO

- 23 Principali filoni di porfidi granitici e ammassi di micrograniti; principali filoni aplitici e pegmatitici.
- 25 Principali corpi filoniani a composizione prevalentemente basaltica.

COMPLESSO PLUTONICO DEL CARBONIFERO SUPERIORE - PERMIANO

- 26 Leucograniti equigranulari
- 27 Leucograniti a granato
- 28b Monzograniti equigranulari
- 30 Granodioriti monzogranitiche equigranulari
- 31 Granodioriti monzogranitiche inequigranulari
- 32 Granodioriti tonalitiche
- 33b Tonaliti
- 34 Granodioriti a cordierite

COMPLESSO MIGMATITICO ERCINICO

- 36 Migmatiti leucocratiche, nebuliti, magmatiti, gneiss, talora con lenti a silicato di calcio (Precambriano ? - Ordoviciano superiore?).
- 39 Paragneiss, micascisti e quarziti in facies anfibolitica di pressione intermedia, diffuse miloniti di grado metamorfico variabile tra la facies anfibolitica e quella degli scisti verdi (Precambriano?).
- 41 Anfiboliti con relitti di paracenesi eclogitica (Precambriano?).
- 43 Micascisti e paragneiss (Paleozoico)

COMPLESSO METAMORFICO ERCINICO IN FACIES SCISTI VERDI E ANCHIMETAMORFICO - FALDE INTERNE

- 47a Metarenarie e filladi a biotite (Paleozoico).

Figura 2.3– Inquadramento geologico del settore (fuori scala). Stralcio dalla Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000 a cura del Comitato per il coordinamento della Cartografia Geologica e Geotematica della Sardegna. In blu, l'area di intervento.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.L.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 15 di 45

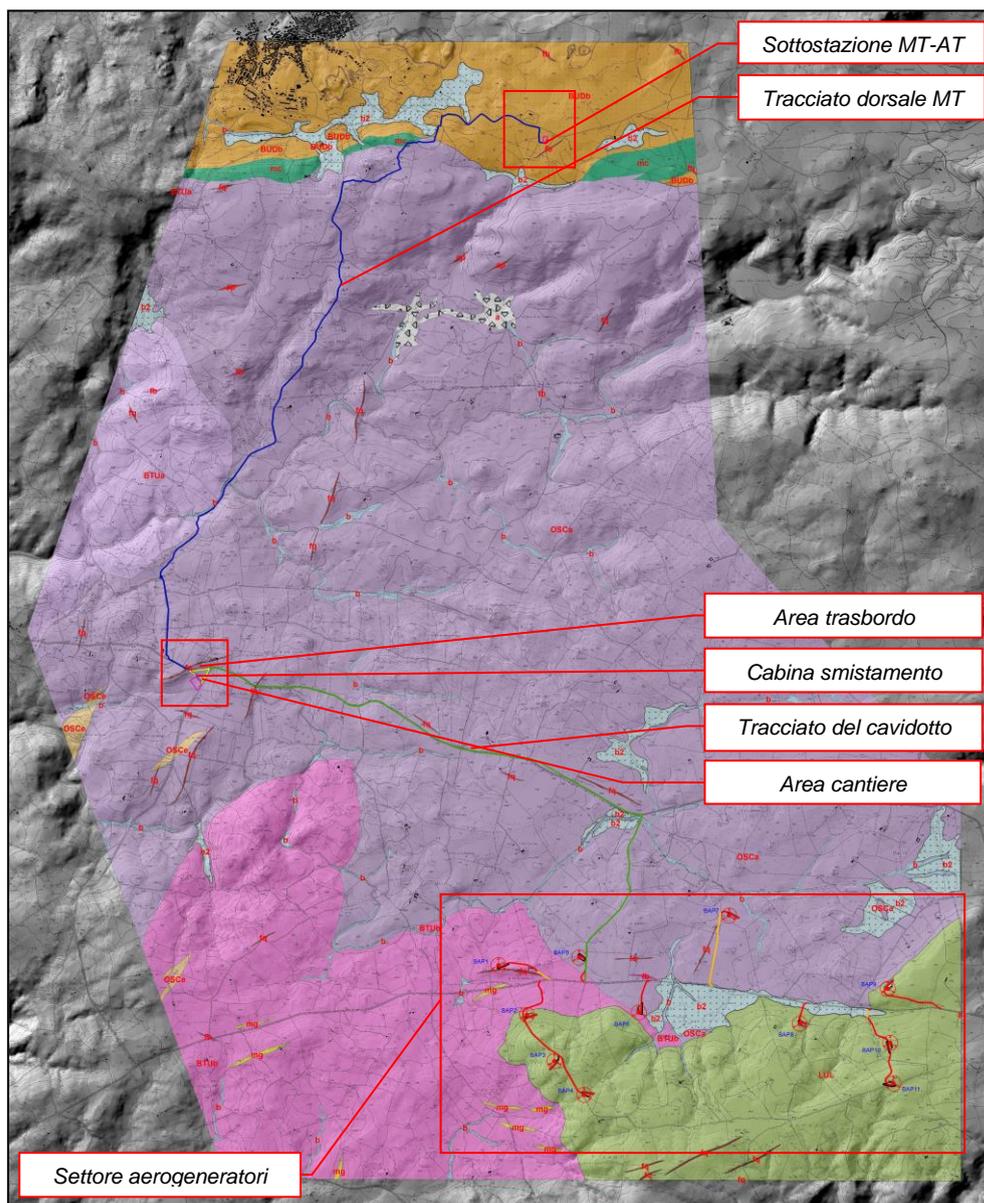


Figura 2.4 – Assetto geologico-stratigrafico complessivo del settore di intervento (scala circa 1:60.000)

- b** Depositi alluvionali e alluvio-colluviali (Olocene)
- a** Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. (Olocene).
- b2** Depositi eluvio-colluviali (Olocene).
- fq** Filoni idrotermali a prevalente quarzo, spesso mineralizzati a barite e fluorite (Carbonifero superiore – Permiano).
- mg** Filoni e ammassi di micrograniti. (Carbonifero superiore – Permiano).
- OSCa** Unità Intrusiva di Sos Canales (Facies Punta Gomoretta) - Graniti a cordierite, andalusite e muscovite, a grana media, inequigranulari, porfirici per rari fenocristalli di Kfs biancastri di taglia fino a 3 cm (Carbonifero superiore – Permiano).
- BTUb** Unità Intrusiva di Benetutti (Facies Orune) - Granodioriti monzogranitiche, biotitiche, a grana medio-grossa, inequigranulari per Kfs biancastri di taglia 8-10 cm; tessitura orientata per flusso magmatico (Carbonifero superiore – Permiano).
- LUL** Filladi di Lula - Filladi, filladi carboniose, quarziti con subordinate metarenarie quarzoso-micacee Cambriano? - Carbonifero).
- BTUa** Unità intrusiva di Benetutti (Facies Nule) - Granodioriti tonalitiche, biotitiche, a grana medio-grossa, inequigranulari per fenocristalli di Kfs biancastri di taglia fino a 12 cm; tessitura orientata. (Carbonifero superiore – Permiano).
- BUDb** Unità intrusiva di Buddusò (Facies S. Reparata). - Monzograniti equigranulari, a marcata tendenza leucocrata, a grana da media a medio-fine, tessitura orientata. (Carbonifero superiore – Permiano).
- mc** Micacisti e paragneiss indifferenziati. (Precambriano? – Paleozoico).

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 16 di 45

2.2 Aspetti tettonici

All'interno del basamento di medio grado metamorfico, l'aspetto tettonico-strutturale ercinico di maggior rilievo del settore è dato dall'Antiforme di Lodè-Mamone che rappresenta una piega a scala plurichilometrica, con immersione assiale verso SE. Tale mega-struttura, estesa per una trentina di chilometri dalla costa (settore Posada/La Caletta) fino alla zona di Mamone, è costituita da ortoderivati acidi (orto-gneiss granodioritici e augen gneiss a composizione granitica) interrotti al loro interno da due sottili fasce di micascisti che costituiscono due sinformi ad andamento circa E-W, la maggiore delle quali è estesa tra Mamone ed il Rio Mannu.

Le maggiori evidenze osservabili alla scala dell'affioramento riguardano la foliazione definita nel corso della penultima fase deformativa (D3) che oblitera le strutture precedenti con una giacitura moderatamente inclinata verso SE.

Escludendo gli effetti locali della blanda tettonica tardo mesozoica, ulteriori evidenze strutturali sono da riferire all'era Terziaria in quanto il settore di interesse viene coinvolto più o meno direttamente dalle vicende legate all'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale che hanno portato al distacco del blocco sardo-corso dal margine continentale sud-europeo ed alla sua rotazione in senso antiorario sino all'attuale posizione.

Gli eventi di maggiore interesse, limitatamente all'Oligocene superiore–Miocene, hanno riguardato l'attivazione di un'importante tettonica trascorrente con diffuso vulcanismo calcoalcalino, la formazione di bacini e fosse tettoniche e la sedimentazione di ambiente marino in ampi settori dell'isola.

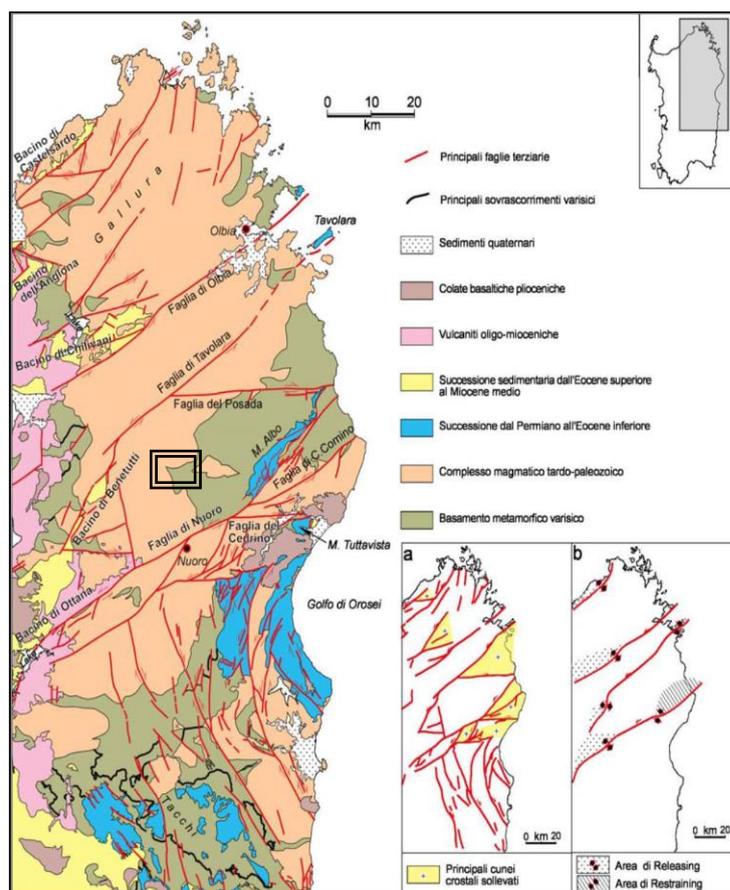


Figura 2.5 – Schema tettonico strutturale della Sardegna centro e nord orientale che evidenzia le principali lineeazioni trascorrenti terziarie (da Oggiano et alii, 2009).

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 17 di 45

La Barbagia settentrionale, pur subendo un assestamento morfo-strutturale importante (il settore si trova compreso tra la Faglia di Posada, a carattere trascorrente destro, e la trascorrente sinistra del Cedrino/Nuoro rimanendo un alto strutturale) in virtù dell'attivazione di faglie ad orientamento variabile da N-S a NE-SW sino a E-W con rigetti soprattutto orizzontali, non verrà comunque coinvolto in episodi di nuova sedimentazione marina come del resto anche nel corso della fase tettonica estensionale tardo terziaria che porterà poi nel Pliocene alla formazione della fossa tettonica del Campidano e alla effusione di magmi alcalini in diversi settori dell'isola.

A quest'ultimo evento è invece da mettere in relazione un ulteriore riassetto morfostrutturale e di ringiovanimento orografico dovuto a numerose faglie dirette orientate NNW-SSE che ribassano a gradinata tutta la successione mesozoica e terziaria verso SW predisponendo la nuova morfologia all'azione erosiva della nuova rete di drenaggio delle acque superficiali. Nel corso del Quaternario infatti il settore viene interessato esclusivamente dai fenomeni di rimodellamento indotti dalle variazioni del livello del mare dovute all'alternanza delle fasi glaciali e interglaciali del Pleistocene senza ulteriore strutturazione tettonica di rilievo.

2.3 Assetto litostratigrafico locale

L'assetto geologico e litostratigrafico del settore individuato per la realizzazione degli aerogeneratori (di maggiore rilevanza nei confronti del substrato geologico rispetto agli altri interventi) risulta piuttosto semplice in quanto si limita di fatto a poche tipologie di rocce e di conseguenza ad ampi settori monolitologici dai caratteri molto omogenei. Altrettanta uniformità complessiva si manifesta anche per i tracciati della dorsale MT e del cavidotto nonché per le aree destinate agli impianti a questi ultimi connessi. Relativamente ai siti di imposta degli aerogeneratori tali litologie, una delle quali di genesi sedimentaria [LUL] e le altre due magmatiche intrusive [OSCa e BTUb], rappresentano il substrato su cui poggia buona parte della locale viabilità e sul quale andranno realizzate sia le piste di servizio, sia gli scavi per i cavidotti sia le fondazioni delle opere di maggior rilievo.

Come descritto in precedenza, il settore di intervento si caratterizza anche per la presenza di una coltre detritica olocenica di genesi eluvio-colluviale [b2] e alluvio-colluviale [b] talora significativa, non correttamente evidenziata nella cartografia geologica ufficiale rispetto alla sua reale estensione e ai relativi spessori. Accanto a diffusi affioramenti rocciosi sono infatti presenti anche depositi detritici di pendio [a] e di fondovalle utilizzati per attività agricole, come risulta evidente dalle immagini satellitari mostrandoci ampie coltivazioni a seminativo e come riscontrato in fase di sopralluogo.

Di seguito viene descritta sinteticamente la stratigrafia del settore, a partire dalle unità litostratigrafiche più recenti con riferimento alla simbologia ufficiale della cartografia geologica:

- b** Depositi alluvionali e alluvio-colluviali (Olocene).
- b2** Depositi eluvio-colluviali (Olocene).

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.L.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 18 di 45

- fq** Filoni idrotermali a prevalente quarzo, spesso mineralizzati a barite e fluorite (Carbonifero superiore – Permiano)
- mg** Filoni e ammassi di micrograniti (Carbonifero superiore – Permiano)
- OSCa** *Unità Intrusiva di Sos Canales (Facies Punta Gomoretta)* - Graniti a cordierite, andalusite e muscovite, a grana media, inequigranulari, porfirici per rari fenocristalli di kfeldspati biancastri di taglia fino a 3 cm (Carbonifero superiore – Permiano)
- BTUb** *Unità Intrusiva di Benetutti (Facies Orune)* - Granodioriti monzogranitiche, biotitiche, a grana medio-grossa, inequigranulari per Kfs biancastri di taglia 8-10 cm; tessitura orientata per flusso magmatico (Carbonifero superiore – Permiano)
- LUL** *Filladi di Lula* - Filladi, filladi carboniose, quarziti con subordinate metarenarie quarzoso-micacee (Cambriano? - Carbonifero?)

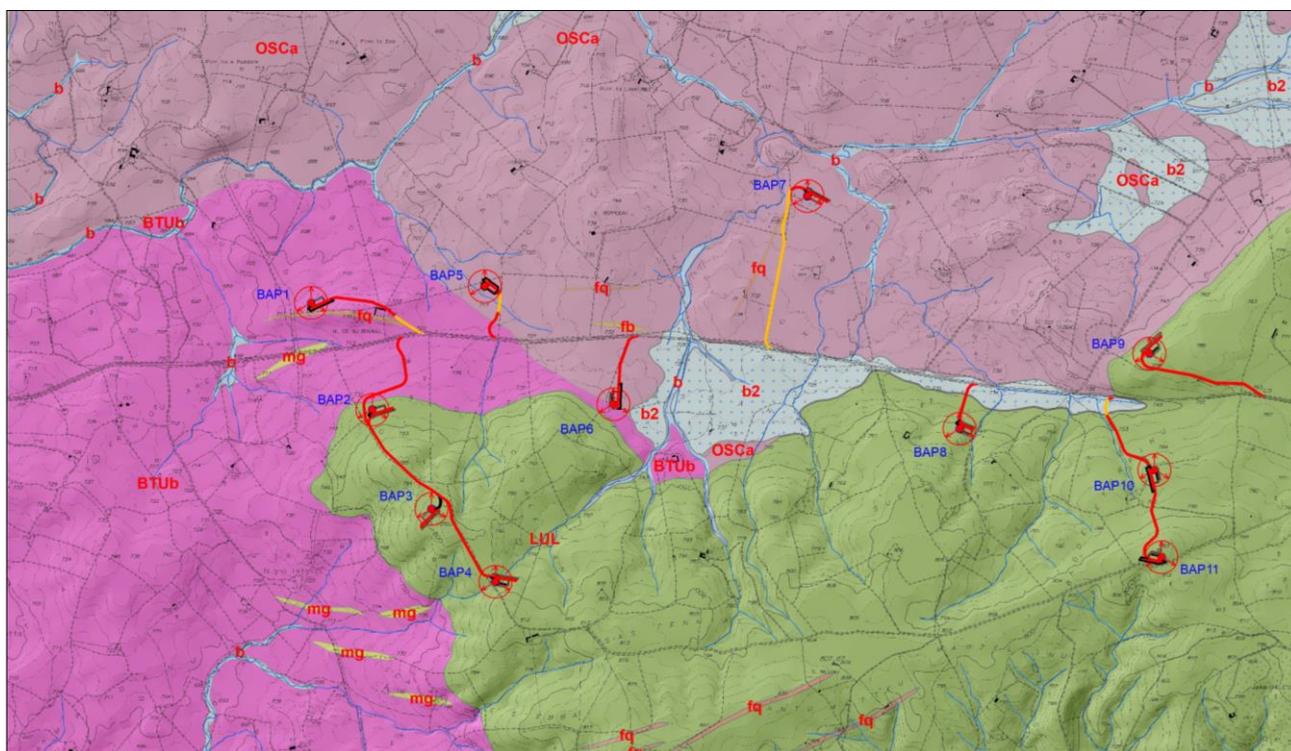


Figura 2.6 – Assetto geologico-stratigrafico dell'area di realizzazione degli 11 aerogeneratori, individuati in carta con specifica sigla (Fonte della cartografia: <http://www.sardegnaigeoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map.>).

- b** Depositi alluvionali e alluvio-colluviali (Olocene).
- b2** Depositi eluvio-colluviali (Olocene).
- fq** Filoni idrotermali a prevalente quarzo, spesso mineralizzati a barite e fluorite (Carbonifero superiore – Permiano).
- mg** Filoni e ammassi di micrograniti. (Carbonifero superiore – Permiano).
- OSCa** *Unità Intrusiva di Sos Canales (Facies Punta Gomoretta)* - Graniti a cordierite, andalusite e muscovite, a grana media, inequigranulari, porfirici per rari fenocristalli di Kfs biancastri di taglia fino a 3 cm (Carbonifero superiore – Permiano).
- BTUb** *Unità Intrusiva di Benetutti (Facies Orune)* - Granodioriti monzogranitiche, biotitiche, a grana medio-grossa, inequigranulari per Kfs biancastri di taglia 8-10 cm; tessitura orientata per flusso magmatico (Carbonifero superiore – Permiano).
- LUL** *Filladi di Lula* - Filladi, filladi carboniose, quarziti con subordinate metarenarie quarzoso-micacee Cambriano? - Carbonifero).

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 19 di 45

Con riferimento alla distribuzione degli aerogeneratori nell'ampio areale di intervento, per facilità di interpretazione e di lettura si descriveranno brevemente gli aspetti geologici e stratigrafici dei tre settori monolitologici al fine di evidenziare eventuali criticità in grado di interferire negativamente con la realizzazione delle opere e proporre soluzioni progettuali adeguate. Si propone pertanto la Tabella 2-1 che riunisce tra loro gli aerogeneratori in funzione del substrato roccioso di appoggio.

AEROGENERATORI	UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA	DESCRIZIONE
BAP1	OSCa	<i>Facies Punta Gomoretta (Unità intrusiva di Sos Canales)</i> - Graniti a cordierite, andalusite e muscovite, a grana media, inequigranulari, porfirici per rari fenocristalli di K-feldspato biancastri di taglia fino a 3÷4 cm, tessitura isotropa (Carbonifero superiore - Permiano).
BAP2		
BAP9		
BAP10		
BAP5	BTUb	<i>Facies Orune (Unità intrusiva di Benetutti)</i> - Granodioriti monzogranitiche, biotitiche, a grana medio-grossa, inequigranulari per K-feldspato biancastri di taglia 8÷10 cm; tessitura orientata per flusso magmatico (Carbonifero superiore - Permiano).
BAP3	LUL	<i>Filladi di Lula</i> - Filladi, filladi carboniose, quarziti con subordinate metarenarie quarzoso-micacee (Cambriano? - Carbonifero?).
BAP4		
BAP6		
BAP7		
BAP8		
BAP11		

Tabella 2-1 - Substrato roccioso di appoggio per ciascun aerogeneratore.

In tutti i casi si tratta di rocce compatte, da finemente foliate (filladi - **LUL**) a cristalline (graniti e granodioriti - **OSCa** e **NTUb**) con proprietà litotecniche per lo più elevate una volta superato lo spessore submetrico di alterazione corticale, che verranno meglio definite in fase di progettazione definitiva mediante specifiche indagini. Nonostante la cartografia ufficiale risulti carente nella rappresentazione dei depositi di copertura del substrato roccioso e sebbene siano presenti ampi areali con roccia affiorante o sub affiorante, nella realtà dei luoghi è inequivocabile la presenza di una coltre eluvio-colluviale a granulometria sabbioso-limosa con talora abbondante scheletro clastico monogenico il cui spessore generalmente non supera i 0,50 m, confermata dalle numerose attività agricole del settore per la produzione di foraggiere.

Si ritiene che il passaggio tra la coltre eluvio-colluviale ed il sottostante substrato roccioso alterato e detensionato possa avvenire con gradualità.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.L.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 20 di 45

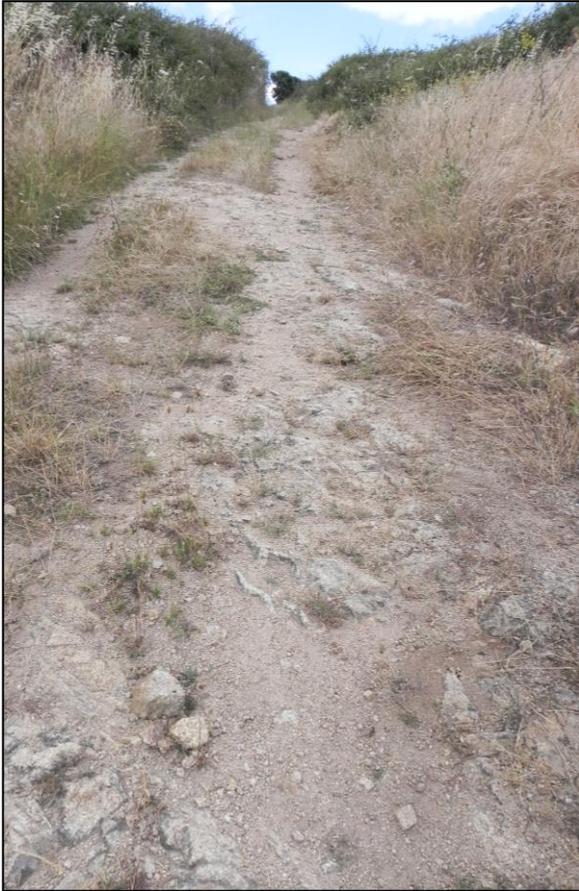


Figura 2.8 – Graniti della Facies di Punta Gomoretta affioranti in prossimità dell'aerogeneratore BAP1.



Figura 2.7 – Graniti della Facies di Punta Gomoretta affioranti in prossimità dell'aerogeneratore BAP2.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 21 di 45	



Figura 2.9 – Granodioriti della Facies di Orune affioranti in prossimità dell'aerogeneratore BAP5.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 22 di 45



Figura 2.10 – Sullo sfondo le filladi e le filladi carboniose di Lula in corrispondenza del sito BAP11.

L’assetto geologico descritto determina anche ottimali condizioni di stabilità gravitativa dei luoghi. In virtù delle modeste pendenze dei tratti di pendio coinvolti non si prevedono particolari problemi di stabilità in fase di realizzazione degli sbancamenti sia per la posa delle opere fondali sia per la realizzazione della nuova viabilità, se non quelli strettamente legati alle altezze dei fronti ed alle caratteristiche litotecniche locali dell’ammasso.

Condizioni di ottimale interazione tra opere e substrato geologico si attendono anche per la realizzazione della “dorsale MT”, per la posa del “cavidotto MT” e per la realizzazione della “sottostazione MT-AT”, della “cabina di smistamento” e per l’“area di trasbordo” in quanto le litologie interessate mostrano caratteri di omogeneità generale analoghi a quanto descritto per l’areale destinato alla posa degli 11 aerogeneratori.

Si riportano di seguito i substrati geologici litificati interagenti con le altre opere previste in progetto.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	 GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 23 di 45

SOTTOSTAZIONE MT-AT	
UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA	DESCRIZIONE
BUDb	<i>Facies Santa Reparata (Unità Intrusiva di Buddusò)</i> Monzograniti equigranulari, a marcata tendenza leucocrata, a grana da media a medio-fine, tessitura orientata (Carbonifero sup. – Permiano).

Tabella 2-2 - Substrato roccioso di appoggio per la sottostazione MT-AT.

DORSALE MT	
UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA	DESCRIZIONE
BUDb	<i>Facies Santa Reparata (Unità Intrusiva di Buddusò)</i> Monzograniti equigranulari, a marcata tendenza leucocrata, a grana da media a medio-fine, tessitura orientata (Carbonifero sup. – Permiano).
OSCa	<i>Facies Punta Gomoretta (Unità Intrusiva di Sos Canales)</i> Graniti a cordierite, andalusite e muscovite, a grana media, inequigranulari, porfirici per rari fenocristalli di kfeldspati biancastri di taglia fino a 3 cm (Carbonifero superiore – Permiano).
mc	Micasisti e paragneiss indifferenziati (Precambriano? – Paleozoico?)
BTUa	<i>Facies Nule (Unità Intrusiva di Benetutti)</i> Granodioriti tonalitiche, biotitiche, a grana medio-grossa, inequigranulari per fenocristalli di kfeldspati biancastri di taglia fino a 12 cm; tessitura orientata. (Carbonifero superiore – Permiano).
fq	Filoni idrotermali a prevalente quarzo, spesso mineralizzati a barite e fluorite, talora anche con solfuri metallici (Pb, Zn, Cu, Fe, etc.. (Carbonifero superiore – Permiano).

Tabella 2-3 - Substrato roccioso di appoggio per la dorsale MT.

AREA TRASBORDO, AREA CANTIERE, CABINA SMISTAMENTO	
UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA	DESCRIZIONE
OSCa	<i>Facies Punta Gomoretta (Unità Intrusiva di Sos Canales)</i> Graniti a cordierite, andalusite e muscovite, a grana media, inequigranulari, porfirici per rari fenocristalli di kfeldspati biancastri di taglia fino a 3 cm (Carbonifero superiore – Permiano).

Tabella 2-4 - Substrato roccioso di appoggio per l'area di trasbordo, della cabina di smistamento e dell'area cantiere.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 24 di 45

CAVIDOTTO MT	
UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA	DESCRIZIONE
BUDb	<i>Facies Santa Reparata (Unità Intrusiva di Buddusò)</i> Monzograniti equigranulari, a marcata tendenza leucocrata, a grana da media a medio-fine, tessitura orientata (Carbonifero sup. – Permiano).
OSCa	<i>Facies Punta Gomoretta (Unità Intrusiva di Sos Canales)</i> Graniti a cordierite, andalusite e muscovite, a grana media, inequigranulari, porfirici per rari fenocristalli di kfeldspati biancastri di taglia fino a 3 cm (Carbonifero superiore – Permiano).
fq	Filoni idrotermali a prevalente quarzo, spesso mineralizzati a barite e fluorite, talora anche con solfuri metallici (Pb, Zn, Cu, Fe, etc..) (Carbonifero superiore – Permiano).
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).

Tabella 2-5 - Substrato roccioso di appoggio per il cavidotto MT.

2.4 Assetto idrogeologico locale

La prevalenza del substrato roccioso cristallino e metamorfico nel settore di intervento ne condiziona significativamente l'assetto idrogeologico in quanto la porosità del substrato litificato risulta essenzialmente di tipo secondario, dovuta cioè alla sola fratturazione nel caso delle rocce metamorfiche foliate (filladi) e per fratturazione ed alterazione per idrolisi nelle rocce granitoidi che produce coltri di arenizzazione più o meno spesse. In ogni caso si tratta di una permeabilità molto blanda e con tempi piuttosto lunghi per la ricarica di eventuali acquiferi sotterranei profondi.

Porosità decisamente maggiore caratterizza invece i depositi olocenici della copertura detritica (alluvio-colluvi ed eluvio-colluvi, detriti di versante) anche se i generalmente ridotti spessori non favoriscono la formazione di accumuli idrici sotterranei degni di nota e in ogni caso stagionali e a carattere freatico. È possibile pertanto individuare due unità idrogeologiche principali:

UI1 Depositi detritico-alluvionali incoerenti [b, b2, a]

UI2 Complesso litologico formato da rocce granitoidi del basamento cristallino intrusivo [OSCa, BTUa, BTUb, BUDb] e metamorfico [LUL, mc] nonchè dal corteo filoniano [fq, fb, mg].

Dall'analisi effettuata su base cartografica e da letteratura, e limitatamente al settore nel quale è prevista la messa in opera degli 11 aerogeneratori, le sorgenti alimentate dall'unità idrogeologica metamorfico-cristallina sono risultate piuttosto numerose anche se nessuna di esse spicca per valori di portata importanti o per essere stata segnalata in modo specifico nella CTR.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.L.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 25 di 45

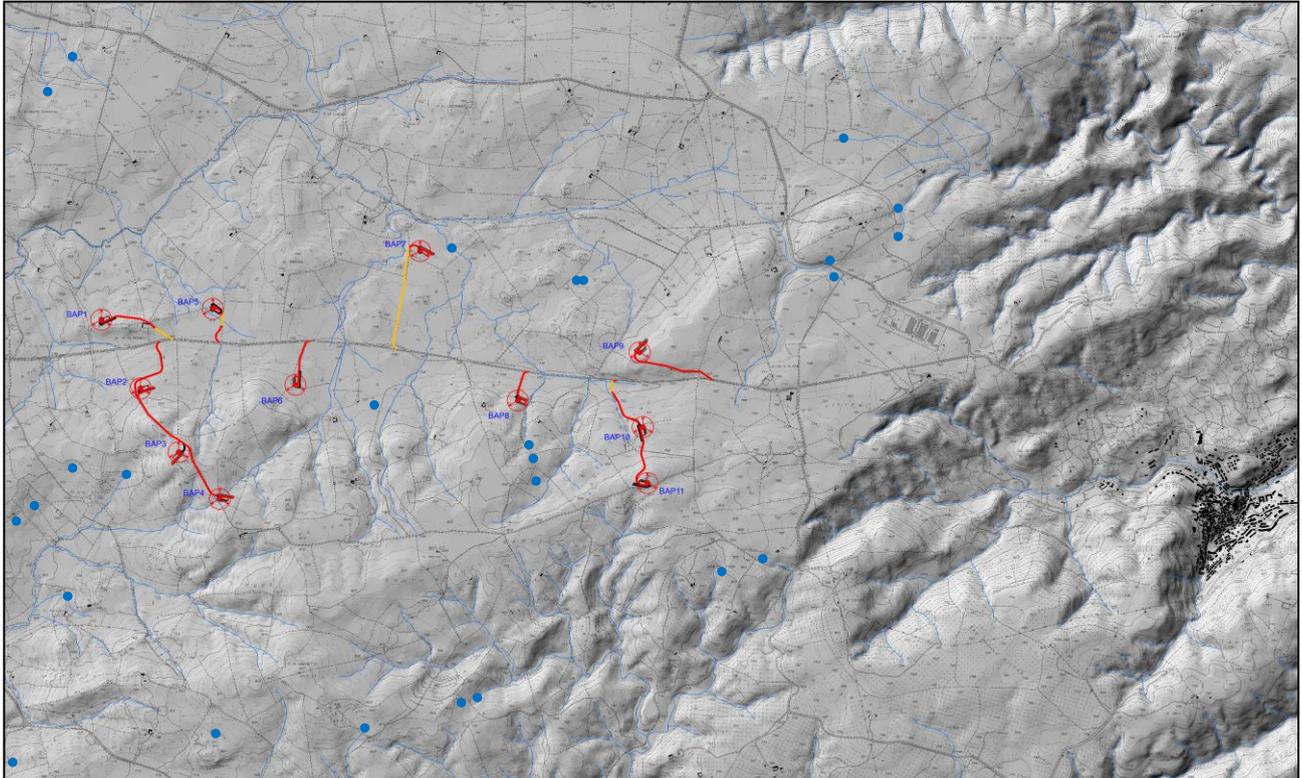


Figura 2.11 – Assetto idrografico di un idoneo contorno del settore di intervento con indicazione della posizione degli 11 aerogeneratori. I pallini blu indicano le principali sorgenti conosciute, ricavate dall'analisi della cartografia CTR (fuori scala).

Si osserva una maggior frequenza di manifestazioni sorgentizie nell'ambito di affioramento delle rocce intrusive [**OSCa** e **BTUb**] in virtù della maggiore diffusione di facies di alterazione con arenizzazione delle rocce granitoidi mentre laddove predominano le rocce filladiche [**LUL**], la possibilità di accumulo sotterraneo delle acque meteoriche è determinata quasi esclusivamente dalle molteplici discontinuità tettoniche. Al momento non si hanno dati sulle portate ma si presuppone che esse siano molto basse e per lo più a regime stagionale.

Visti gli esili spessori e i caratteri di discontinuità della copertura detritica olocenica, si esclude anche la possibilità di formazione di accumuli idrici di tipo freatico degni di nota se non quelli strettamente legati alla infiltrazione delle acque zenitali in occasione di precipitazioni abbondanti e laddove le condizioni morfologiche consentono particolari presupposti favorevoli all'accumulo (ad esempio in località Tiddricche, a est dell'aerogeneratore BAP6).

Dalle informazioni ricavate e alla luce delle posizioni per lo più elevate o su pendio poco acclive degli aerogeneratori si può quindi escludere in linea di massima la presenza di una circolazione idrica sotterranea perlomeno alle profondità previste in progetto per la realizzazione delle opere fondali, ritenendo poco probabile che la realizzazione degli scavi e degli sbancamenti possa intercettare flussi idrici degni di nota interni all'ammasso roccioso.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 26 di 45	

Non si esclude altresì la possibilità di una circolazione idrica più profonda, in particolare entro l'ammasso roccioso granitoide, favorita dai fenomeni di arenizzazione più o meno spinti e da particolari condizioni del reticolo di discontinuità (es: intersezione tra fasce di fratturazione molto fitta o faglie estensionali). Tali falde idriche, intercettabili mediante pozzo trivellato, si ritiene siano di difficile estrazione a causa della ridotta trasmissività degli acquiferi rocciosi.

Le considerazioni generali suddette sono ampiamente estrapolabili anche ai contesti di intervento relativi alla dorsale MT, al cavidotto MT ed alle opere strutturali e manufatti ad essi associate.

Approfondimenti in merito sono previsti in fase progettuale esecutiva, al momento dell'attivazione della campagna di indagine geognostica.

2.5 Assetto morfologico ed idrografico

Poiché l'areale interessato dall'intervento complessivo è molto ampio in quanto interessa i territori di tre comuni (Bitti, Osidda e Buddusò) si propone nella Figura 2.13 una rappresentazione dell'assetto orografico e idrografico d'insieme al fine di una prima valutazione della interazione delle opere previste in progetto con il territorio. Le quote massime, si attestano infatti attorno agli 850 m circa (857 m a Punta Gomoretta e 835 m a Punta zia Garoli, rispettivamente a sud e a nord dell'area di interesse) mentre l'escursione altimetrica delle opere è compresa tra gli 822 m (quota max della Dorsale MT) e i 649 m (Area di Trasbordo).

Particolare interesse merita l'interazione tra il reticolo di drenaggio (linee gialle in Figura 2.13) e le opere lineari che per lo più risultano su dorsale morfologica. Tale reticolo infatti, a carattere torrentizio e stagionale e di tipo dendritico sebbene influenzato da elementi strutturali, viene intercettato in 4 punti dalla dorsale MT e in tre dal cavidotto MT e tali attraversamenti verranno adeguatamente analizzati in fase di sviluppo del progetto esecutivo.

Per quanto riguarda il parco eolico con gli 11 aerogeneratori esso interessa una fascia di circa 5,00 km di lunghezza in direzione est-ovest e di circa 2,00 km di larghezza avendo come asse longitudinale il tracciato della S.P. n. 40 che si sviluppa trasversalmente al pendio in sinistra idraulica della vallata del *Rio di San Giovanni*, appartenente al bacino idrografico del *Fiume Tirso*. La linea spartiacque che delimita verso sud l'area di intervento, è rappresentata da rilievi collinari ben modellati in sommità che vedono in *Punta Gomoretta* la quota maggiore (857 m).

Il reticolo di drenaggio, afferente al *Rio di San Giovanni* ed a carattere essenzialmente torrentizio, incide le proprie valli in modo quasi mai deciso, ad esclusione dei settori a maggior quota ove le pendenze risultano sufficienti per l'innescò di una attività morfodinamica degna di nota in un contesto nel quale l'attività antropica ha quasi totalmente alterato la naturale coltre vegetale arborea e arbustiva. La principale caratteristica del paesaggio risulta infatti la diffusa presenza di aree agricole utilizzate come seminativo e a pascolo associate ad altre nelle quali sono presenti i residui della originaria vegetazione a latifoglie (sughere prevalenti).

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 27 di 45

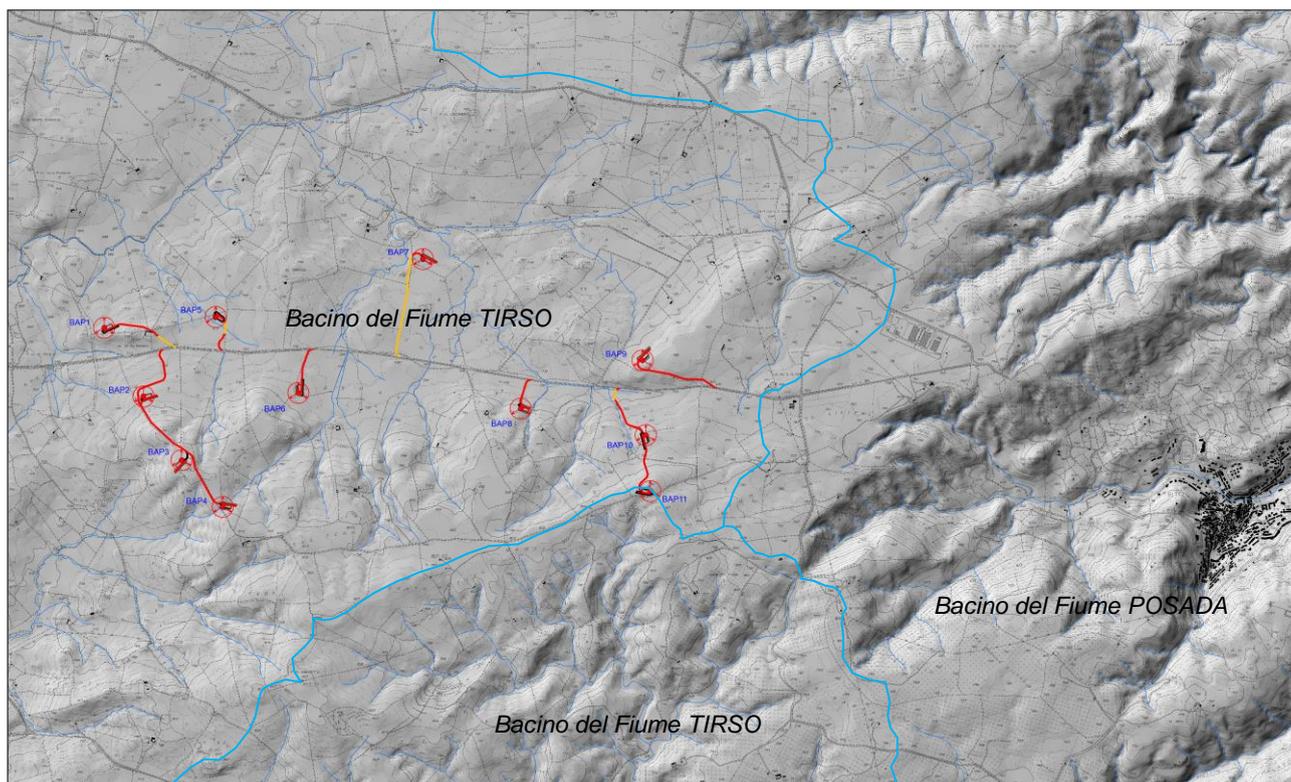


Figura 2.12 – Assetto orografico e idrografico di un idoneo contorno del settore interessato dalla costruzione degli aerogeneratori. La linea celeste indica i principali spartiacque della rete drenante naturale dei fiumi Posada e Tirsu. La sovrapposizione della CTR in scala 1:10.000 con il DTM passo 10 m della RAS consente di visualizzare la sostanziale regolarità morfologica del settore di intervento.

Fatto salvo questo assetto al contorno, gli areali di intervento (siti di posa degli aerogeneratori e nuova viabilità di collegamento) risultano posizionati sempre nella parte più elevata rispetto alle testate delle vallecole secondarie o in posizione marginale rispetto agli assi di drenaggio, tale da non generare alcuna interferenza con la rete di scorrimento superficiale delle acque ruscellanti.

Nonostante le altimetrie montane (variabili tra i 700 m circa del fondovalle del *Rio di San Giovanni* e gli 857 m di *Punta Gomoretta*), dell'esposizione agli agenti idrometeorici estremi e della predisposizione delle litologie metamorfiche all'alterazione nella loro parte corticale con produzione di una coltre detritica discontinua di spessore submetrico, non sono state ravvisate condizioni morfodinamiche favorevoli allo sviluppo di franosità o dissesti di tipo gravitativo. Si segnalano solo locali fenomeni di erosione superficiale a solchi come conseguenza di lavorazioni agricole errate (arature a "rittochino") in areali con pendenze moderate e/o elevate.

L'attività morfodinamica più intensa si concentra soprattutto a est dell'area di intervento, per effetto dell'erosione regressiva del reticolo del *Rio Posada* (vedasi settore al contorno dell'abitato di Bitti) che determina un netto approfondimento dei fondovalle, un aumento delle pendenze dei versanti e una morfologia decisamente più aspra rispetto all'adiacente altopiano, con alvei incassati e formanti stretti meandri.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 28 di 45

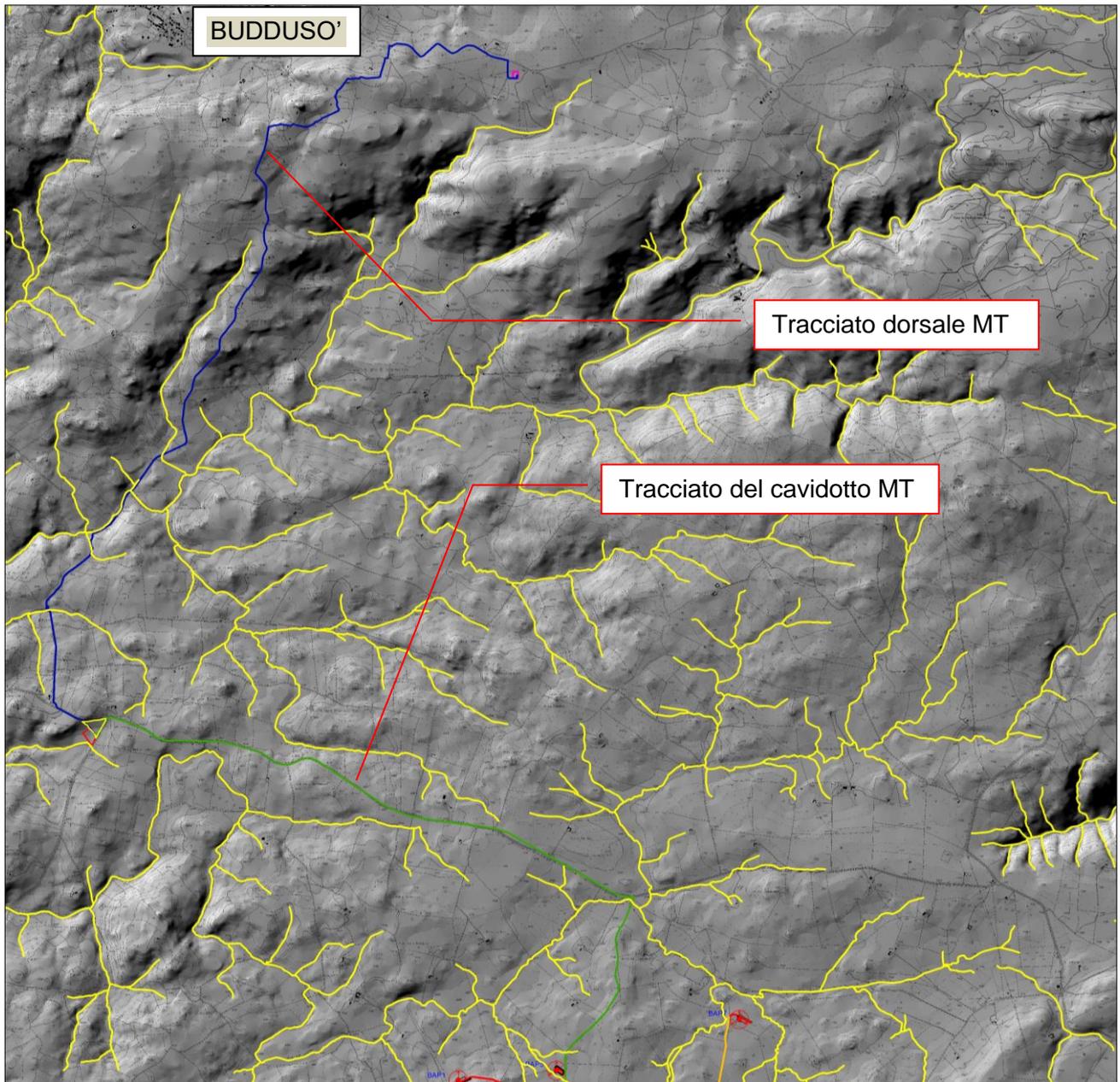


Figura 2.13 – Assetto orografico e idrografico (linee gialle) del settore di intervento interessato dalla dorsale MT (linea blu), cavidotto MT (linea verde) e relativi impianti in scala circa 1:60.000. La sovrapposizione della CTR in scala 1:10.000 con il DTM passo 10 m della RAS, consente di visualizzare la sostanziale regolarità morfologica del settore di intervento che solo nella fascia più settentrionale tende a dar luogo a forme più marcate.

2.6 Uso del suolo

La conformazione morfologica del settore di intervento, nonostante le quote alto-collinari e submontane, vede estese superfici subpianeggianti o in debole pendenza, che hanno favorito un importante utilizzo antropico dei luoghi.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 29 di 45	

In particolare, l'intenso sfruttamento agricolo avvenuto in passato (soprattutto gli ultimi secoli ma tutt'ora in atto) ha notevolmente condizionato la conservazione della copertura vegetale originaria: infatti, pur essendo ancora presenti limitati areali nei quali viene preservato il bosco a latifoglie (soprattutto nei versanti delle valli molto incise del locale reticolo idrografico), per il resto l'impronta dell'uomo ha segnato in modo sostanziale e talora irreversibile l'attuale utilizzo del suolo ai fini soprattutto agropastorali, insediativi e di sfruttamento del bosco di sughera. Accanto alle sugherete, che rappresentano rilevante fonte economica locale e spesso utilizzate come pascolo o per locali coltivazioni negli spazi tra le piante, risulta evidente l'utilizzo dei suoli agricoli locali (in genere piuttosto poveri e di spessore limitato) per coltivazioni foraggere non irrigue, associate ad aree a pascolo e altre coltivazioni promiscue.

Altre aree vegetate con specie autoctone costituiscono ciò che rimane della originaria copertura, variamente degradata da incendi, sovra-pascolo, disboscamenti e decespugliamenti, solo localmente in fase di lenta ricrescita.

In questo quadro generale, è stata prodotta una Carta dell'Uso del Suolo quale stralcio di predisposta dalla R.A.S. (2008) sulla base delle Linee Guida del progetto *Corine Land Cover*. Le classi d'uso che contraddistinguono il territorio in studio sono richiamate in Tabella 2-6.

Come si evince dalla cartografia in Figura 2.14, le classi d'uso direttamente interagenti con le opere in programma sono:

IMPIANTO EOLICO

- ⇒ 2111 "seminativi in aree non irrigue"
- ⇒ 2112 "prati artificiali"

DORSALE MT

- ⇒ 2111 "seminativi in aree non irrigue"
- ⇒ 2112 "prati artificiali"
- ⇒ 243 "Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti"
- ⇒ 311 "Bosco di latifoglie"
- ⇒ 31122 "Sugherete"
- ⇒ 321 "Aree a pascolo naturale"
- ⇒ 3231 "Macchia mediterranea"
- ⇒ 3232 "Gariga"
- ⇒ 3241 "Aree a ricolonizzazione naturale"

SOTTOSTAZIONE MT-AT

- ⇒ 3231 "Macchia mediterranea"

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	 GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 30 di 45	

AREA CANTIERE, AREA TRASBORDO, CABINA DI SMISTAMENTO

⇒ 2111 "seminativi in aree non irrigue"

CAVIDOTTO MT

⇒ 2111 "seminativi in aree non irrigue"

⇒ 2112 "prati artificiali"

⇒ 2413 "Colture temporanee associate a colture permanenti"

⇒ 3111 "Bosco di latifoglie"

⇒ 31122 "Sugherete"

⇒ 321 "Aree a pascolo naturale"

CLASSI	USO DEL SUOLO DEL SETTORE DI INTERVENTO - DESCRIZIONE
1111	Tessuto residenziale compatto e denso
1112	Tessuto residenziale rado
1121	Tessuto residenziale rado e nucleiforme
1122	Fabbricati rurali
1211	Insedamenti industriali/artigianali e commerciali e spazi annessi
1212	Insedamento di grandi impianti di servizi
131	Aree estrattive
133	Cantieri
222	Frutteti e frutti minori
242	Sistemi particellari complessi
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti
244	Prati artificiali
321	Aree a pascolo naturale
333	Aree con vegetazione rada
1421	Aree ricreative e sportive
2111	Seminativi in aree non irrigue
2112	Prati artificiali
2413	Colture temporanee associate a colture permanenti
3111	Bosco di latifoglie
3122	Arboricoltura con essenze forestali di conifere
3231	Macchia mediterranea
3232	Gariga
3241	Aree a ricolonizzazione naturale
3242	Aree a ricolonizzazione artificiale
5122	Bacini artificiali
31122	Sugherete

Tabella 2-6 - Legenda della Carta dell'Uso del suolo del settore di intervento con indicazione dei codici rappresentativi delle classi d'uso delle aree interagenti con gli impianti e relativa descrizione sintetica.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.L.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 31 di 45

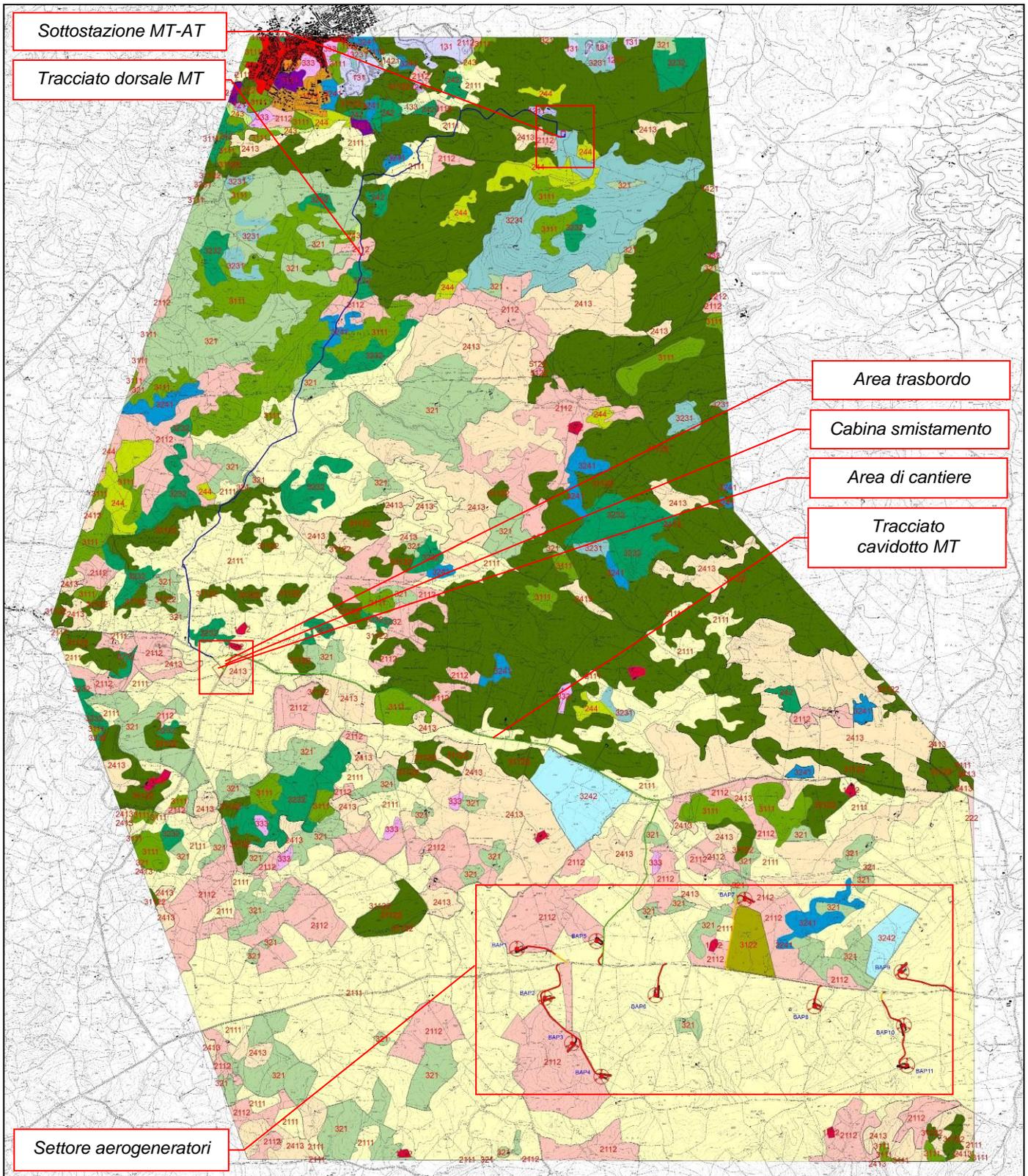


Figura 2.14 – Cartografia di inquadramento dell’Uso del Suolo del settore di intervento in scala circa 1:55.000 (Fonte dei dati: <http://www.sardegnaigeoportale.it/webgis2/sardegna-mappe/?map=pai>. Per la legenda si rimanda alla Tabella 2-6.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 32 di 45	

2.7 Sismicità dell'area

La bassa sismicità della Sardegna è nota, in virtù della generale stabilità del blocco sardo-corso negli ultimi 7 m.a. L'attività tettonica viene pertanto considerata molto bassa o quiescente e generalmente non si rilevano deformazioni significative nel corso del tardo Quaternario (Pleistocene superiore ed Olocene) se non quelle dovute a fenomeni di subsidenza.

Dai dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04, consultabili dal sito web "DBMI04", per l'Isola non sono segnalati eventi sismici significativi, al massimo del VI grado della scala Mercalli. Si porta ad esempio il terremoto del 04.06.1616 che determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius.

Terremoti degni di nota (oltre ai primi registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli anni 1838 e 1870 rispettivamente del VI e V grado della scala Mercalli) risalgono al 1948 (epicentro nel Canale di Sardegna, verso la Tunisia, VI grado) e al 1960 (V grado), con epicentro i dintorni di Tempio).

Degno di attenzione è sicuramente anche quello avvertito nel cagliaritano il 30.08.1977 provocato dal vulcano sottomarino Quirino mentre, più recentemente (03.03.2001) è stato registrato un sisma di magnitudo 3,3 Richter (IV grado scala Mercalli) nella costa di San Teodoro ed un sisma di analoga magnitudo il 09.11.2010, nella costa NW dell'Isola. Altri episodi, con epicentro nel settore a mare poco a ovest della Corsica e della Sardegna, sono stati registrati nel 2011 con magnitudo compresa tra 2,1 e 5,3 de ipocentro a profondità tra 11 km e circa 40 km di profondità.

Si segnalano altri terremoti tra il 2006 e il 2007 nel Medio Campidano seppure di magnitudo mai superiore e 2,7 (13.07.2006, magnitudo 2,7 a 10 km di profondità con epicentro Capoterra; 23.05.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro Pabillonis; 02.10.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro tra Pabillonis e Guspini).

2.8 Classificazione sismica

Il panorama legislativo in materia sismica è stato rivisitato dalle recenti normative nazionali ovvero dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 «*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*» entrata in vigore dal 25.10.2005, in concomitanza con la pubblicazione della prima stesura delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" e dalla successiva O.P.C.M. n. 3519/2006.

In relazione alla pericolosità sismica - espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi - il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone con livelli decrescenti di pericolosità in funzione di altrettanti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo (a_{g475}), ossia quella riferita al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% attribuiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s alle quali si applicano norme tecniche differenti le costruzioni.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 33 di 45

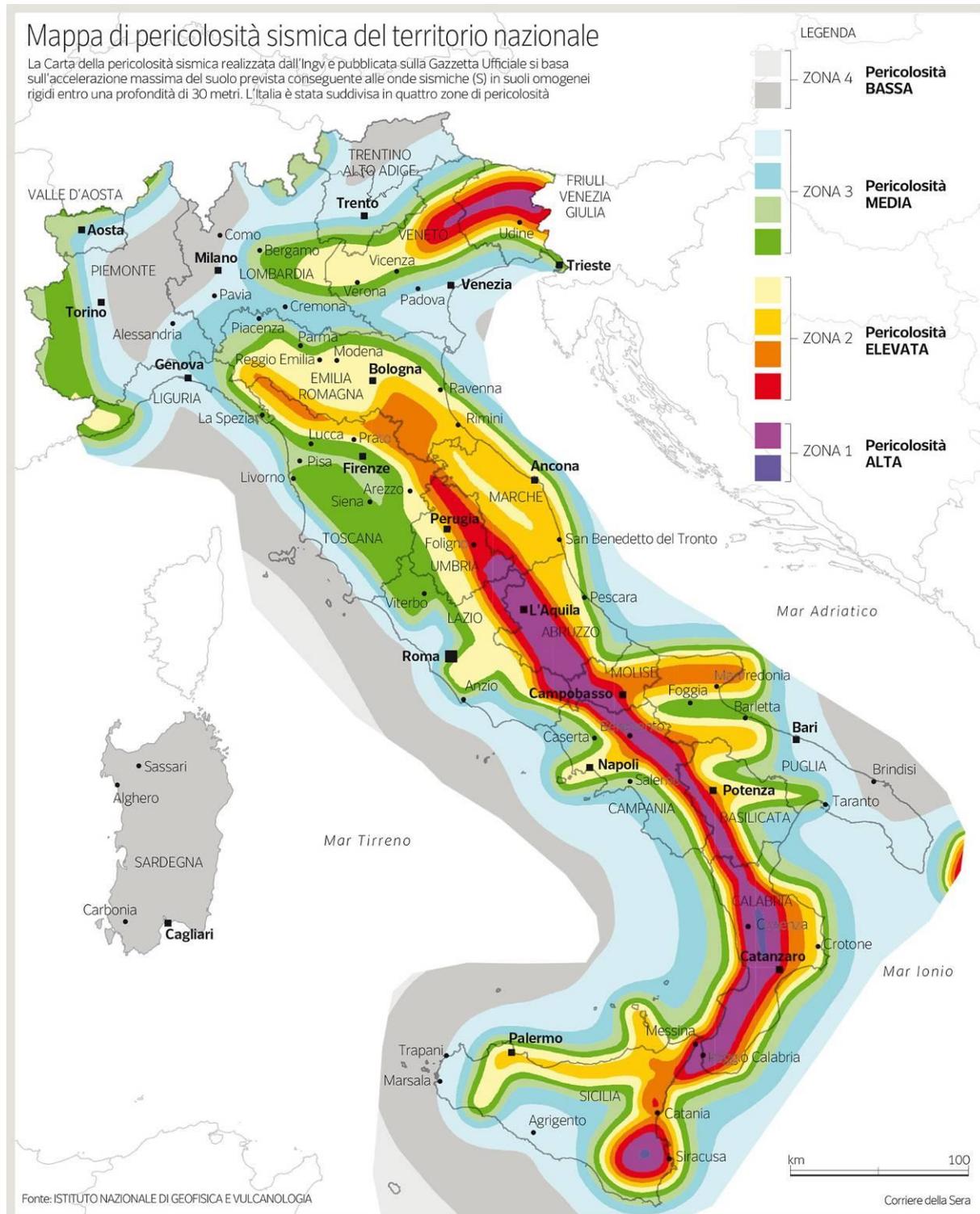


Figura 2.15 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata (INGV 2018).

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 34 di 45

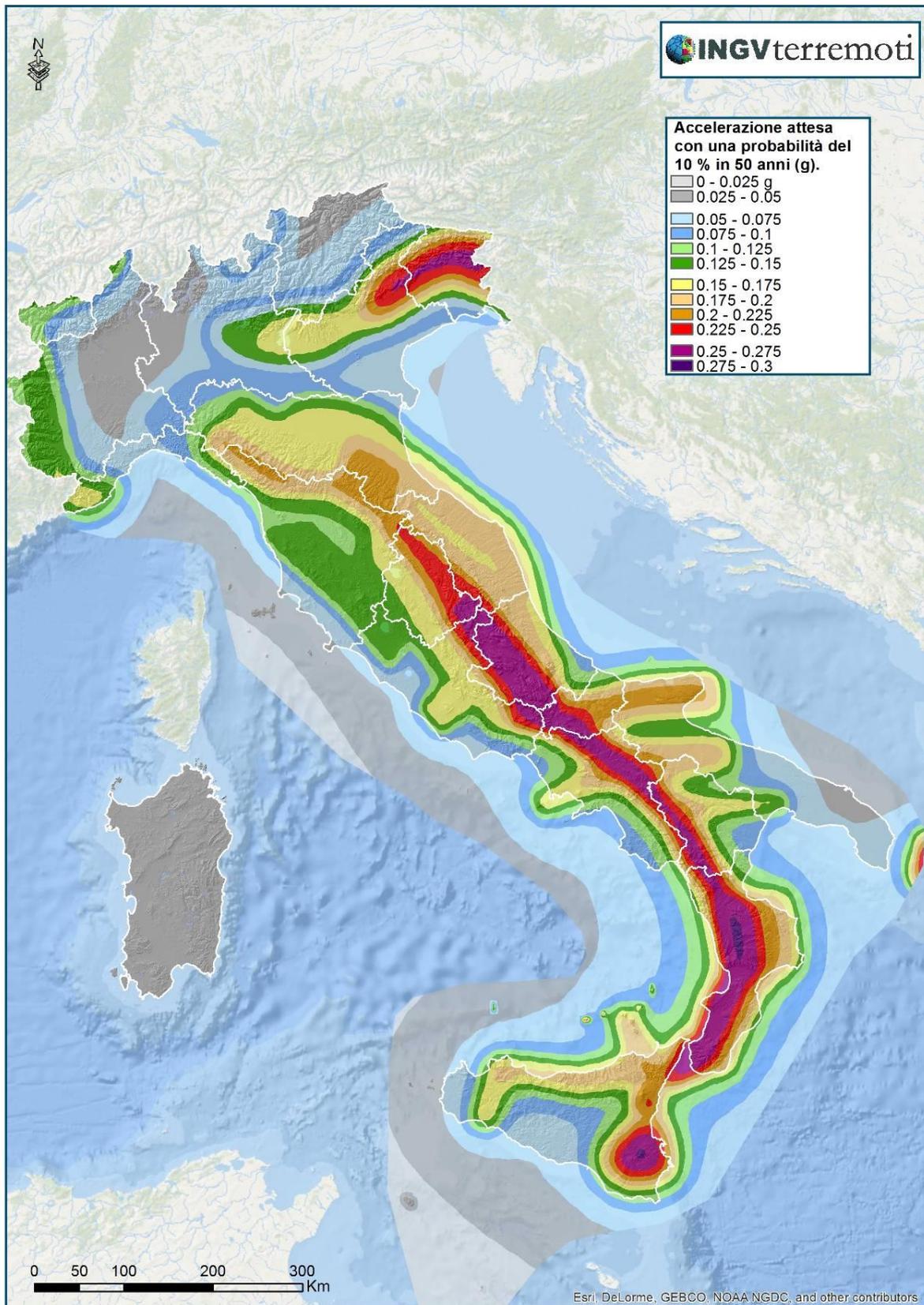


Figura 2.16 – Mappa dell’accelerazione attesa con una probabilità del 10% in 50 anni (INGV 2018).

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 35 di 45	

La classificazione sismica del territorio nazionale è rappresentata in Figura 2.15.

L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di ag_{475} con una tolleranza 0,025g (Figura 2.16): a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag), che deve essere considerato in sede di progettazione.

Tutto il territorio regionale ricade in **Zona 4**, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa ed al parametro **ag** è assegnato un valore di **0,025÷0,05 g** da adottare nella progettazione. Pur tuttavia, con la ratifica delle Norme Tecniche per le Costruzioni avvenuta con l'aggiornamento del 17.01.2018, anche in questo ambito per le verifiche geotecniche è obbligatorio l'utilizzo del metodo delle tensioni limite.

Per quanto riguarda la massima intensità macrosismica I_{max} (che rappresenta una misura degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente) si fa riferimento alla classificazione del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti (G.N.D.T.).

Per i comuni della Sardegna, così come per quelli ove si segnalano intensità massime molto basse o non esiste alcun dato osservato, è stato assegnato un valore "ponderato" di intensità (**I_{max}/pon**), stimato per estrapolazione dai valori osservati nei comuni limitrofi oppure calcolando un risentimento massimo a partire dal catalogo NT.3 mediante opportune leggi di attenuazione. Dei 375 comuni della Sardegna, meno del 5% ha comunicato al G.N.D.T. i dati relativi all'intensità macrosismica MCS: in ogni caso, nella totalità delle rilevazioni, i valori sono risultati minori di 6.

2.9 Categoria di sottosuolo

Per la valutazione delle azioni sismiche di progetto, ai sensi del D.M. del 1701.2018, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto nel suolo superficiale. Per tale motivo si esegue una classificazione dei terreni compresi fra il piano di campagna ed il "bedrock" attraverso la stima delle velocità medie delle onde di taglio (V_s).

Con l'approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alla configurazione stratigrafica ed i valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

essendo: h_i = spessore dello strato i -esimo,

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato,

N = numero di strati,

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 36 di 45	

terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali alla testa dei pali.

Per depositi con profondità del substrato > 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S_{eq}}$ è definita dal parametro $V_{S_{30}}$ ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Alla luce di quanto, ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le «*Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*», un sito può essere classificato attraverso il valore delle $V_{S_{eq}}$ con l'appartenenza alle differenti categorie sismiche; ovvero:

- A]** ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m;
- B]** rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- C]** depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s;
- D]** depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;
- E]** Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Seppur senza il conforto di riscontri sperimentali diretti se non riferibili a contesti geologici analoghi, la presenza del substrato roccioso sub affiorante o sotto copertura di uno strato detritico di spessore sub metrico consente, cautelativamente, di adottare una **categoria di sottosuolo di tipo "A"** ovvero « **Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m** ».

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 37 di 45

3 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

3.1 Pericolosità idraulica

Con deliberazione del 30.10.1990 n. 45/57, la Giunta Regionale ha suddiviso il Bacino Unico Regionale in Sub-Bacini, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque) redatto nel 1987.

Ciascuno dei sub-bacini, è caratterizzato in grande da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche ma anche da forti differenze di estensione territoriale.

Sulla base di questa suddivisione, il territorio comunale di Bitti è ricompreso nel sub-bacino 5 "Posada-Cedrino".

In data 11.03.2005 è stato pubblicato sul B.U.R.A.S. il Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici 21.02.2005 n. 3 con il quale è stata resa esecutiva la Deliberazione n. 54/33 assunta in data 30.12.2004 dalla Giunta Regionale, in qualità di Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino. Con tale deliberazione è stato adottato il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

Con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 21 dicembre 2007 sono state approvate le procedure di adozione e approvazione dello studio denominato «*Approfondimento e studio di dettaglio del quadro conoscitivo dei fenomeni di dissesto idrogeologico nei sub-bacini Posada-Cedrino e Sud-orientale. Piano di Coordinamento degli interventi necessari al riassetto idrogeologico nelle aree colpite dagli eventi alluvionali*» redatto dal Centro Interdipartimentale di Ingegneria e Scienze Ambientali (CINSA) dell'Università degli Studi di Cagliari quale variante al PAI.

La variante al Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) relativa al sub-bacino Posada-Cedrino è stata adottata preliminarmente dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con deliberazione n. 4 del 21/12/2007 ed in via definitiva con deliberazione n. 2 del 25.02.2010.

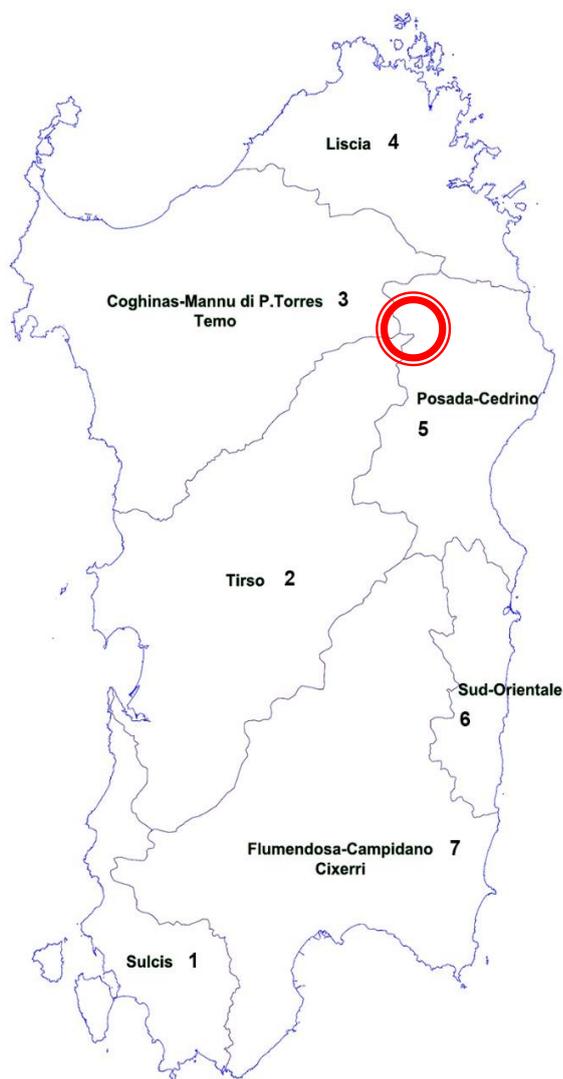


Figura 3.1 – Suddivisione del bacino Unico della Sardegna nei 7 sub-bacini.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 38 di 45

3.2 Pericolosità da frana

La vigente perimetrazione del Piano di Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Posada risulta quella adottata in via definitiva dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino con deliberazione n. 2 del 25.02.2010. L’attuale situazione della pericolosità da frana del settore al contorno dell’areale interessato dalle opere vede pertanto ancora la presenza di ampie zone di territorio non censite e altre ricadenti in livelli di pericolosità moderata (Hg1), media (Hg2), elevata (Hg3) e molto elevata (Hg4). In attesa di uno studio di assetto idrogeologico ai sensi dell’art. 8 comma 2 del territorio comunale di Bitti, nonché di quello dei comuni di Osidda e di Buddusò e la conseguente procedura di variante ai sensi dell’art. 37 delle Norme di Attuazione del PAI, si terrà conto dei vigenti livelli di pericolosità per l’analisi dello stato attuale dei luoghi.

Nel caso in cui le verifiche di dettaglio previste per la fase progettuale definitiva dovessero mettere in evidenza condizioni morfodinamiche puntuali potenzialmente capaci di interagire negativamente con le opere in progetto, verranno definite opportunamente anche le eventuali contromisure atte ad evitare qualsiasi problema sia in fase di esecuzione dei lavori sia in fase di esercizio degli impianti.

Nelle figure che seguono vengono messe in evidenza le sole aree di progetto interagenti con le vigenti perimetrazioni PAI.

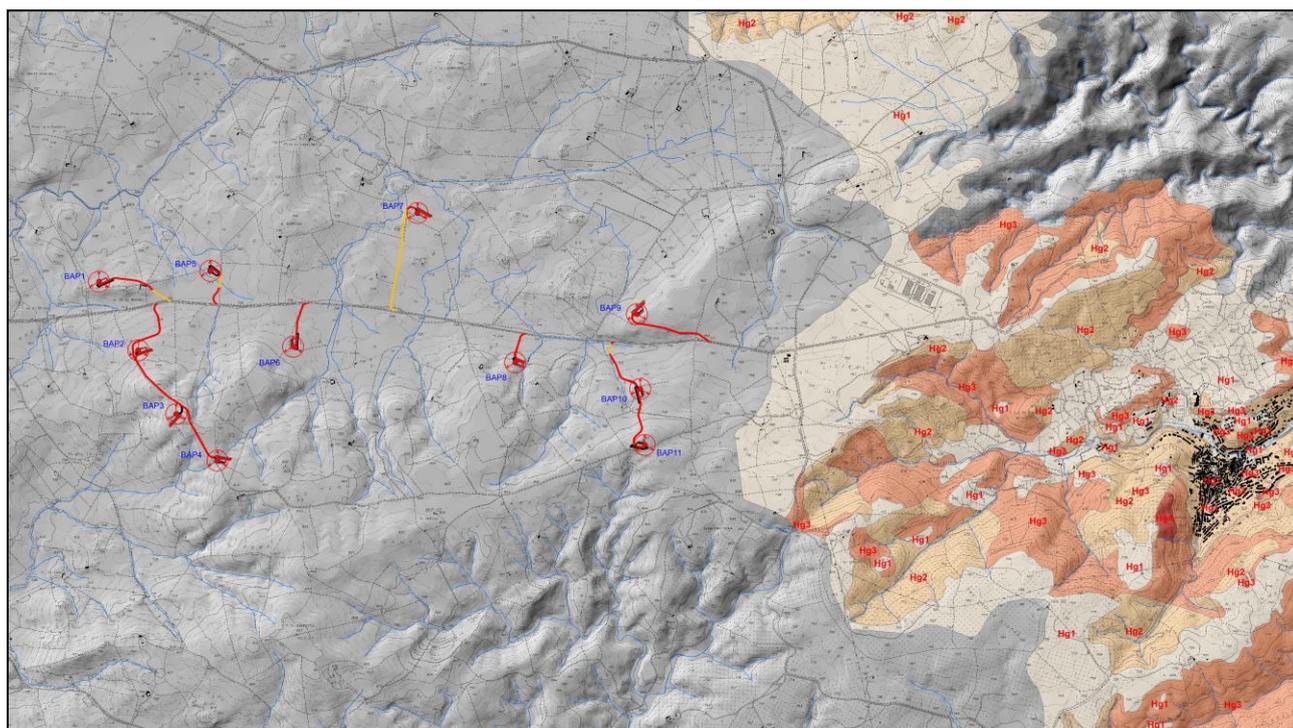


Figura 3.2 – Distribuzione delle aree a pericolosità da frana riportate nella cartografia ufficiale, dalla quale si evince che nessuno degli 11 aerogeneratori ricade in aree perimetrale nel PAI (fuori scala).

Fonte della cartografia: <http://www.sardegnameoportale.it/webgis2/sardegnameo/?map>.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	GREEN ENERGY SARDEGNA 2 S.r.l.	OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 39 di 45

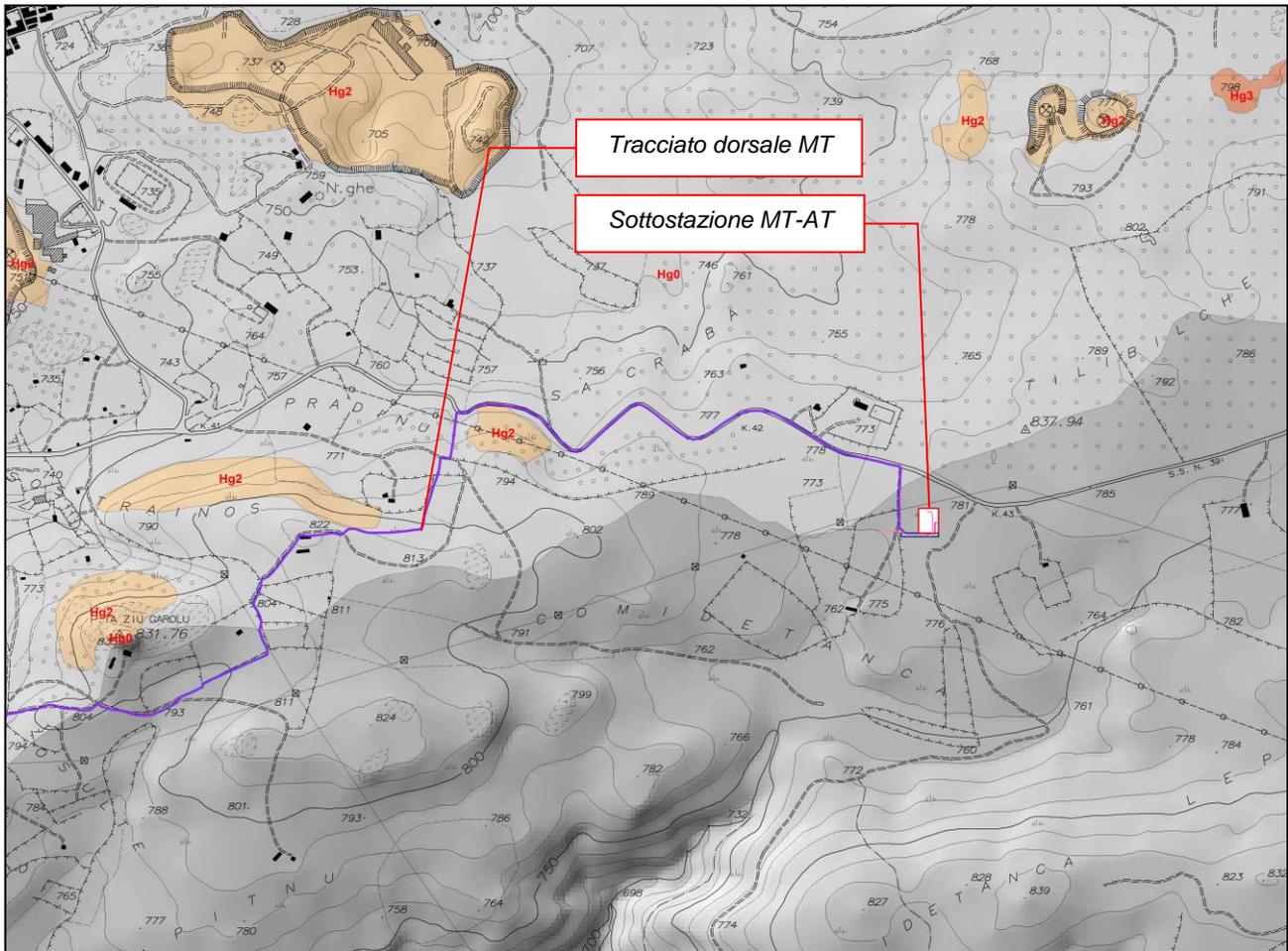


Figura 3.3 – Distribuzione delle aree a pericolosità da frana riportate nella cartografia ufficiale, dalla quale si evince che il sedime della sottostazione MT-AT ricade in zona non censita mentre una parte della dorsale MT attraversa aree ricadenti in Hg0, lambendo un piccolo areale Hg2 in località Pradinu.
Fonte dati: <http://www.sardegnaeoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map..>, scala circa 1:10.000.

3.3 Pericolosità da inondazione

Le cartografie ufficiali di cui al Piano di Assetto Idrogeologico vigente, al Piano Gestione e Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) ed al Piano delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) non indicano alcuna criticità per gli aerogeneratori in progetto e per le altre opere previste in progetto in virtù della loro posizione planoaltimetrica non suscettibile ad eventi alluvionali (esondazioni, allagamenti con ristagni) e di lontananza dal reticolo idrografico maggiore.

In ragione di quanto e della posizione marginale rispetto al deflusso delle acque di ruscellamento concentrate, non si ravvisano pertanto elementi predisponenti a condizioni di pericolosità idraulica.

3.4 Pericolosità sismica

La bassa sismicità dell'Isola fa escludere elementi di pericolosità sismica che possano compromettere l'integrità e la fruibilità dell'opera in progetto.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 40 di 45	

3.5 Pericolosità idrogeologica

L'assetto geologico del settore interessato dalla realizzazione degli 11 aerogeneratori è condizionato dalla presenza di un substrato roccioso sostanzialmente poco permeabile e da una coltre detritica prevalentemente colluviale di spessore poco significativo, non favorevole alla formazione di una circolazione idrica sotterranea a carattere freatico.

Altri flussi idrici sotterranei possono impostarsi entro gli ammassi rocciosi ma a profondità decisamente maggiori rispetto alle quote direttamente influenzate dalle opere di fondazione per cui non si prevedono interazioni di quest'ultima con le opere in progetto non in casi di eccezionalità non rilevati nello sviluppo della presente analisi.

Per le stesse ragioni non sussistono i presupposti affinché l'opera in progetto possa influenzare in qualche modo le caratteristiche qualitative o idrodinamiche delle acque sotterranee.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 41 di 45	

4 MODELLO GEOTECNICO

Richiamando quanto esposto nel capitolo dedicato alla modellazione geologica, vista l'ampiezza del settore di intervento più significativo per quanto concerne l'interazione opere/terreno (circa 10 km²) con gli impianti accorpati e distribuiti al contorno di un asse coincidente con la S.P. 40, si ritiene utile analizzare preliminarmente anche gli aspetti geotecnici limitatamente alle zone di imposta degli aerogeneratori che costituiscono le opere di maggior impatto sul sottosuolo.

La semplicità dell'assetto litostatico dei luoghi precedentemente descritto facilita questa prima valutazione in quanto, sostanzialmente, è possibile elaborare una stratigrafia litotecnica con tre distinte unità litologiche che hanno diretto riferimento con quelle definite nella modellazione geologica.

Non essendo stato possibile al momento eseguire alcuna campagna di indagine diretta, la caratterizzazione litotecnica viene effettuata, in via preliminare e cautelativa, sulla base di dati provenienti da letteratura tecnica coadiuvate da informazioni estrapolate da indagini pregresse svolte in contesti geologici analoghi.

Si propone pertanto la seguente stratigrafia litotecnica indicativa che assume valore per tutti gli 11 aerogeneratori e che può ragionevolmente essere estrapolata a tutti gli altri interventi "minori" che costituiscono l'opera nel suo insieme.

Unità A – Suoli detritici eluvio-colluviali, a granulometria sabbio-limosa, con grado di pedogenesi variabile, incoerenti, da poco a moderatamente addensati, di spessore medio pari a 0,50 m.

I parametri geotecnici associabili in via cautelativa sono:

- Peso di volume naturale $\gamma = 17,00 \div 17,50 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi' = 27 \div 28^\circ$
- Coesione efficace $c' = 0,00 \div 0,10 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico $E_{el} = 80 \div 100 \text{ daN/cm}^2$

Unità B – Coltre di alterazione eluviale \pm spinta del substrato roccioso (metamorfico e/o cristallino), in genere consistente, di spessore variabile tra 0,50 m e 1,00 m, con caratteristiche litotecniche che aumentano gradualmente con la profondità.

I parametri geotecnici associabili in via cautelativa sono:

- Peso di volume naturale $\gamma = 18,00 \div 18,50 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi' = 30 \div 32^\circ$
- Coesione efficace $c' = 0,10 \div 0,20 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico $E_{el} = 200 \div 250 \text{ daN/cm}^2$

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 42 di 45	

Unità C - Roccia in posto, sia in facies metamorfica (filladi) sia in facies intrusiva (graniti e granodioriti), interessata da più sistemi di giunti variamente orientati e inclinati e talora da layering sia primario sia secondario o/o fissilità più o meno marcata e da fenomeni di alterazione in genere blandi.

I parametri geotecnici associabili in via cautelativa sono:

- Peso di volume naturale $\gamma = 20,00 \div 21,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi' = 32 \div 36^\circ$
- Coesione efficace $c' = 0,10 \div 0,20 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico $E_{el} = 350 \div 450 \text{ Mpa}$

4.1 Stima della capacità portante dei terreni di fondazione e della stabilità dei fronti di scavo

Sulla base di quanto esposto, tutte le strutture di fondazione degli aerogeneratori andranno a poggiare sul substrato roccioso in facies litotecnica C.

Fermo restando la necessità di supportare le valutazioni in questa sede con i dati provenienti dalle indagini geognostiche puntuali eseguite ad hoc, orientativamente si possono assumere valori di capacità portante dell'ordine di **2,5 daN/cm²**, senza che si manifestino cedimenti di entità apprezzabile o comunque pregiudizievoli per la stabilità delle strutture in progetto.

Giudizio sostanzialmente positivo viene dato anche per la stabilità dei fronti di scavo verticali nella ipotesi che gli stessi risultino di altezza non superiore ai 2,00 m con la sola precauzione di conformare la parte sommitale costituita dallo strato detritico superficiale (suolo colluviale + quello di forte alterazione, se presente) con un angolo di scarpa non superiore ai 35°.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 43 di 45	

5 CONCLUSIONI

Dagli elementi esaminati, l'assetto geologico del settore territoriale nel quale si prevede la realizzazione dell'impianto eolico in progetto, si caratterizza per la predominanza di substrati rocciosi sia in facies metamorfica [*Filladi di Lula - LUL*] sia cristallina intrusiva (graniti e grano dioriti delle unità intrusive **OSCa** [*Unità di Sos Canales – Facies di Punta Gomoretta*] e **BTUb** [*Unità di Benetutti – Facies di Orune*] interessati nel primo metro corticale da fenomeni più o meno spinti di alterazione eluviale e da detensionamento e ricoperti da una coltre detritica eluvio-colluviale e di versante discontinua e di spessore sub-metrico.

Questa configurazione litostratigrafica consente di prevedere l'appoggio diretto delle opere fondali degli aerogeneratori su substrato roccioso dotato di elevate caratteristiche di resistenza al taglio e di rigidità tali da evitare qualsiasi condizione di instabilità dell'insieme opera-terreno nel tempo.

Analogamente, la diffusa presenza di substrati del complesso metamorfico e cristallino paleozoico [**OSCa, BTUa, BTUb, BUDb, mc, fq**] anche nel settore più a nord e nord ovest (verso i territori di Osidda e di Buddusò), dove si svilupperanno i tracciati sia della dorsale MT e del cavidotto MT e sui quali si prevede la realizzazione della sottostazione MT/AT e dell'area destinata al collegamento tra dorsale e cavidotto MT (area trasbordo, cabina smistamento e area cantiere), consente di valutare positivamente le caratteristiche litotecniche e idrogeologiche del basamento litificato, rimandando alla campagna di indagini le verifiche più specifiche e gli approfondimenti sulla qualità delle coltri di alterazione e delle coperture detritiche oloceniche.

Riguardo al complesso di interventi di maggior rilevanza sul sottosuolo, la configurazione planoaltimetria ed orografica del settore e la posizione dei singoli aerogeneratori sulla sommità di dorsali morfologiche ben modellate o su pendio a modesta pendenza associate all'assenza di fattori potenzialmente predisponenti all'instaurarsi di fenomeni franosi di qualsiasi tipologia, favorisce inoltre diffuse condizioni di stabilità morfologica dei luoghi.

Non si prevede altresì che l'evoluzione morfodinamica naturale delle aree coinvolte possa in qualche modo compromettere la funzionalità delle opere per dissesti di tipo idraulico in quanto i siti di intervento ricadono in posizioni prive di pericolosità da inondazione/allagamento. Non si ritiene inoltre che gli interventi da realizzare, compresa la viabilità di servizio e gli scavi per i cavidotti, possano alterare le attuali dinamiche di deflusso superficiale, non trovandosi gli stessi in corrispondenza di elementi del reticolo idrografico o in prossimità dei principali corsi d'acqua.

Laddove l'analisi effettuata risulta non esaustiva si provvederà nella successiva fase progettuale all'esecuzione delle indagini geognostiche e geotecniche.

COMMITTENTE Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		OGGETTO PARCO EOLICO "BITTI – AREA PIP" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO G-R.1
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 44 di 45	

Sotto il profilo idrogeologico, la predominanza di rocce cristallino-metamorfiche a permeabilità da nulla a molto bassa che consente un'infiltrazione solo ed esclusivamente attraverso una porosità secondaria per fratturazione dotata di trasmissività generalmente irrilevante, permette di escludere interazioni negative tra scavi, sbancamenti e flussi idrici sotterranei se non con quelli temporanei dovuti a particolari condizioni meteorologiche (piogge intense, scioglimento di eventuali accumuli nevosi) capaci di saturare il modesto spessore detritico eluvio-colluviale e lo strato di alterazione della roccia.

Sotto il profilo geotecnico, ad esclusione della coltre detritica superficiale e alcune facies di alterazione corticale della roccia i substrati rocciosi in posto offrono elevate garanzie di stabilità nel tempo per le opere fondali. La compattezza della roccia non alterata richiederà l'impiego del martello demolitore per la realizzazione degli sbancamenti atti alla posa dei dadi di fondazione degli aerogeneratori.

Per detti motivi si ritiene che nulla osti alla realizzazione dell'intervento in progetto, fatta salva l'esigenza di acquisire riscontri diretti attraverso l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche che dovrà obbligatoriamente supportare la successiva fase progettazione.

Tale campagna dovrà chiarire gli aspetti litostratigrafici ancora indefiniti e dissipare qualsiasi incertezza sulle caratteristiche litologiche del sottosuolo (ad esempio lo spessore e caratteristiche litotecniche della coltre detritica olocenica e del cosiddetto "cappellaccio di alterazione della roccia" con valutazione della tipologia dei prodotti di alterazione, proprietà geomeccaniche dei diversi substrati rocciosi, ovvero affinare il modello geologico per orientare al meglio le scelte progettuali, nonché per individuare l'ottimale profondità per la posa delle opere fondali dei manufatti in elevazione e le modalità di scavo per la posa delle opere lineari.