



# REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



COMUNE DI BITTI

PROVINCE DI NUORO E SASSARI



COMUNE DI BUDDUSO



## PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO "BITTI - TERENCESS"

Potenza complessiva 56 MW

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

RS-09

### RELAZIONE INTERFERENZE PRINCIPALI PONTI RADIO

COMMITTENTE

**GREEN  
ENERGY  
SARDEGNA 2  
Lr.L.**

Piazza del Grano 3  
39100 Bolzano, Italia

### GRUPPO DI LAVORO

Ing. Giorgio Floris: Coordinatore e progettista opere civili, elettriche e sottostazione

Ing. Matteo Floris: Collaborazione progettazione parte civile, elettrica e sottostazione

Geom. Francesco Troncia: rilievi, elaborazioni grafiche e progettazione

Dott. Geol. Fausto Pani: relazione paesaggistica - Sia - studio geologico  
simulazioni fotografiche

Dott. Maurizio Medda: relazione faunistica e piano di monitoraggio faunistico

Dott. Agr. Paolo Callioni - Dott. For. Carlo Poddi:

relazione pedo agronomica e vegetazionale

Dott. For. Carlo Poddi: relazione impatto acustico ante operam e bassa frequenza

Dott.ssa Archeo. Giuseppina Manca di Mores: relazione archeologica

Ing. Vincenzo Pinna: calcoli strutturali

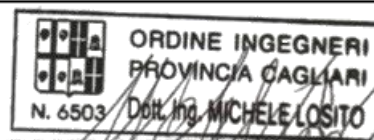
Ing. Michele Losito, consulente scientifico Prof. Gianluca Gatto:

relazione sui principali ponti radio nell'area del parco

Ce.Pi.Sar.: piano monitoraggio chiroterteri

SCALA:

FIRME



Rev.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data
00	Prima emissione				Luglio 2020



## REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Comuni di Bitti (Nuoro) e Buddusò (Sassari)

**GREENENERGYSARDEGNA2**

Green Energy Sardegna 2 Srl

Piazza del Grano 3, Bolzano, P.IVA e Cod. Fisc. 02993950217

## PROGETTO DEL PARCO EOLICO "BITTI-TERENASS", DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

### RS-9 Relazione interferenza con principali ponti radio



## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	INTERFERENZA CON LE RADIO-TRASMISSIONI .....	4
3	SRB N°1 – Tanca Nova – Bitti .....	7
4	SRB N°2 – Punta Martullo – Bitti – Loc. Mamone .....	8
5	SRB N°3 – Nule .....	9
6	SRB N°4 – Monte Lerno – Pattada .....	10
7	SRB N°5 – Monte Libara – Tempio Pausania .....	11
8	Altre SRB .....	12
9	Effetto Fresnel.....	12
10	Asse P3-P5 .....	14
11	Asse P7-P10 .....	16
12	CONCLUSIONE RELATIVA ALLE INTERFERENZE CON LA RETE RADIO-TV .....	18

La presente Relazione ed i suoi allegati sono riproducibili interamente o parzialmente con qualsiasi mezzo anche indiretto solo previa autorizzazione di almeno uno degli autori in calce



## 1 PREMESSA

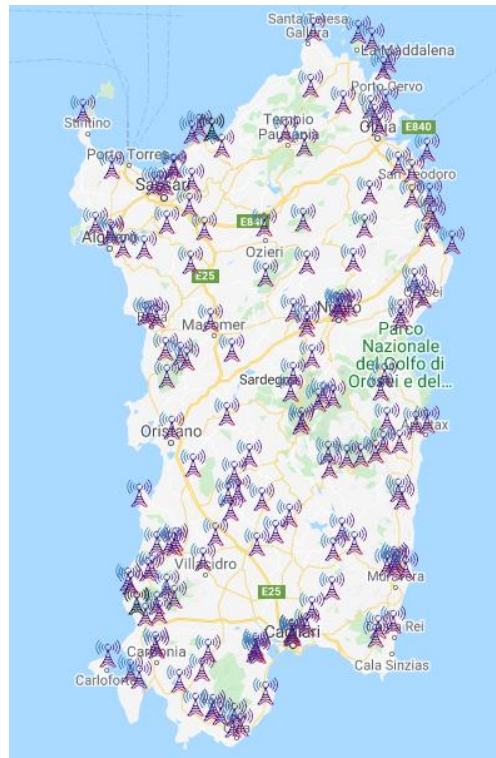
Nell'area individuata per l'installazione dell'impianto Eolico per la produzione di Energia Elettrica, presso il comune di Bitti, è necessario verificare la presenza, e determinarne l'entità, delle possibili interferenze, tra gli aerogeneratori e le sorgenti intenzionali di segnali a radio frequenza costituite essenzialmente dalla Rete di Radiodiffusione locale e dai ponti radio. In tale contesto si è tenuto conto solo dei fenomeni di riflessione e rifrazione, delle onde elettromagnetiche, causate dagli aerogeneratori costituiti essenzialmente da torre e rotore. In particolare, non sono state valutate le "emissioni elettromagnetiche non intenzionali" associate agli aerogeneratori, perché di ridotta ampiezza (gli aerogeneratori sono tutti conformi alla direttiva EMC come indicato sul certificato di conformità fornito dal costruttore) e in un range di frequenza, di molto inferiore rispetto a quello impiegato dalle sorgenti radio prese in considerazione.

Il parco eolico in oggetto sarà costituito da N° 11 aerogeneratori tripala, aventi potenza nominale pari a 6.2 MW (limitati a 5.09 MW), diametro massimo del rotore pari a 170 m e altezza massima all'hub pari a 119 m e altezza massima del tip della pala pari a 200 m, ubicati come riportato nelle tavole del progetto (in parte allegate alla presente relazione). La potenza nominale del parco eolico risulta di 56 MW.

## 2 INTERFERENZA CON LE RADIO-TRASMISSIONI

Poiché presso gli uffici preposti della Regione Sardegna e gli enti locali non sono disponibili informazioni puntuali circa la presenza di Stazioni Radio Base (SRB), le rispettive posizioni e le caratteristiche di interconnessione tra di esse, è stato necessario condurre una ricerca avvalendosi di indagini sul territorio con l'aiuto di notizie fornite da organizzazioni di radioamatori e da enti regionali i quali in particolare ci comunicano che è ancora in fase di bonifica il "catasto" delle SRB in quanto si è rilevata la presenza di gravi errori nel numero e nella loro posizione.

I risultati relativi all'area estesa intorno al Parco eolico di Bitti sono riassunti nella tavola allegata. I ponti radio presenti in Sardegna sono tipicamente installati sulle vette di montagne intorno a 1000 ms.l.m. e le turbine di un parco eolico in generale non causano interferenza sia per riflessione e/o rifrazione sia tenendo in conto delle emissioni elettromagnetiche intrinseche (sorgenti non intenzionali). In assenza di informazioni dettagliate, si è condotta una analisi molto cautelativa (approssimazione conservativa), ipotizzando una connessione radio tra le SRB il cui fascio principale passa a bassa quota e può intersecare l'area di installazione delle pale eoliche. La tavola "Principali Ponti Radio nell'area del Parco Eolico di Bitti" allegata illustra la posizione dei ponti radio e la posizione dell'insieme delle turbine del parco eolico di Bitti. Nell'immagine che segue (fig. 1) si illustra la posizione dei principali ponti radio in Sardegna.



**Figura 1 - Mappa delle principali SRB in Sardegna**

I principali ponti radio individuati nel presente studio sono:

- SRB1: P6 - Tanca Nova – Bitti
- SRB2: P3 - Punta Martullo – Bitti
- SRB3: P5 - Nule
- SRB4: P2 - Monte Lerno – Pattada
- SRB5: P10 - Monte Limbara – Tempio Pausania

Durante lo studio sono state individuate altre postazioni radio/telefoniche, di seguito elencate:

- P15 : Bitti
- P7 : Lula
- P8 : Lodè
- P9 : Alà dei Sardi
- M1, M7, M10 : Buddusò
- M6 : Monte Lerno – Pattada
- M5 : Benetutti

Nell'immagine satellitare, riportata in fig.2, sono state indicate, con segnaposti gialli, le posizioni degli aerogeneratori e, con segnaposti rossi, tutte le SRB e le postazioni radio/telefoniche individuate.

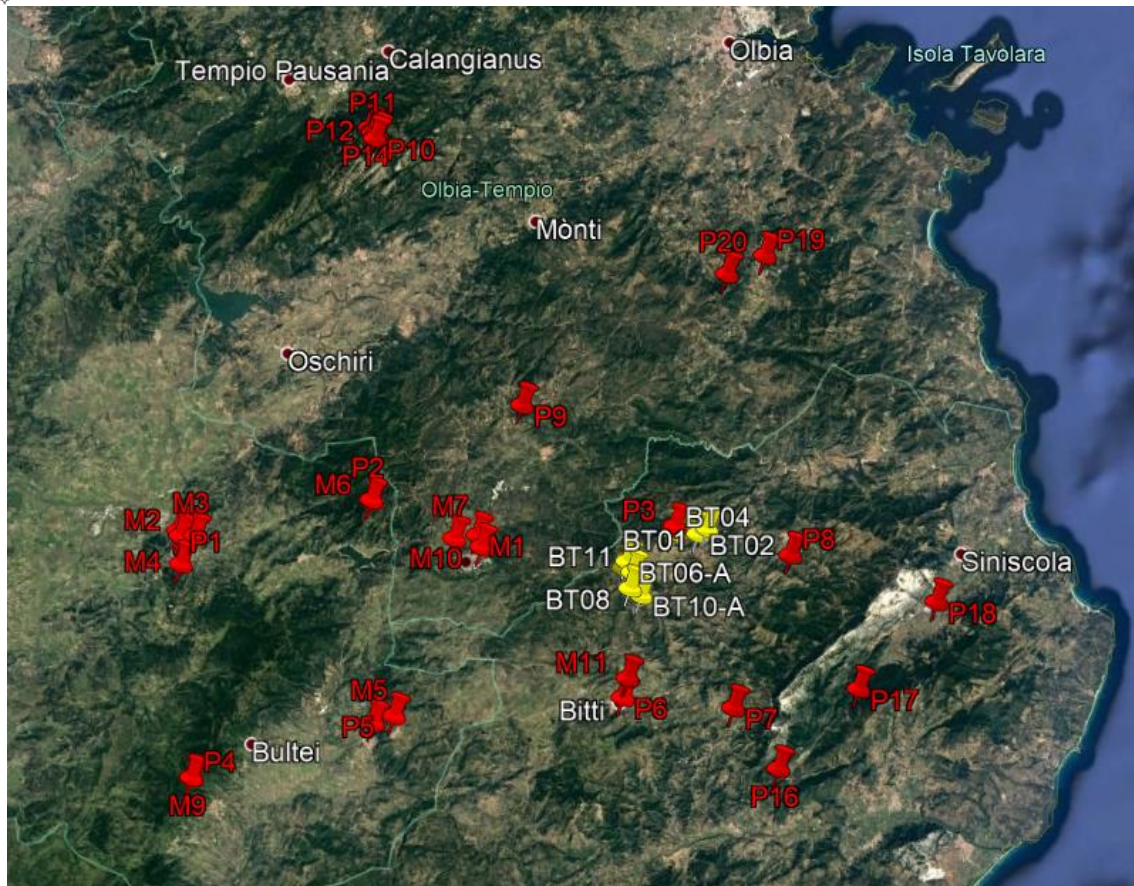


Figura 2 - Immagine satellitare dell'area di interesse con indicazione delle turbine eoliche e delle stazioni radio

Sono state analizzate le possibili interconnessioni radio tra i ponti illustrati nella figura 2, al fine di determinare possibili intersezioni tra "fasci di onde radio" e l'area di installazione dell'impianto eolico.

A questo proposito si è stabilito un range di frequenza operativo, tecnicamente plausibile, di queste sorgenti di segnali radio.



### 3 SRB N°1 – Tanca Nova – Bitti

Si riportano di seguito i dati relativi alla SRB N°1 sita nel Comune di Bitti.

Nome Ponte: Tanca Nova

Nome Alternativo: Monte Sant'Elia

Città: Bitti

Altitudine (metri): 740 ; Latitudine: 40°28'17.8"N ; Longitudine: 9°23'12.4"E

Copertura: Bitti, Lula e comuni limitrofi

Di seguito si riporta l'elenco delle frequenze del MUX relative alla SRB N°1:

#### ELENCO FREQUENZE MUX

EU	FREQ	POL.	MUX
36	594	O	<u>Videolina Mux 1</u>
39	618	O	<u>Sardegna 1</u>
43	650	O	<u>RAI Mux 3</u>
47	682	o	<u>RAI Mux 4</u>
49	698	o	<u>RAI Mux 2</u>
5	177,5	o	<u>RAI Mux 1</u>



## 4 SRB N°2 – Punta Martullo – Bitti – Loc. Mamone

Si riportano di seguito i dati relativi alla SRB N°2 sita nel Comune di Bitti, Loc. Mamone.



Nome Ponte: Punta Martullo

Nome Alternativo: Mamone

Città: Bitti

Altitudine (metri): 920 ; Latitudine: 40°35'10.4"N ; Longitudine: 9°26'06.8"E

Copertura: Ludurru, Alà Dei Sardi e dintorni

Di seguito si riporta l'elenco delle frequenze del MUX relative alla SRB N°2:

### ELENCO FREQUENZE MUX

EU	FREQ	POL.	MUX
39	618	v	<u>Sardegna 1</u>
42	643	v	<u>Mediaset 5</u>
43	650	V	<u>RAI Mux 3</u>
46	674	v	<u>Mediaset 2</u>
47	682	V	<u>RAI Mux 4</u>
49	698	V	<u>RAI Mux 2</u>
50	706	V	<u>Mediaset 1</u>
52	722	v	<u>Mediaset 4</u>
7	191,5	v	<u>RAI Mux 1</u>





## 5 SRB N°3 – Nule

Si riportano di seguito i dati relativi alla SRB N°3 sita nel Comune di Nule.

Nome Ponte: Nule

Nome Alternativo: Nule Benetutti

Città: Nule

Altitudine (metri): 640 ; Latitudine: 40°27'41.7"N ; Longitudine: 9°11'03.7"E

Copertura: Anela, Bono, Nule e centri limitrofi

Di seguito si riporta l'elenco delle frequenze del MUX relative alla SRB N°3:

### ELENCO FREQUENZE MUX

EU	FREQ	POL.	MUX
9	205,5	o	<u>RAI Mux 1</u>



## 6 SRB N°4 – Monte Lerno – Pattada

Si riportano di seguito i dati relativi alla SRB N°4 sita nel Comune di Pattada.



Nome Ponte: Monte Lerno

Nome Alternativo: Buddusò – Pattada

Città: pattada

Altitudine (metri): 1094 ; Latitudine: 40°36'25.1"N ; Longitudine: 9°10'02.0"E

Copertura: Buddusò, Osidda, Pattada

Di seguito si riporta l'elenco delle frequenze del MUX relative alla SRB N°4:

### ELENCO FREQUENZE MUX

EU	FREQ	POL.	MUX
11	219.5	o	<u>RAI Mux 1</u>
43	650	O	<u>RAI Mux 3</u>
45	666	O	<u>RAI Mux 1</u>
47	682	o	<u>RAI Mux 4</u>
49	698	o	<u>RAI Mux 2</u>



## 7 SRB N°5 – Monte Libara – Tempio Pausania

Si riportano i dati relativi alla SRB N°5 sita nel Comune di Tempio Pausania

Nome Ponte: Monte Limbara

Città: Tempio Pausania

Altitudine (metri): 1330 ; Latitudine: 40°51'13.3"N ; Longitudine: 9°10'26.8"E

Copertura: buona parte della provincia di Sassari e parte orientale della provincia di Nuoro

Di seguito si riporta l'elenco delle frequenze del MUX relative alla SRB N°5:

### ELENCO FREQUENZE MUX

EU	FREQ	POL.	MUX
22	482	O	La3 (OFF)
23	490	o	TCS Mux 1
23	490	O	TCS Mux 1
25	506	o	Olbia TV
26	514	o	TIMB 3
27	522	O	Rete A Mux 2
28	530	o	Tele Sardegna
29	538	O	Mediaset 3
30	546	o	5 Stelle Sardegna
32	562	o	Rete A Mux 1
33	570	O	Terranova TV Sardegna
36	594	o	Videolina Mux 1
38	610	o	Dfree
39	618	o	Sardegna 1
40	626	O	Canale Italia mux 1
41	634	O	RAI Mux 4
42	643	O	Mediaset 5
43	650	o	RAI Mux 3
44	658	V	Canale Italia mux 2
46	674	o	Mediaset 2
47	682	o	RAI Mux 4
49	698	o	RAI Mux 2
54	738	O	Mediaset 1
55	746	o	TIMB 2
56	754	o	TIMB 1
58	770	O	Mediaset 4
59	778	O	Cairo Due
9	205,5	O	RAI Mux 1



## 8 Altre SRB

Durante l'analisi delle SRB nell'area vasta, sono stati identificati ulteriori ponti radio per telefonia mobile/fissa la cui dislocazione è riportata nella figura seguente.

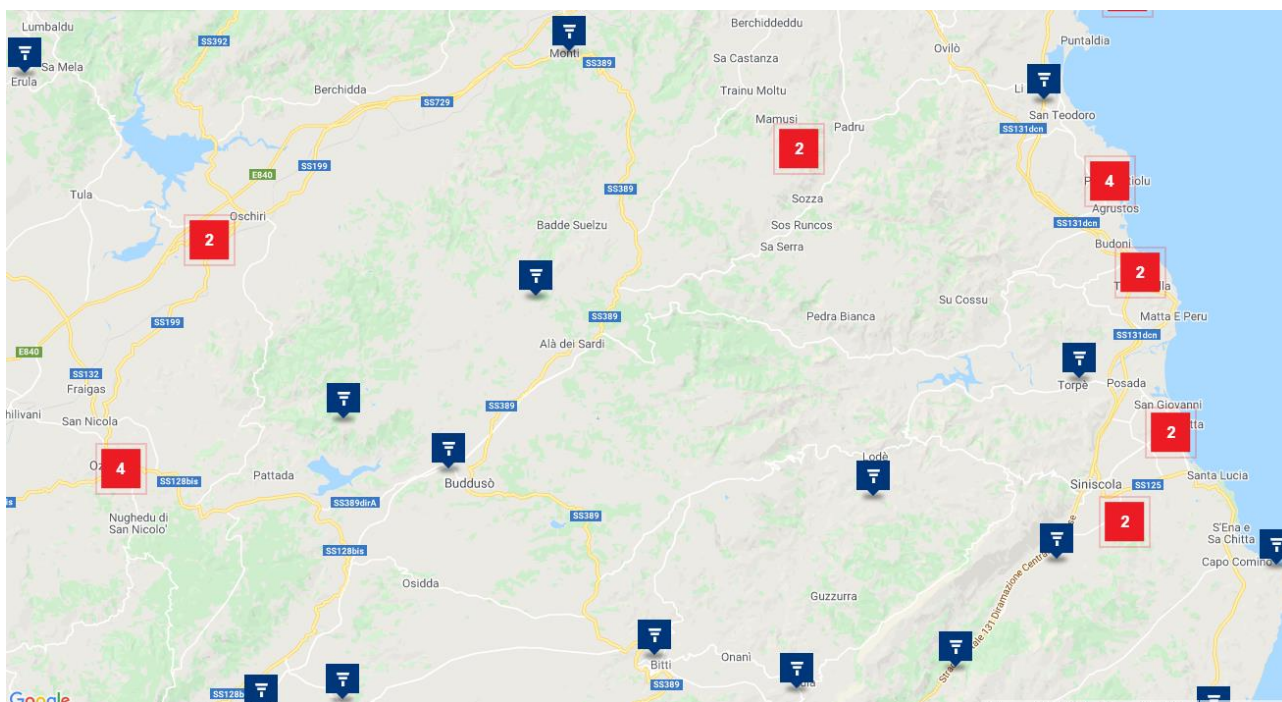


Figura 3- Mappa SRB telefonia fissa/mobile

E' stato quindi condotto uno studio cautelativo al fine di individuare le trasmissioni dei ponti radio che intersecano l'area di installazione degli aerogeneratori.

Sono stati esclusi dall'analisi tecnica, gli assi congiungenti le SRB che, per conformazione del territorio, non sono in visibilità diretta, come ad esempio l'asse P7-P9.

A tal proposito sono stati quindi individuati diversi assi radio con visibilità diretta tra le SRB nella zona di interesse:

- P3-P5 : interseca l'area di installazione del parco eolico;
- P6-P8 : non interseca l'area di installazione del parco eolico;
- P6-P10 : non interseca l'area di installazione del parco eolico;
- P7-P10 : interseca l'area di installazione del parco eolico;

Gli assi che intersecano la zona di installazione delle turbine sono quelli congiungenti i ponti P3 con P5, e P7 con P10, i cui fasci principali passano in prossimità dell'impianto in esame.

Come già accennato, sono stati analizzati i due assi al fine di valutare le possibili interferenze, per riflessione e rifrazione, ipotizzando la frequenza della portante pari a 6GHz (Worst Case); inoltre, l'analisi è stata estesa tenendo conto anche dell'interferenza tra fascio di onde radio e la superficie delle pale del rotore.

A tale fine sono state preliminarmente calcolate le zone di Fresnel per i rispettivi casi.

## 9 Effetto Fresnel

L'effetto Fresnel è quell'insieme di fenomeni fisici d'interferenza sempre presenti nelle trasmissioni a radiofrequenza. L'utilizzo di portanti in alta frequenza richiede, inoltre, che le antenne siano a portata ottica e che non vi siano ostacoli interposti tra la loro congiungente geometrica.

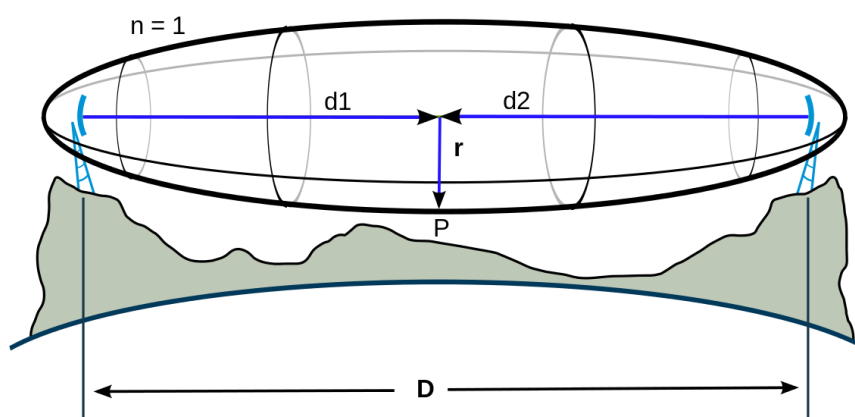
Si definisce LOS (Line of Sight) ovvero "linea di visibilità" quella linea ottica diretta e priva di ostacoli tra due punti. Quest'ultima condizione è facilmente verificabile e, in caso di distanze



particolarmente elevate, l'utilizzo di un binocolo costituisce valido aiuto. Gli ostacoli che possono oscurare la LOS possono essere di varia natura:

- Elementi caratteristici della zona: montagne o colline;
- Palazzi o altre costruzioni;
- Piante o boschi;
- Curvatura terrestre: solo a grandi distanze

In un link radio non basta considerare la sola LOS, parte dell'energia irradiata vi si trova intorno. Si può immaginare questa zona come un ellissoide o un dirigibile il cui asse è la LOS stessa. Questo spazio viene definito come Zona di Fresnel e non dovrebbe mai essere attraversato da oggetti o dagli elementi sopra elencati. Se un oggetto solido come un monte o un palazzo rientra in tale zona, il segnale può essere deviato (per riflessione) e/o attenuato in potenza (per assorbimento o per cammini multipli del segnale). La zona di Fresnel assume dimensioni variabili e dipendenti dalla frequenza e dal percorso del segnale.



L'immagine qui sopra può rappresentare il tipico esempio di zona di Fresnel non libera, sebbene la LOS lo risulti. Fenomeni di diffrazione e riflessione possono deviare parte del segnale originale. Siccome queste riflessioni non sono mai in fase, il segnale può risultare attenuato in potenza o annullato completamente (tipico nei fenomeni di cammini multipli). Anche la presenza di piante attenua il segnale.

Da queste considerazioni si intuisce che antenne a "visibilità ottica" diretta non garantiscono in teoria l'efficienza di un link radio. Prove pratiche "sul campo" hanno però evidenziato che è sufficiente avere il 60% del raggio massimo della zona di Fresnel libera da occlusioni per avere un link efficiente ed in particolare, il 60% per la modulazione DSSS e l'80% per la FHSS Frequency Hopping Spread Spectrum.

Il calcolo della zona di Fresnel è usato per dimensionare la posizione in altezza di antenne. In caso di particolari occlusioni, è bene optare nel cambio di posizione dell'antenna in modo tale d'aver almeno il 60% del raggio massimo di tale zona libero. Vediamo come eseguire il calcolo della zona di Fresnel in un determinato punto.

$$R = 17.3 \cdot \sqrt{\frac{d1 \cdot d2}{f \cdot (d1 + d2)}}$$

Dove:

R: Raggio della zona di Fresnel espresso in metri

d1, d2: Distanza dell'ostacolo dalle antenne espressa in metri

f: Frequenza segnale espressa in Mhz

Al fine di calcolare la presenza e l'entità dell'interferenza tra i ponti radio e il campo eolico in progetto, sono stati calcolati i raggi delle zone di Fresnel per ciascuna congiungente geometrica i ponti radio individuati durante lo studio.



## 10 Asse P3-P5

L'asse P3-P5 congiunge il ponte radio P3 sito nel Comune di Bitti, a 920 metri di altitudine circa, con il ponte radio P5 sito nel Comune di Nule, a 640 metri di altitudine. La congiungente i due ponti radio, ipotizzando una connessione tra i due, passa in prossimità dell'area interessata dall'installazione delle pale eoliche e in particolare per quanto riguarda le pale BT04, BT05, BT06 e BT07, come riportato in figura 4. La distanza della pala più vicina alla congiungente geometrica (asse in radiofrequenza) è di circa 200 metri, quindi, considerata la larghezza delle zone di Fresnel, sia la torre che le pale degli aerogeneratori non causano di fatto alcun tipo di interferenza.



Figura 4- Asse P3-P5

Si analizzano di seguito le zone di Fresnel relative alla posizione dell'aerogeneratore BT06 che è quella più vicina all'asse P3-P5 mentre le altre pale non costituiscono alcuna fonte di interferenza in quanto a distanze maggiori.

La distanza tra i due ponti radio è di circa 25374 m e si riportano di seguito i profili altimetrici rilevati tra i due punti in corrispondenza della pala BT06.



Figura 5- Profilo altimetrico e punto BT06



Ipotizzando che il ponte radio trasmetta alla frequenza portante di 6 GHz, risulta che la prima zona di Fresnel in corrispondenza dell'aerogeneratore BT06 ha un diametro di circa 27 metri. Si rileva che tale area non intercetta alcuna aerogeneratore del gruppo menzionato, per quanto riguarda le zone di Fresnel dalla 1 alla 4.

I dati per il calcolo delle zone di Fresnel sono riportati di seguito:

Asse P3-P5 – BT06		
Distanza P3-BT06	4437	m
Distanza P5-BT06	20937	m
Frequenza	6000	MHz
Raggio 1° Zona di Fresnel	13,51381443	m
Diametro 1° Zona di Fresnel	27,02762887	
Raggio 2° Zona di Fresnel	19,11141965	m
Diametro 2° Zona di Fresnel	38,2228393	
Raggio 3° Zona di Fresnel	23,4066132	m
Diametro 3° Zona di Fresnel	46,8132264	
Raggio 4° Zona di Fresnel	27,02762887	m
Diametro 4° Zona di Fresnel	54,05525773	



## 11 Asse P7-P10

L'asse P7-P10 congiunge il ponte radio P7 sito nel Comune di Lula con il ponte radio sito nella sommità del Monte Limbara nel Comune di Tempio Pausania. La congiungente i due ponti radio, ipotizzando una connessione radio tra i due, passa attraverso l'area interessata dall'installazione delle pale eoliche e in particolare per quanto riguarda le pale da BT05 a BT10, come riportato nella figura seguente.

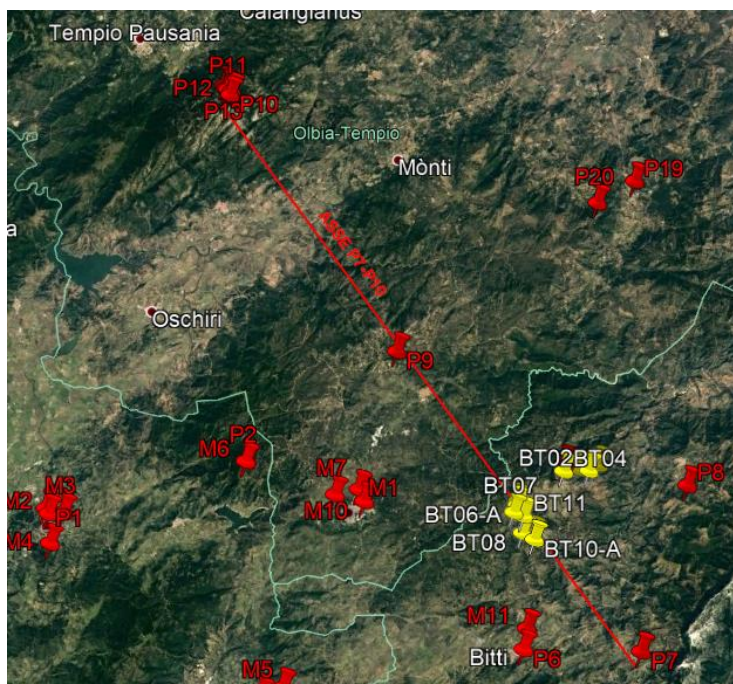


Figura 6- Asse P7-P10

Nella figura 7 si riporta il dettaglio delle posizioni delle pale interessate:

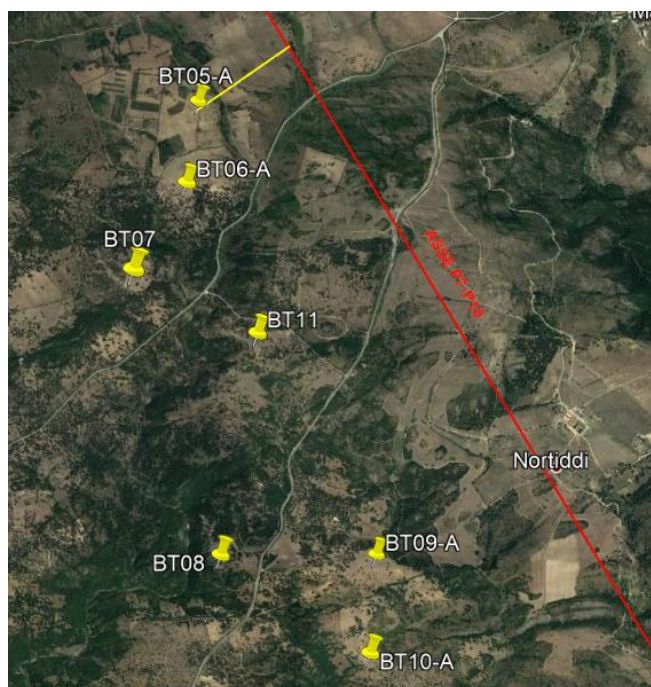


Figura 7 - Particolare distanza pala BT05 asse P7-10





Si analizzano di seguito le zone di Fresnel relative alla posizione della pala eolica più vicina all'asse P7-P10, la BT05, mentre le altre pale non costituiscono alcuna fonte di interferenza in quanto a distanze maggiori.

La distanza tra i due ponti radio è di circa 50292 m e si riportano di seguito i profili altimetrici rilevati tra i due punti in corrispondenza della pala BT05.



**Figura 8 - Profilo altimetrico e punto BT05**

Ipotizzando che il ponte radio trasmetta alla frequenza portante di 6 GHz, risulta che la prima zona di Fresnel in corrispondenza della pala BT05 ha un diametro di circa 22 metri.

Si rileva che tale area non intercetta alcuna pala eolica del gruppo menzionato, per quanto riguarda le zone di Fresnel dalla 1 alla 4.

I dati per il calcolo delle zone di Fresnel relativi alla pala BT05 sono riportati di seguito:

Distanza P7-BT05	13888	m
Distanza P10-BT05	36404	m
Frequenza	6000	MHz
Raggio 1° Zona di Fresnel	22,39316	m
Diametro 1° Zona di Fresnel	44,78632	m
Raggio 2° Zona di Fresnel	31,66871	m
Diametro 2° Zona di Fresnel	63,33743	m
Raggio 3° Zona di Fresnel	38,7861	m
Diametro 3° Zona di Fresnel	77,57219	m
Raggio 4° Zona di Fresnel	44,78632	m
Diametro 4° Zona di Fresnel	89,57265	m



## 12 CONCLUSIONE RELATIVA ALLE INTERFERENZE CON LA RETE RADIO-TV

Premesso che l'analisi è stata condotta sui ponti radio riportati sui documenti ufficiali e individuati nei diversi sopralluoghi condotti presso l'area in cui sorgerà l'impianto eolico; in particolare l'analisi è stata condotta per n°5 ponti radio/televisivi e n°9 ponti per telefonia mobile/fissa. Allo stato attuale non si hanno informazioni sulla presenza di ulteriori ponti radio sia realizzati e non riportati sulle carte ufficiali sia in fase di realizzazione. In conclusione, l'impianto eolico di Bitti, costituito da N° 11 aerogeneratori della potenza massima nominale di 6,2 MW (limitati a 5.09 MW), per una potenza massima totale di 56MW, non causa interferenze significative sulla rete di radiodiffusione locale e regionale.

Alla presente relazione è allegata la tavola "Principali Ponti Radio nell'area del Parco Eolico di Bitti-Terenass".