



COMUNE DI
SERRI



PROVINCIA DEL
SUD SARDEGNA



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

PROGETTO PARCO EOLICO " SERRI "
13 WTG - POTENZA 93,60 MW
COMUNE DI SERRI (SU)



Proponente:
SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa n 5
20122 Milano (MI)

Antonino Apreda

SIGMANRG S.R.L.
Antonino Apreda

Progettazione:
LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti snc
81100 Caserta

Ing Giovanni Savarese



Elaborato		SEPDAMB12		RELAZIONE IDROLOGICA - IDRAULICA		
Cod pratica	Data	Consegna	Formato	Scala	Livello progettuale	
SE_01	19/03/2024		A4	-	Progetto definitivo	

REVISIONI	Rev	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
	01	Aprile 2024	Prima emissione	G.Donnarumma	V.Vanacore	M.Afeltra

Il presente elaborato è di proprietà della Leonardo Engineerin srl

E' vietata la comunicazione a terzi e/o la riproduzione senza il preventivo permesso scritto della suddetta società La società tutela i propri diritti a rigore di Legge



Sommario

1. PREMESSA.....	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED URBANISTICO	3
2.1 UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO	3
2.2 INQUADRAMENTO URBANISTICO	5
2.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	6
4. INTERVENTI IN PROGETTO	19
5. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DELL'AREA.....	26
4.1 METODO RAZIONALE	26
6. CARATTERISTICHE DI DEFLUSSO E CAPACITA' DI INVASO	30
7. CONCLUSIONI.....	33



1. PREMESSA

La presente relazione idrologica-idraulica costituisce parte integrante del progetto per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica proposto dalla società SIGMANRG S.r.l..

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 13 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW per una potenza complessiva di 93,6 MW, da realizzarsi nel territorio comunale di Serri (SU) e delle relative opere di connessione alla Cabina Utente che si collegherà con cavidotto AT alla stazione Elettrica Terna.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **Legge 267 del 03/08/1998** "Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia".
- **Legge 18 Maggio 1989, n. 183** – Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo (e successive modificazioni ed integrazioni).
- **R.D. 25 Luglio 1904, n. 523** – Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.
- **D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.** – "Norme in materia ambientale"
- **Art. 24 delle Norme di attuazione del P.A.I.**, allegato E.
- **Artt. n. 4, n. 8 (commi 8, 9, 10 e 11)** delle Norme di attuazione del P.A.I.
- **Art. 17, comma 6 Legge n. 183 del 19 Maggio 1989**, Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale)
- **Delibera n. 1 del 31/03/2011** "Predisposizione del complesso di 'Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello Studio denominato Progetto di Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)'".
- **Delibera n. 1 del 20.06.2013 e n. 1 del 05.12.2013** "Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)".
- **Delibera n. 2 del 17.12.2015** "Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)".

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED URBANISTICO

2.1 UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area interessata dal posizionamento degli aerogeneratori si sviluppa nella parte Nord e Nord-Est del territorio comunale di Serri, in un contesto montano caratterizzato da un'altitudine compresa tra i 490 e gli 630 m slm e la distanza minima dal mare si attesta su circa 40 Km.



Figura 1. Inquadramento dell'area del Parco Eolico

I terreni sui quali si intende realizzare il parco eolico sono tutti di proprietà privata. Il territorio è caratterizzato da un'orografia prevalentemente collinare e le posizioni delle macchine hanno un'altitudine media pari a c.ca 560.00 m s.l.m.

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



Provincia del
Sud Sardegna



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA



COMUNE
DI SERRI

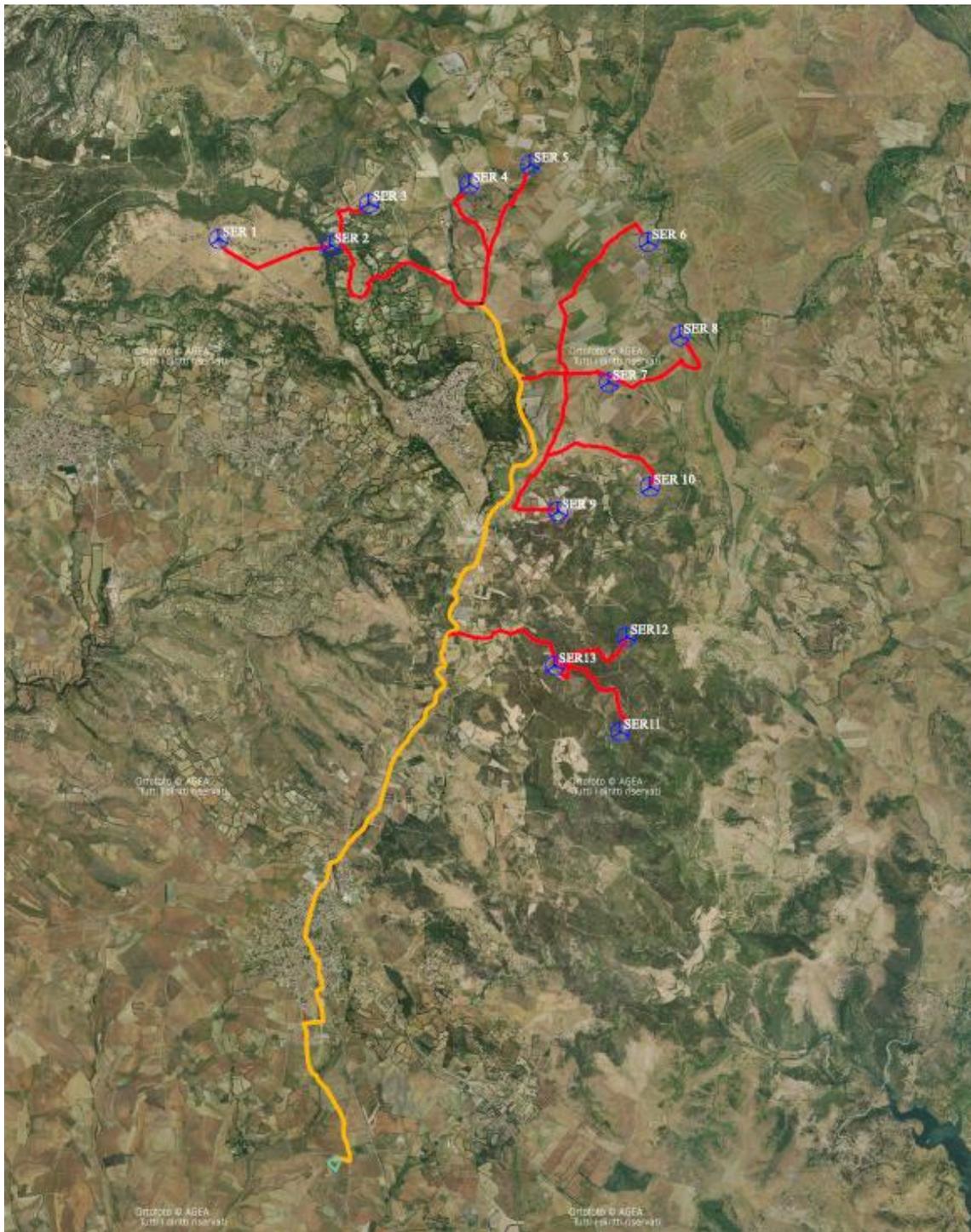


Figura 2. Inquadramento geografico del Parco Eolico



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

2.2 INQUADRAMENTO URBANISTICO

Con riferimento alle disposizioni contenute nel PUC del Comune di Serri, gli SER1, SER2, SER3, SER6, SER7, SER8, SER9, SER10, SER11, SER12, SER13 ricadono all'interno della zona E - aree marginali per la produzione agricola.

L'inquadramento catastale e posizione delle installazioni eoliche sono riportati nella seguente tabella:

TURBINA	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	LATITUDINE	LONGITUDINE
SER1	SERRI	1	9	39,716941°	9,119441°
SER2	SERRI	2	39	39,716365°	9,132161°
SER3	SERRI	2	7	39,720095°	9,136555°
SER4	SERRI	3	10	39,721759°	9,147951°
SER5	SERRI	4	44	39,723496°	9,154896°
SER6	SERRI	8	22	39,716634°	9,168311°
SER7	SERRI	10	13	39,704208°	9,163819°
SER8	SERRI	11	21	39,708325°	9,171903°
SER9	SERRI	12	305	39,692782°	9,157998°
SER10	SERRI	13	79	39,694946°	9,168457°
SER11	SERRI	16	8	39,673279°	9,165030°
SER12	SERRI	15	71	39,681664°	9,165793°
SER13	SERRI	14	117	39,679140°	9,157612°

Tabella 1. Coordinate geografiche ed inquadramento catastale aerogeneratori

Nelle Norme di Attuazione del Piano di fabbricazione, la zona agricola "E" è definita come parte del territorio extraurbano destinata alla coltivazione dei fondi, alla silvicoltura, all'allevamento del bestiame ed alle altre attività produttive connesse, ivi compreso l'agriturismo.

2.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Si riportano in seguito stralci riportanti le varie componenti sedimentarie presenti in prossimità dei punti in cui è prevista la realizzazione dei singoli aerogeneratori.

GEOLOGIA SERRI

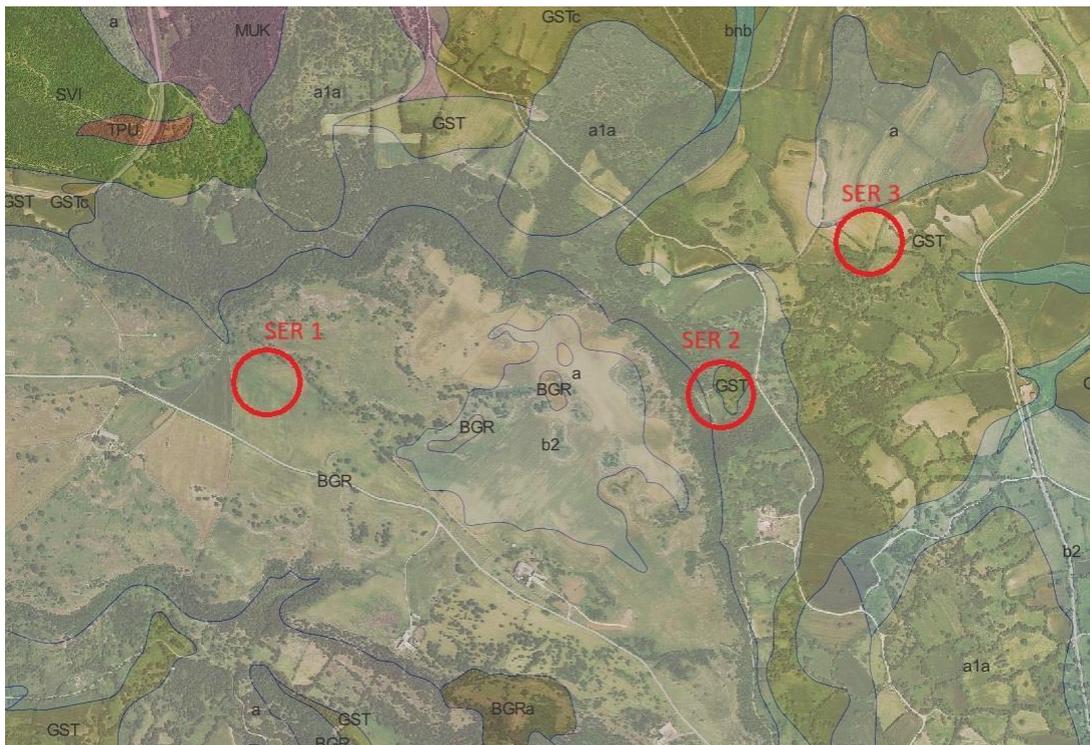


Figura 1. Inquadramento geologico pala n.1, 2 e 3

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



Provincia del
Sud Sardegna



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA



COMUNE
DI SERRI



Figura 2. Inquadramento geologico pala n.4

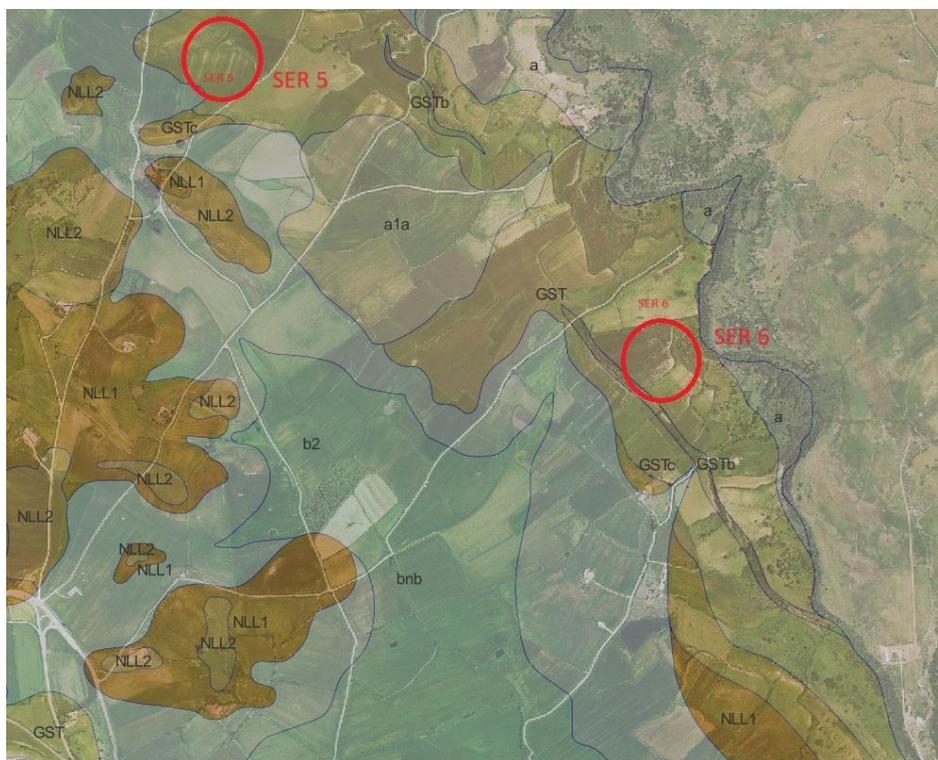


Figura 3. Inquadramento geologico pale n.5 e 6



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



Provincia del
Sud Sardegna



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA



COMUNE
DI SERRI

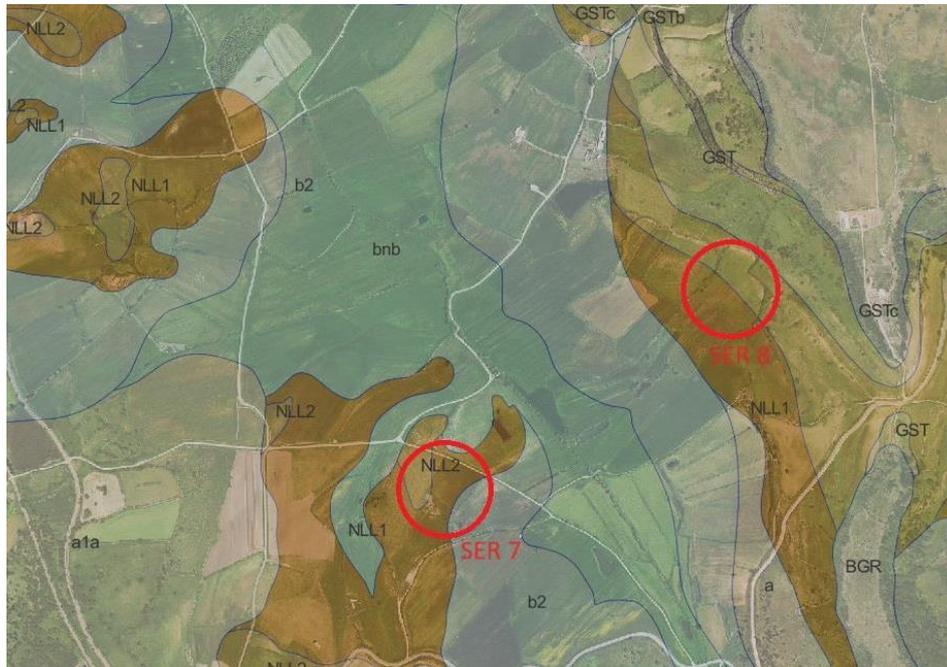


Figura 4. Inquadramento geologico pale n.7 e 8

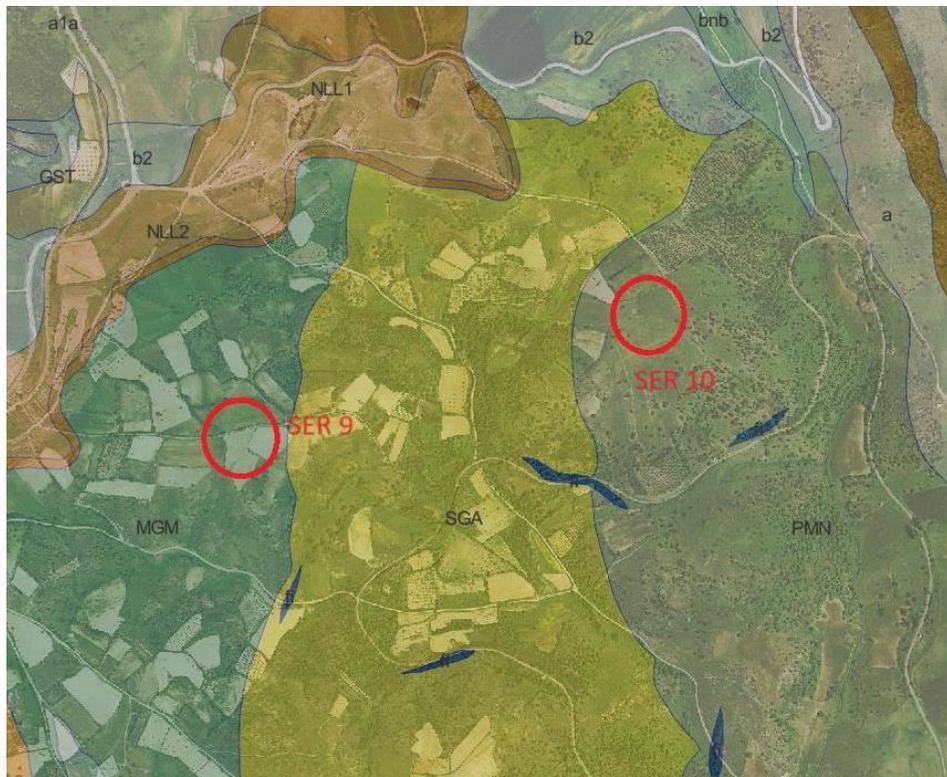


Figura 5. Inquadramento geologico pale n.9 e 10



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



Provincia del
Sud Sardegna



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA



COMUNE
DI SERRI

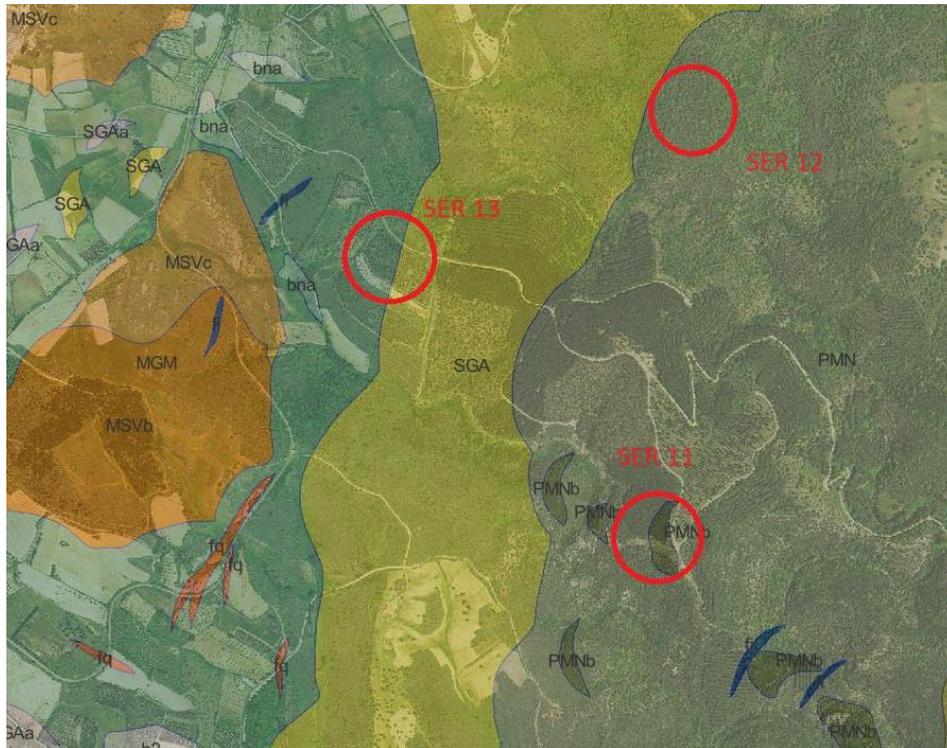


Figura 6. Inquadramento geologico pale n.11, 12 e 13



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

LEGENDA

- a** Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE
- a1a** Depositi di frana. Corpi di frana antichi. OLOCENE
- b2** Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE
- bna** Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. OLOCENE
- bnb** Depositi alluvionali terrazzati. Sabbie con subordinati limi ed argille. OLOCENE
- BGR** BASALTI DELLE GIARE. Basaltici, da alcalini a sub-alcalini, in espandimenti e colate.
PLIOCENE MEDIO-SUP.
- BGRa** Litofacies dei BASALTI DELLE GIARE. Breccie scoriacee prossimali ai centri eruttivi e rari dicchi (Cuccuru de Corongiu). PLIOCENE MEDIO-SUP.
- GSN** FORMAZIONE DI GENNA SELOLE. Conglomerati quarzosi e quarzoareniti molto mature; alla base livelli carboniosi e argille. DOGGER
- GST** MARNE DI GESTURI. Marne arenacee e siltitiche giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti contenenti faune a pteropodi, molluschi, foraminiferi, nannoplancton, frammenti ittiolitici, frustoli vegetali. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO
- GSTb** Litofacies nelle MARNE DI GESTURI. Livelli di arenarie bioclastiche e calcareniti a litotamni. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO
- GSTc** Litofacies nelle MARNE DI GESTURI. Generalmente alla base della formazione, arenarie grossolane e conglomerati. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO
- NLL1** Conglomerato di Duiddu (FORMAZIONE DI NURALLAO). Conglomerati poligenici eterometrici e sabbie con locali livelli di biocalcareniti, talvolta con componente vulcanica. OLIGOCENE SUP. - BURDIGALIANO?
- NLL2** Arenarie di Serra Longa (FORMAZIONE DI NURALLAO). Arenarie da grossolane a micro- conglomeratiche, con intercalazioni di arenarie siltose. OLIGOCENE SUP. - BURDIGALIANO?
- MGM** METARCOSE DI GENNA MESA. Metarcese e metagrovacche arcosiche, metaquarzoareniti e metaconglomerati quarzosi, in grossi banchi o massivi..
- PMN** FORMAZIONE DI PALA MANNA. Alternanze di metasiltiti e metarenarie micacee, metaquarzoareniti. CARBONIFERO ?INF.
- SGA** SCISTI A GRAPTOLITI AUCT. Metapeliti carboniose e metasiltiti con livelli di diaspri neri (liditi). SILURIANO - DEVONIANO MEDIO

IDROLOGIA SUPERFICIALE

L'assetto idrogeologico superficiale è influenzato dalla presenza di alcuni corsi d'acqua a prevalente regime torrentizio e occasionale, data la modesta entità dei bacini idrologici da essi sottesi e dalle scarse precipitazioni (modeste nel periodo autunnale e scarse o nulle in quello estivo, fortemente condizionante dall'entità delle precipitazioni caratterizzate da un valore medio annuo di 667,8 mm calcolato sulla base dei dati registrati nelle stazioni pluviometriche prossime all'area di studio). L'area investigata è rappresentata da un promontorio quasi contiguo avente una direzione N-S; le cui sponde del versante sono solcate dall'incisione torrentizia che a est e a sud est sversano le acque verso il lago Mulargia attraverso una serie di affluenti diretti e indiretti come lo stesso "Rio Mulargia" da cui prende il nome l'omonimo lago.

Tutta l'area rientra pertanto nel bacino idrografico di quest'ultimo i cui canali di drenaggio costituiscono un reticolo idrografico prevalentemente dendritico tipico di terreni impermeabili quali quello del complesso marnoso arenaceo attraversato.

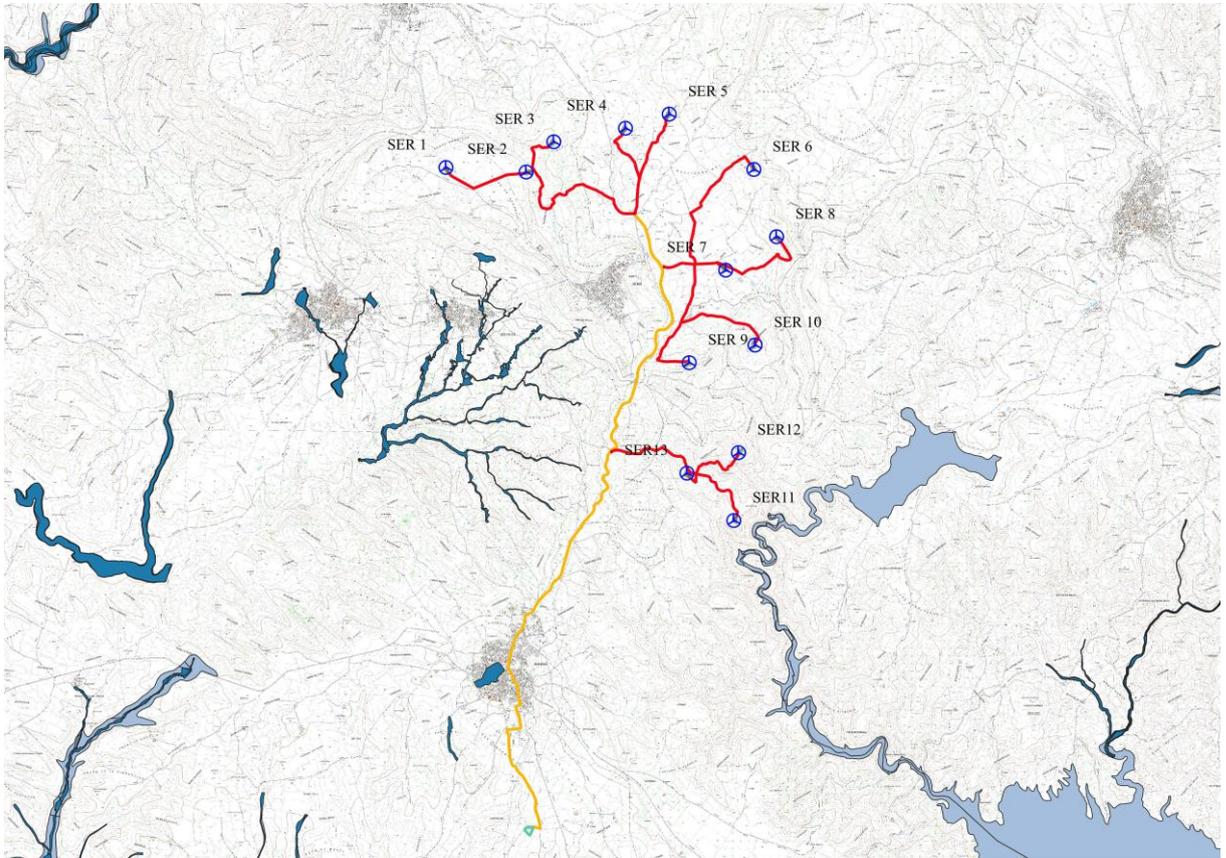
IDROLOGIA SOTTERRANEA

Il territorio in esame costituisce un complesso idrogeologico ben caratterizzato e relativamente semplice in funzione dei suoi aspetti morfologici e geologici. Sulla base dei diversi caratteri di permeabilità delle rocce, che si riflettono sull'andamento della circolazione idrica sub-superficiale e sotterranea, è possibile distinguere un unico complesso litologico che mostra dal punto di vista della permeabilità caratteristiche differenti.

In generale la parte impermeabile o scarsamente permeabile del bacino è costituita dal complesso metamorfico dei sedimenti del paleozoico; l'alternanza di livelli impermeabili, costituiti dai litotipi scistoso-argillosi e leggermente permeabili, rappresentati dalle intercalazioni più francamente arenacee (non molto diffuse), permette di classificare tale complesso come scarsamente permeabile per porosità e subordinatamente per fessurazione con $10^{-4} < K < 10^{-7}$ cm/sec.

Le alternanze anzidette, specialmente in corrispondenza dei litotipi arenacei, maggiormente permeabili per fratturazione, rappresentano le vie preferenziali di infiltrazione e di scorrimento delle acque meteoriche che vengono trattenute dagli orizzonti scistoso-argillosi più impermeabili. Tuttavia sebbene apparentemente le disponibilità idriche risultino limitate a causa della scarsa infiltrazione, si ipotizza la presenza di una circolazione idrica profonda, a circa 70 metri dal piano di campagna, che potrebbe essere giustificata dalle alternanze litologiche esistenti e in particolare dalla presenza di livelli impermeabili prevalentemente siltoso-argillosi intercalati nei termini più arenacei e maggiormente permeabili della suddetta sequenza.

P.A.I



<ul style="list-style-type: none"> Hi* Hi0 Hi1 Hi2 Hi3 Hi4 	<p>(Aree da modellazione 2D con $V_p \leq 0,75$)</p> <p>P0 (Tratto studiato nel quale la piena risulta contenuta all'interno delle sponde per tutti i Tr)</p> <p>P1 (Aree a pericolosità idraulica Moderata o Fascia geomorfologica)</p> <p>P2 (Aree a pericolosità idraulica Media)</p> <p>P2 (Aree a pericolosità idraulica Elevata)</p> <p>P3 (Aree a pericolosità idraulica Molto elevata)</p>
--	---

Figura 7. Stralcio PAI – Carta pericolosità idraulico

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



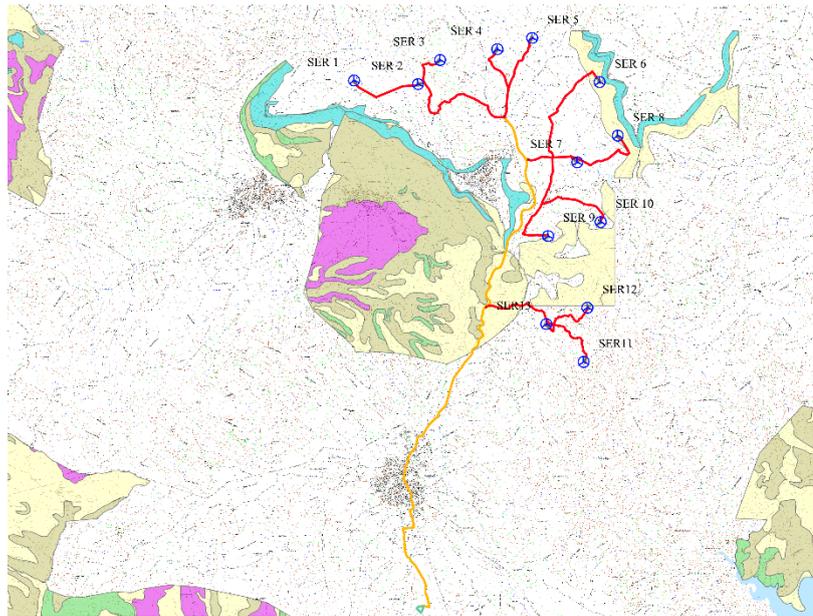
Provincia del
Sud Sardegna



REGIONE AUTONOMA
 DELLA SARDEGNA

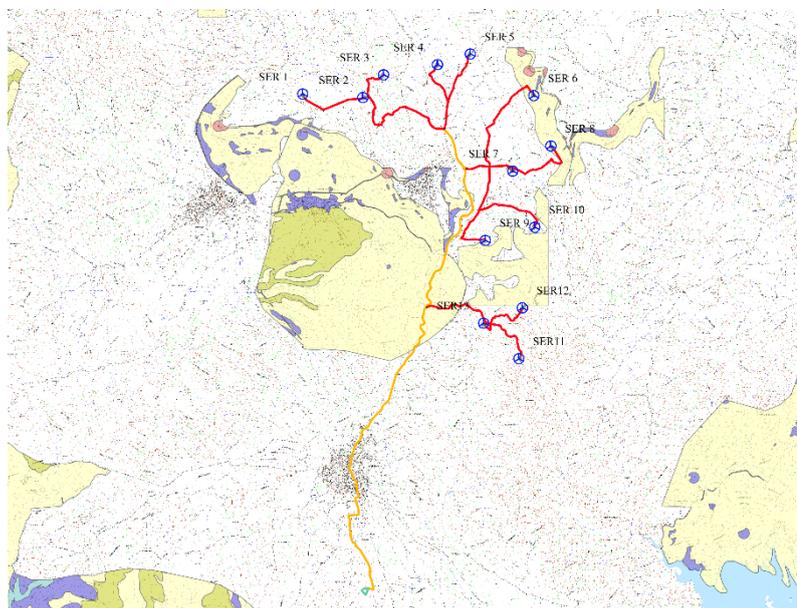


COMUNE
 DI SERRI



- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Hg0 Hg1 Hg2 Hg3 Hg4 | <ul style="list-style-type: none"> (Aree studiate non soggette a potenziali fenomeni franosi) (Aree a pericolosità da frana Moderata) (Aree a pericolosità da frana Media) (Aree a pericolosità da frana Elevata) (Aree a pericolosità da frana Molto elevata) |
|--|---|

Figura 8. Stralcio PAI – Carta pericolo geomorfologico



- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Rg0 Rg1 Rg2 Rg3 Rg4 | <ul style="list-style-type: none"> (Aree a rischio Nullo) (Aree a rischio Moderato) (Aree a rischio Medio) (Aree a rischio Elevato) (Aree a rischio Molto elevato) |
|--|---|

Figura 9. Stralcio PAI – Carta rischio geomorfologico



SIGMANRG SRL
 Via Pietro Cossa 5
 20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
 Viale Lamberti 29
 81100 CASERTA (CE)

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



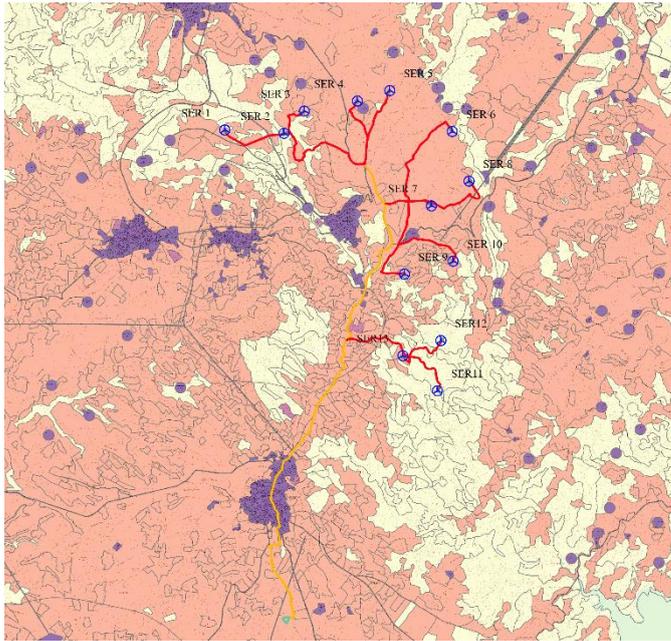
Provincia del
Sud Sardegna



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA



COMUNE
DI SERRI



- D1
- D2
- D3
- D4

- Reti di comunicazione e trasporto secondarie
- Reti di comunicazione e trasporto strategiche
- Reti tecnologiche e di servizio, strutture tecnologiche a supporto delle reti
- Strutture ed impianti a supporto delle reti di comunicazione e trasporto che non ricadono nelle aree residenziali
- Strutture Ospedaliere, Sanitarie e Scolastiche
- Superfici a vegetazione rada
- Superfici a vegetazione rada escluse le spiagge
- Superfici agricole seminative
- Zone agricole permanenti ed eterogenee
- Zone industriali e commerciali
- Zone industriali, commerciali ed insediamenti produttivi
- Zone residenziali

- Aree boscate e prati
- Aree di rilievo storico-culturale e archeologico
- Aree estrattive
- Aree protette
- Aree ricreative e sportive
- Aree verdi urbane
- Cantieri
- Corpi idrici
- Discariche
- Edifici pubblici, anche al di fuori delle aree residenziali
- Fognature e impianti di depurazione
- Reti di comunicazione e trasporto primarie

Figura 10. Stralcio PAI – Carta danno potenziale



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW

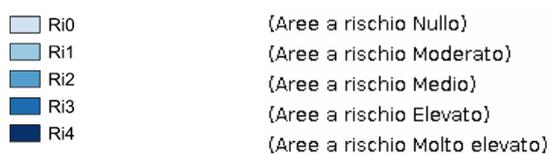
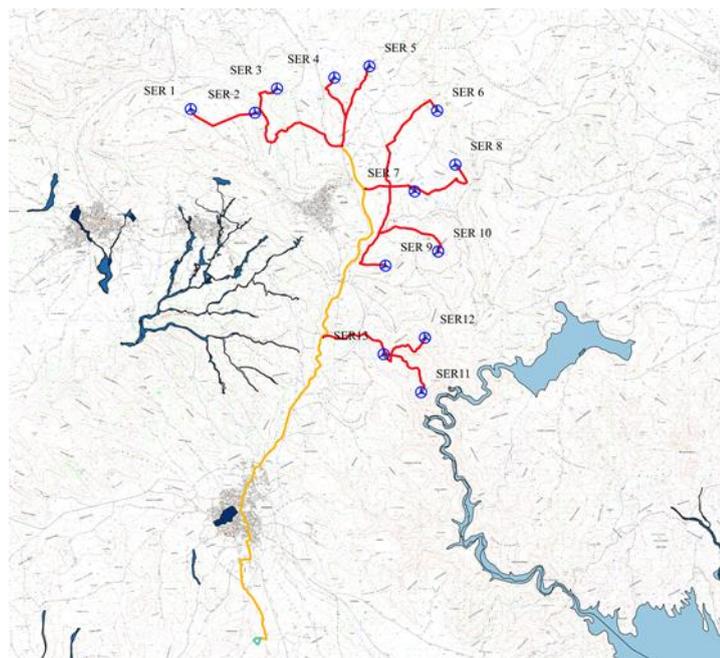


Figura 11. Stralcio PAI – Carta rischio idraulico

Sulla base degli stralci cartografici del PAI precedentemente riportati, emerge la seguente situazione:

TURBINA	COMUNE	PERICOLO IDRAULICO	PERICOLO GEOMORFOLOGICO	DANNO POTENZIALE	RISCHIO IDRAULICO	RISCHIO GEOMORFOLOGICO
SER1	SERRI	/	/	D2	/	/
SER2	SERRI	/	/	D2	/	/
SER3	SERRI	/	/	D2	/	/
SER4	SERRI	/	/	D2	/	/
SER5	SERRI	/	/	D2	/	/
SER6	SERRI	/	Hg1	D2	/	Rg1
SER7	SERRI	/	/	D2	/	/
SER8	SERRI	/	Hg1	D2	/	Rg1
SER9	SERRI	/	/	D2	/	/
SER10	SERRI	/	/	D2	/	/
SER11	SERRI	/	/	D1	/	/
SER12	SERRI	/	/	D1	/	/
SER13	SERRI	/	/	D1	/	/

Si riportano pertanto gli articoli estratti dalle N.T.A. associate alle aree di pericolo individuate, ovvero **Hg1**.



PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



“Articolo 34 - Disciplina delle aree di pericolosità moderata da frana (Hg1)

1. Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, nelle aree di pericolosità moderata da frana compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi.”



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



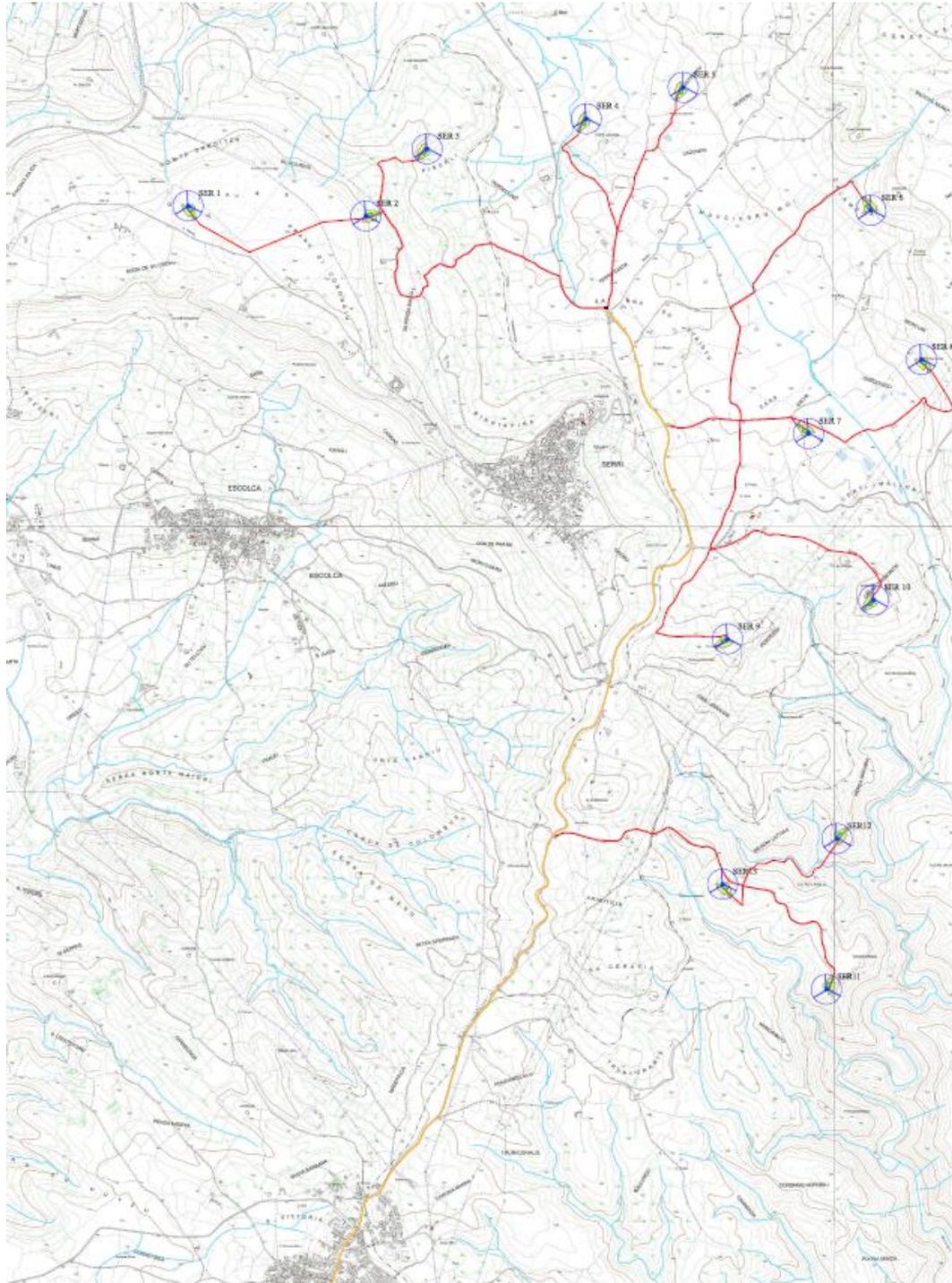
**Provincia del
Sud Sardegna**



**REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA**



**COMUNE
DI SERRI**



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

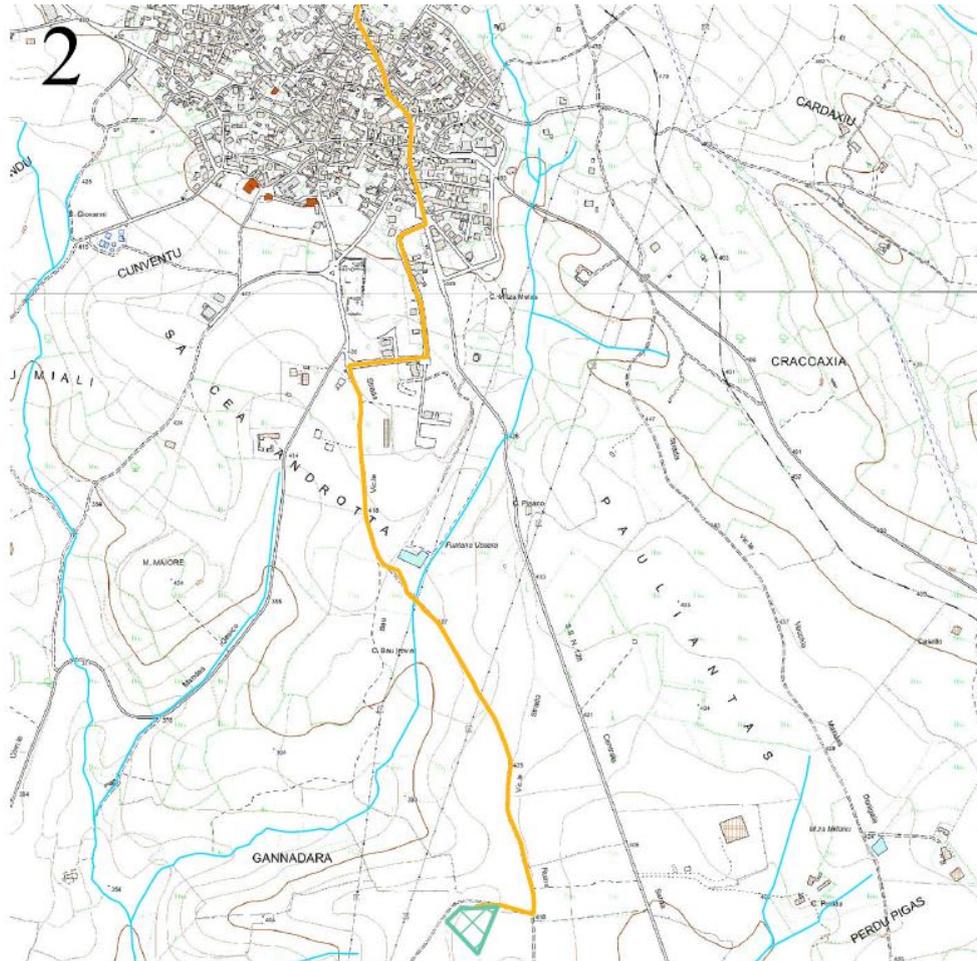


Figura 12. Impianto su reticolo idrografico

Gli impianti di produzione, l'impianto di utenza e l'impianto di rete per la connessione non interferiscono con le aree a pericolosità idraulica (AP, MP e BP), come si può desumere dall'analisi della cartografia dell'impianto su reticolo idrografico. Le modalità di svolgimento delle attività non prevedono interferenze con il reticolo idrografico superficiale che derivino dalle attività di scavi durante la fase di cantiere. Gli scavi sono legati principalmente a opere stradali, canalizzazioni delle linee elettriche interrato e opere civili, mentre gli interventi localizzati per il montaggio e la realizzazione di opere di fondazione degli aerogeneratori non interferiscono. La posa del cavidotto MT interrato, in corrispondenza degli attraversamenti idraulici, verrà realizzata mediante l'ausilio della tecnologia T.O.C. (Trivellazione Orizzontale Controllata), attestando la canalizzazione in cavo ad una profondità di un metro dai manufatti idraulici esistenti.

Gli impatti strettamente legati alla presenza di scavi aperti, sono valutabili come di tipo compatibile in quanto non sono tali da provocare interferenza con il reticolo idrografico e le opere in progetto, essendo fuori dalla fascia di 150 m dalle sponde di fiumi, rii e torrenti. Gli

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



interventi non apporteranno squilibri alle acque sotterranee vista la buona esecuzione del sistema di drenaggio superficiale delle acque meteoriche.

Nelle aree e nelle vicinanze delle posizioni degli aerogeneratori non sono presenti:

- ecosistemi acquatici di pregio elevato;

Non sono assolutamente previsti a progetto, per la realizzazione delle opere:

- opere di regimazione delle acque superficiali,
- opere di derivazione delle acque superficiali,
- l'utilizzo e/o il prelievo di acque superficiali né sotterranee,
- produzione di acque reflue.

4. INTERVENTI IN PROGETTO

L'impianto di produzione sarà costituito da 13 aerogeneratori, ognuno della potenza di 7,20 MW ciascuno per una potenza complessiva nominale di 93,60 MW.

I terreni sui quali si installerà il parco eolico, interessa una superficie molto vasta, ma la quantità di suolo effettivamente occupato sarà significativamente inferiore e limitato alle aree di piazzole dove verranno installati gli aerogeneratori, le opere di rete (cavidotti e sottostazione) e la viabilità di servizio all'impianto, come constatabile sugli elaborati planimetrici allegati al progetto.

Gli aerogeneratori saranno ad asse orizzontale, costituiti da un sistema tripala, con generatore di tipo asincrono. Il tipo di aerogeneratore da utilizzare verrà scelto in fase di progettazione esecutiva dell'impianto; le dimensioni previste per l'aerogeneratore tipo e che potrebbe essere sostituito da uno ad esso analogo:

- diametro del rotore pari 162 m,
- altezza mozzo pari a 119 m,
- altezza massima al tip (punta della pala) pari a 200 m.

L'aerogeneratore eolico ad asse orizzontale è costituito da una torre tubolare in acciaio che porta alla sua sommità la navicella, all'interno della quale sono alloggiati l'albero di trasmissione lento, il moltiplicatore di giri, l'albero veloce, il generatore elettrico ed i dispositivi ausiliari. All'estremità dell'albero lento, corrispondente all'estremo anteriore della navicella, è fissato il



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



rotore costituito da un mozzo sul quale sono montate le pale, costituite in fibra di vetro rinforzata.

La navicella può ruotare rispetto al sostegno in modo tale da tenere l'asse della macchina sempre parallela alla direzione del vento (movimento di imbardata); inoltre è dotata di un sistema di controllo del passo che, in corrispondenza di alta velocità del vento, mantiene la produzione di energia al suo valore nominale indipendentemente dalla temperatura e dalla densità dell'aria; in corrispondenza invece di bassa velocità del vento, il sistema a passo variabile e quello di controllo ottimizzano la produzione di energia scegliendo la combinazione ottimale tra velocità del rotore e angolo di orientamento delle pale in modo da avere massimo rendimento.

Il funzionamento dell'aerogeneratore è continuamente monitorato e controllato da un'unità a microprocessore.

Il sistema di controllo dell'aerogeneratore assolve le seguenti funzioni:

- sincronizzazione del generatore elettrico con la rete prima di effettuarne la connessione, in modo da contenere il valore della corrente di cut-in (corrente di inserzione);
- mantenimento della corrente di cut-in ad un valore inferiore alla corrente nominale
- orientamento della navicella in linea con la direzione del vento;
- monitoraggio della rete;
- monitoraggio del funzionamento dell'aerogeneratore;
- arresto dell'aerogeneratore in caso di guasto.

Il sistema di controllo dell'aerogeneratore garantisce l'ottenimento dei seguenti vantaggi:

- generazione di potenza ottimale per qualsiasi condizione di vento;
- limitazione della potenza di uscita a 7,20 MW;
- livellamento della potenza di uscita fino ad un valore di qualità elevata e quasi priva di effetto flicker;
- possibilità di arresto della turbina senza fare ricorso ad alcun freno di tipo meccanico;
- minimizzazione delle oscillazioni del sistema di trasmissione meccanico.



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

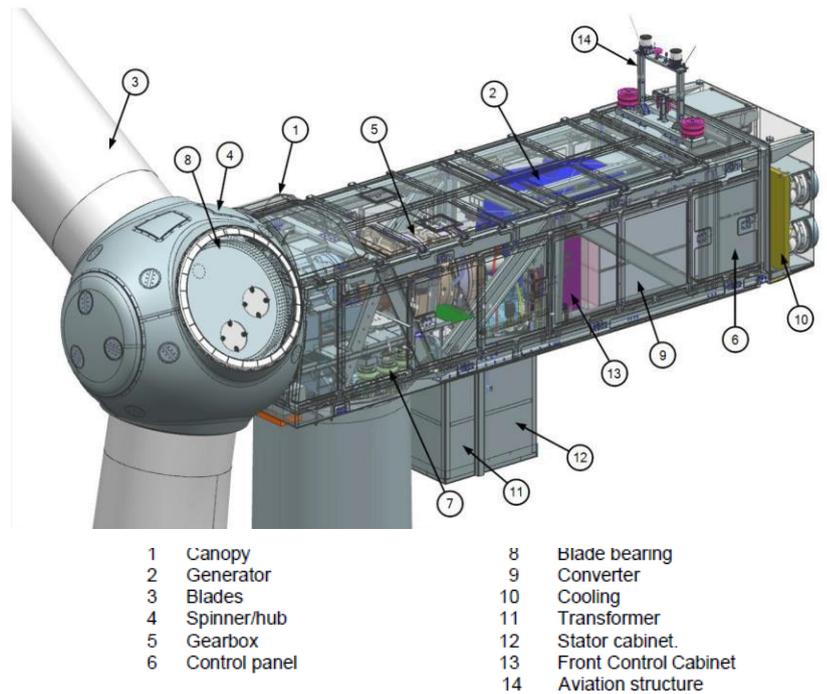


Figura 13. Rappresentazione grafica di una navicella

Ciascun aerogeneratore può essere schematicamente suddiviso, dal punto di vista elettrico, nei seguenti componenti:

- generatore elettrico;
- interruttore di macchina BT;
- trasformatore di potenza MT/BT;
- cavo MT di potenza;
- quadro elettrico di protezione MT;
- servizi ausiliari;
- rete di terra.

Da ogni generatore viene prodotta energia elettrica a bassa tensione (BT) e a frequenza variabile se la macchina è asincrona (l'aggancio alla frequenza di rete avviene attraverso un convertitore di frequenza ubicato nella navicella).

All'interno di ogni navicella l'impianto di trasformazione BT/MT consentirà l'elevazione della tensione al valore di trasporto 30kV (tensione in uscita dal trasformatore).

ROTORE	Diametro max	162 m
	Area spazzata max	20.612 m ²
	Numero di pale	3
	Materiale	GRP (CRP) materiale plastico rinforzato con fibra di carbonio
	Velocità nominale	12,1 giri/min
	Senso di rotazione	orario
	Posizione rotore	Sopra vento
TRASMISSIONE	Potenza massima	5.600 kW
SISTEMA ELETTRICO	Tipo generatore	Sincroni magneti permanenti a 36 poli
	Classe di protezione	IP 54
	Tensione di uscita	720 V
	Frequenza	50 Hz
TORRE IN ACCIAIO	Altezza al mozzo	119 m
SISTEMA DI CONTROLLO	Tipo	Microprocessore OptiTip
	Controllo remoto	PC-modem, interfaccia grafica

Figura 14. Scheda tecnica dell'aerogeneratore tipo

Al fine di mitigare l'impatto visivo degli aerogeneratori, si utilizzeranno torri di acciaio di tipo tubolare, con impiego di vernici antiriflettenti di color grigio chiaro.

Gli aerogeneratori saranno equipaggiati, secondo le norme attualmente in vigore, con un sistema di segnalazione notturna con luce rossa intermittente (2000cd) da installare sull'estradosso della navicella dell'aerogeneratore, mentre la segnalazione diurna consiste nella verniciatura della parte estrema della pala con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m per un totale di 18 m. L'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) potrà fornire eventuali prescrizioni concernenti la colorazione delle strutture o la segnaletica luminosa, diverse o in aggiunta rispetto a quelle precedentemente descritte.

Il collegamento tra le varie turbine eoliche e il successivo collegamento alla cabina di raccolta e smistamento e da quest'ultima all'edificio quadri 36kV in S-E avviene per mezzo di elettrodotti interrati alla tensione di esercizio di 36 kV. La posa di questi ultimi avverrà prevalentemente tramite scavo a cielo aperto.

Il cavo previsto per questi collegamenti è lo RG7H1OR 26/45 kV di varie sezioni con guaina maggiorata per la posa diretta nel terreno. La singola terna di cavi unipolari verrà disposta a trifoglio. Siccome è possibile che all'interno della medesima trincea coesistano più terne, si prevede che queste siano arrangiate in maniera da mantenere una inter-distanza tra le guaine esterne delle terne adeguata, in modo tale da permettere il corretto smaltimento del calore

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



generato per effetto Joule dal cavo stesso.

Le opere di utenza per la connessione alla RTN dell'impianto eolico oggetto della presente relazione sono le seguenti:

- Cavi interrati 36 kV, per il vettoriamento dell'energia elettrica prodotta dai singoli aerogeneratori verso la cabina di raccolta e smistamento e da quest'ultima verso l'edificio quadri 36 kV nella SE;
- Cabina raccolta e smistamento, di raccolta dei cavidotti a 36 kV provenienti dal parco eolico e dalla quale partirà un successivo cavidotto che verrà collegato con l'edificio quadri 36 kV nella SE;
- Edificio quadri 36 kV, contenente la cabina di raccolta dei cavidotti a 36 kV provenienti dal parco eolico in oggetto e da altri produttori, dalla quale partirà un cavidotto che verrà collegato alla stazione RTN tramite inserimento in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione Terna a 150/36 kV;
- Nuova stazione elettrica Terna di trasformazione a 150/36 kV, ubicata nel comune di Mandas (SU), da inserire in entra-esce sulla linea RTN a 150 kV "Selegas – Nurri", previa realizzazione dei raccordi della linea RTN 150 kV "S. Miali – Selegas" con la sezione 150 kV di una nuova SE di trasformazione RTN a 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV "Ittiri – Selargius" e previa realizzazione dei seguenti interventi di cui al Piano di Sviluppo.

All'interno dell'area recintata della cabina utente sarà ubicato un fabbricato suddiviso in vari locali che a seconda dell'utilizzo ospiteranno i quadri AT, gli impianti BT e di controllo, gli apparecchi di misura.

Per il collegamento degli aerogeneratori alla cabina utente è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

- rete di distribuzione interna in AT (36 kV) in cavo interrato per la interconnessione degli aerogeneratori costituenti il parco eolico e per la connessione degli stessi alla stazione di Terna;
- rete di monitoraggio in fibra ottica tra le torri eoliche e la sottostazione.
- impianti di messa a terra.

Al campo eolico si accede attraverso la viabilità esistente (strade provinciali, Comunali e



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)

poderali), mentre l'accesso alle singole pale avviene mediante strade interpoderali esistenti, che saranno adeguate al trasporto di mezzi eccezionali.

Laddove necessario tali strade saranno adeguate al trasporto delle componenti degli aerogeneratori con tratti di nuova realizzazione.

Negli elaborati allegati sono illustrati i percorsi per il raggiungimento degli aerogeneratori, sia in fase di realizzazione sia in fase di esercizio, come illustrato nelle planimetrie di progetto, saranno anche realizzati opportuni allargamenti degli incroci stradali per consentire la corretta manovra dei trasporti eccezionali. Detti allargamenti saranno rimossi o ridotti, successivamente alla fase di cantiere, costituendo delle aree di "occupazione temporanea" necessarie appunto solo nella fase realizzativa.

La sezione stradale avrà larghezza carrabile necessaria per consentire il passaggio dei mezzi di trasporto delle componenti dell'aerogeneratore eolico.

Il corpo stradale sarà realizzato secondo le seguenti modalità:

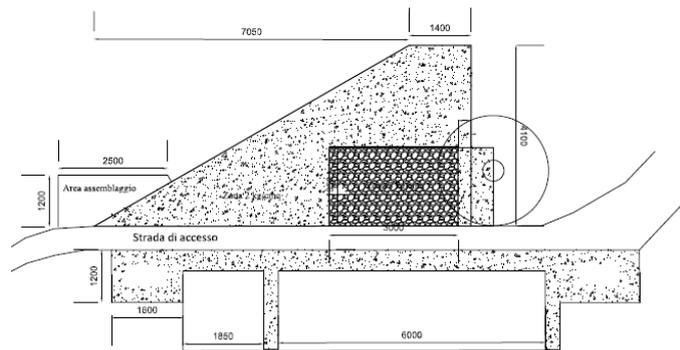
- a) Scotico terreno vegetale;
- b) Polverizzazione (frantumazione e sminuzzamento di eventuali zolle), se necessario, della terra in sito ottenibile mediante passate successive di idonea attrezzatura.
- c) Determinazione in più punti e a varie profondità dell'umidità della terra in sito, procedendo con metodi speditivi.
- d) Spandimento del masso.
- e) Polverizzazione e miscelazione della terra mediante un numero adeguato di passate di pulvimixer in modo da ottenere una miscela continua ed uniforme.
- f) Spandimento e miscelazione della terra.
- g) Compattazione della miscela Terra-masso mediante rulli vibranti a bassa frequenza e rulli gommati di adeguato peso fino ad ottenere i risultati richiesti.

Per la viabilità esistente (strade provinciali, comunali e poderali), ove fosse necessario ripristinare il pacchetto stradale per garantire la portanza minima o allargare la sezione stradale per adeguarla a quella di progetto, si eseguiranno le modalità costruttive in precedenza previste. Tenuto conto delle componenti dimensionali del generatore, la viabilità di servizio all'impianto e le piazzole andranno a costituire le opere di maggiore rilevanza per l'allestimento del cantiere.

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore sarà realizzata una piazzola di montaggio così costituita:

- Piazzola per il montaggio della torre opportunamente stabilizzata, di dimensioni 70,50 m x 41,00 m;

- Piazzola livellata in terreno naturale per lo stoccaggio temporaneo delle pale, di dimensioni 85,10 m x 23,25 m;
- Area libera da ostacoli per il montaggio della gru, di dimensioni 30 m x 19,50 m.
- Le piazzole consentiranno l'installazione della gru principale e delle macchine operatrici, lo stoccaggio delle sezioni della torre, della navicella e del mozzo, ed "ospitare" l'area di ubicazione della fondazione e l'area di manovra degli automezzi.
- Le piazzole adibite allo stazionamento dei mezzi di sollevamento durante l'installazione, saranno realizzate facendo ricorso al sistema di stabilizzazione, descritto nel precedente paragrafo.
- Al termine della fase di montaggio degli aerogeneratori, le piazzole, nella loro fase di esercizio, saranno ridotte ad un'area definitiva in adiacenza alla sede stradale di circa 585,00 mq (19,50 m x 30,00 m) da mantenere piana e sgombra da piantumazioni, necessaria alle periodiche visite di controllo e alla manutenzione delle turbine, mentre la superficie residua sarà ripristinata e riportato allo stato ante-operam.



5. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DELL'AREA

In coerenza con le linee guida e metodologiche di PAI e PSFF, per i bacini con superficie inferiore ai 60 km², per il calcolo delle caratteristiche idrologiche si procede con metodo indiretto mediante applicazione del metodo razionale e formulazione SCS

4.1 METODO RAZIONALE

In riferimento alla formula Razionale la portata di piena è espressa come prodotto tra l'intensità di precipitazione (i), di assegnata durata e tempo di ritorno (Tr), il coefficiente di assorbimento (Φ), la superficie del bacino (A) e il coefficiente di laminazione ε(t):

$$Q = i [\Theta_c, Tr, r(\Theta_c, A)] \cdot \Phi \cdot A \cdot \varepsilon(\Theta_c)$$

dove con Θ_c si è indicato il valore di durata critica, mentre $r(\Theta_c, A)$, rappresenta il fattore di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino, espresso in funzione della durata Θ_c e della superficie del bacino A.

Durata critica: tempo di corrivazione e di formazione

La durata di pioggia critica (Θ_c) è assunta pari alla somma del tempo di formazione del deflusso superficiale (tf) e del tempo di corrivazione (tc).

Il tempo di corrivazione (tc) è ottenuto con la formula del Soil Conservation Service:

$$t_c = \frac{100 L^{0.8}}{1900 i_v^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} \quad [\text{minuti}]$$

Dove:

i_v = pendenza media del bacino (di versante) [%];

L = lunghezza dell'asta [ft] (piedi).

In ore, la stessa formula è usualmente espressa come:

$$t_c = 1.67 * 2.587 \frac{L^{0.8}}{1900 i_v^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} \quad [\text{ore}]$$

Dove:

PARCO EOLICO "SERRI"
13 AEROGENERATORI DA 7,2 MW
POTENZA COMPLESSIVA 93,6 MW



i_v = pendenza media del bacino (di versante, non dell'asta fluviale) [%];

L = lunghezza dell'asta [m].

Il tempo di formazione del deflusso (t_f) esprime il tempo di formazione del deflusso superficiale prima che inizi a scorrere sul bacino e dipende dalla capacità di assorbimento del suolo e dall'intensità e durata della pioggia lorda. La sua determinazione avviene in modo iterativo. Per i bacini di piccole dimensioni, come i seguenti, si è verificato che tale tempo non sia mai superiore al 50% del tempo di corrivazione, valore che è stato assunto per la sua stima sistematica in tale analisi.

Altezze di pioggia: curve segnalatrici di possibilità pluviometrica in Sardegna

Per la definizione delle precipitazioni si segue l'analisi regionale sulle precipitazioni breve e intense riportate nel progetto "VAPI Sardegna". La procedura individuata definisce innanzitutto la sottozona omogenea SZO della Regione Sardegna di appartenenza del bacino in esame, secondo la divisione riportata in figura seguente.

Le **Sottozone Omogenee (SZO)** della **Regione Sardegna** sono suddivisioni territoriali che presentano **valori costanti** dei parametri di λ^* e θ^* , e quindi del coefficiente d'asimmetria. Queste sottozone sono ulteriormente suddivise in **Zone Omogenee (ZO)**, ciascuna contraddistinta da valori costanti dei due parametri sopra menzionati. Questa classificazione è stata adottata per la gestione delle risorse idrogeologiche e la definizione delle soglie di allerta pluviometriche nella regione.



SIGMANRG SRL
Via Pietro Cossa 5
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



Figura 17. Divisione delle sottozone omogenee SZO della Regione Sardegna

La pioggia indice $\mu(\tau)$ di durata τ (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata τ) può essere espressa in forma monomia:

$$\mu(\tau) = a_1 \tau^{n_1}$$

Dove i coefficienti a_1 e n_1 si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g :

$$a_1 = \mu_g / (0.886 \cdot 24^{n_1}) \text{ e}$$

$$n_1 = -0.493 + 0.476 \text{ Log}_{10} \mu_g$$

La pioggia indice giornaliera μ_g viene stimata sulla base della carta delle isoiete (Figura



segunte).

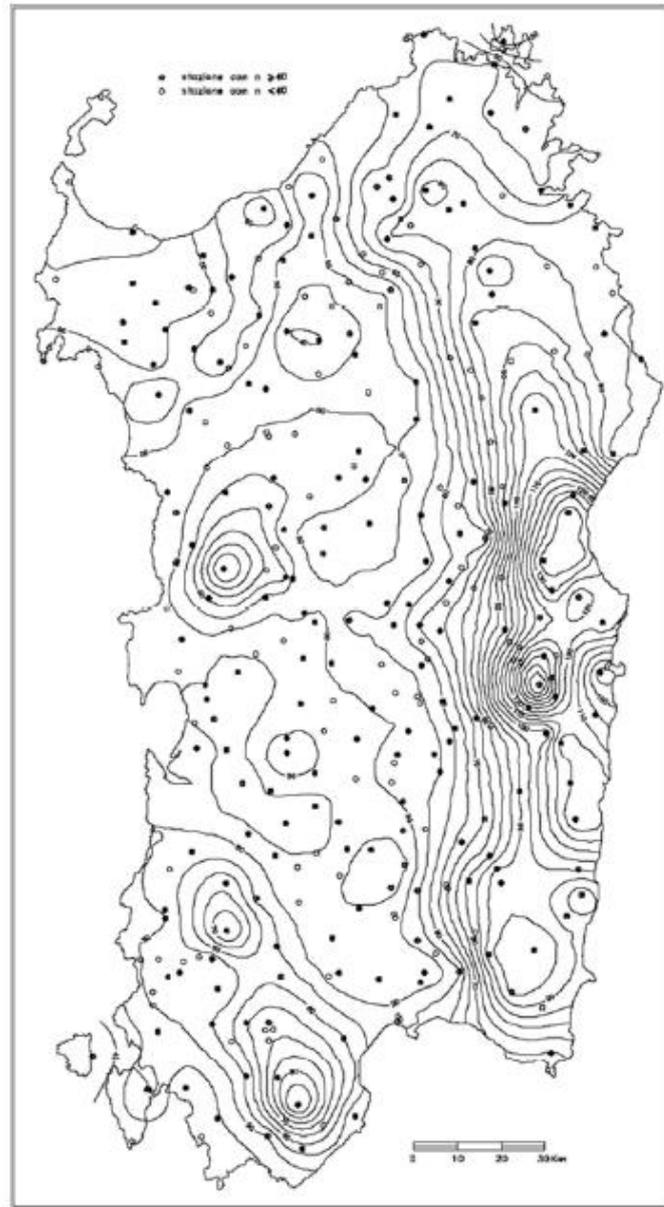


Figura 18. Carta delle isoiete per identificare la pioggia indice giornaliera μ_g (mm)

L'altezza di pioggia $hT(\tau)$ di durata generica τ con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice $\mu(\tau)$ per un coefficiente di crescita $KT(\tau) = a_2 \tau^{n_2}$:

$$hT(\tau) = \mu(\tau) KT(\tau) = (a_1 a_2) \tau^{(n_1 + n_2)}$$

Dove i coefficienti a_2 e n_2 si determinano con le seguenti relazioni, distinte per sottozona, per differenti T e τ .

Per tempi di ritorno $T > 10$ ANNI si ha:

- SZO 1

$$\alpha_2 = 0.46378 + 1.0386 * \text{Log}_{10}(T)$$

$$n_2 = -0.18449 + 0.23032 * \text{Log}_{10}(T) - 3.3330 * 10^{-2} * \text{Log}_{10}(T)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = -1.0563 * 10^{-2} - 7.9034 * 10^{-3} * \text{Log}_{10}(T) \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora})$$

- SZO 2

$$\alpha_2 = 0.44182 + 1.0817 * \text{Log}_{10}(T)$$

$$n_2 = -0.18676 + 0.24310 * \text{Log}_{10}(T) - 3.5453 * 10^{-2} * \text{Log}_{10}(T)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = -5.6593 * 10^{-3} - 4.0872 * 10^{-3} * \text{Log}_{10}(T) \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora})$$

- SZO 3

$$\alpha_2 = 0.41273 + 1.1370 * \text{Log}_{10}(T)$$

$$n_2 = -0.19055 + 0.25937 * \text{Log}_{10}(T) - 3.8160 * 10^{-2} * \text{Log}_{10}(T)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = 1.5878 * 10^{-2} + 7.6250 * 10^{-3} * \text{Log}_{10}(T) \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora})$$

Nota la durata critica, le formule permettono di calcolare l'altezza di pioggia lorda.

6. CARATTERISTICHE DI DEFLUSSO E CAPACITA' DI INVASO

La realizzazione del parco eolico nell'area oggetto di intervento, non comporterà sostanziali variazioni in merito alla capacità di invaso del bacino ed alla portata al colmo da esso derivante, per le considerazioni in seguito riportate.

Occorre anzitutto considerare che le pale eoliche rappresentano opere di tipo puntuale e che pertanto non costituiscono un elemento rappresentativo di elevata impermeabilizzazione.

Si fa inoltre presente che non saranno effettuati sbancamenti o modifiche alla naturale pendenza dell'area di intervento, ma verrà mantenuta la medesima inclinazione attualmente caratterizzante il sito.

In ultimo si precisa che tutte le opere rappresentano una fase transitoria, finalizzata esclusivamente all'installazione dei generatori, e che al termine della fase di montaggio degli aerogeneratori, le piazzole, nella loro fase di esercizio, saranno ridotte ad un'area definitiva in adiacenza alla sede stradale di circa 585,00 mq (19,50 m x 30,00 m) da mantenere piana e sgombra da piantumazioni, necessaria alle periodiche visite di controllo e alla manutenzione delle turbine, mentre la superficie residua sarà ripristinata e riportato allo stato ante-operam.

Come anticipato, tali piazzole saranno realizzate in materiale con caratteristiche drenanti, sulla

base del quale si effettuerà una valutazione sulle caratteristiche ante e post opera.

La formula riepilogativa del modello impiegato per tale valutazione, è basata sulla seguente formula:

$$\mu(Q) = C_f S(d^*) K_A(d^*) \mu[I(d^*)] A$$

La formulazione in oggetto, oltre che essere espressa in funzione dei parametri pluviometrici di zona, che resteranno ovviamente immutati nella situazione ante e post intervento, è funzione del coefficiente di afflusso C_f e del tempo di ritardo t_r , di cui si riporta in seguito la formulazione impiegata:

$$C_f = C_{f1} \frac{A_1}{A} + C_{f2} \frac{A_2}{A}$$

$$t_r = \frac{C_{f1} A_1}{C_f A} \frac{1.25 \sqrt{A_1}}{3.6 c_1} + \frac{C_{f2} A_2}{C_f A} \frac{1.25 \sqrt{A_2}}{3.6 c_2}$$

Considerato che per i parametri C_{f1} , C_{f2} , c_1 e c_2 sono stati utilizzati valori costanti (riportati in seguito), è quindi possibile evincere che entrambi i coefficienti, risultino funzione dei parametri A , A_1 ed A_2 .

$$C_{f1} = 0.42$$

$$C_{f2} = 0.56$$

$$c_1 = 0.23 \text{ m/s}$$

$$c_2 = 1.87 \text{ m/s}$$

I parametri in oggetto rappresentano rispettivamente:

- A : la superficie del bacino;
- A_1 : la superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco;
- A_2 : la superficie non carbonatica del bacino;

Nel caso in oggetto, restando invariata la superficie del bacino, e, risultando immutato il rapporto di superficie non carbonatica e carbonatica del bacino, ne conviene che i parametri di coefficiente di afflusso C_f e del tempo di ritardo t_r derivanti dall'area in oggetto, risultino perfettamente invariati, comportando conseguentemente immutabilità nelle caratteristiche di

afflussi/deflussi per la situazione ante e post intervento.

A supporto di quanto riportato in precedenza, si analizzano in seguito i coefficienti di permeabilità della situazione ante e post-intervento, al fine di dimostrare, oltre all'invariabilità del deflusso delle acque superficiali, in quanto non saranno apportate modifiche plano/altimetriche rispetto alla situazione esistente, anche l'invariabilità del gradiente di infiltrazione delle acque.

In particolare, si assocerà allo strato superficiale della litografia di stato e di progetto, un coefficiente di permeabilità (dati estratti da informazioni presenti in letteratura), al fine di determinare le differenze di permeabilità della situazione ante e post opera.

TIPO DI TERRENO	k (m/s)
Ghiaia pulita	$10^{-2} - 1$
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	$10^{-5} - 10^{-2}$
Sabbia molto fine	$10^{-6} - 10^{-4}$
Limo e sabbia argillosa	$10^{-9} - 10^{-5}$
Limo	$10^{-8} - 10^{-6}$
Argilla omogenea sotto falda	$< 10^{-9}$
Argilla sovraconsolidata fessurata	$10^{-8} - 10^{-4}$
Roccia non fessurata	$10^{-12} - 10^{-10}$

Figura 19. Valori tipici dei coefficienti di permeabilità dei terreni

Nello specifico le aree di intervento sono tutte caratterizzate da un terreno vegetale con caratteristiche di permeabilità pari a $k=0,0001$, mentre le opere in progetto prevedono la posa di ghiaia, caratterizzata da un coefficiente di permeabilità pari mediamente a $k=0,01$. Si denota pertanto una permeabilità migliorata tra la situazione ante e la situazione post opera.

7. CONCLUSIONI

In conclusione, considerata l'invariabilità dei parametri di calibrazione del modello afflussi/deflussi rispetto alla situazione di progetto, nonché considerati invariati i coefficienti di permeabilità verticale ed orizzontale delle aree oggetto di intervento, confrontando la situazione ante intervento e post intervento, è possibile affermare che le opere in progetto non modificheranno i fenomeni idraulici naturali che possono aver luogo nell'area interessata dall'intervento, né tantomeno costituiranno ostacolo al deflusso o limiteranno la sua capacità di invaso.