

SARDEOLICA S.r.l.

Sesta Strada Ovest - Z.I. Macchiareddu I-09068 Uta (CA)

Società del gruppo SARAS

REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO "ONANIE" NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ONANI' (NU)

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE



STUDIO DELLE INTERFERENZE SULLE TELECOMUNICAZIONI

ALLEGATO E

Rev.	Data
0	Settembre 2020

Il Committente:



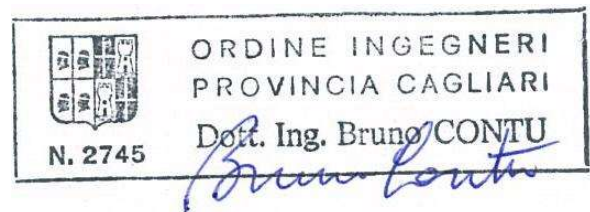
Elaborazione S.I.A.:



ECOS S.R.L.

Via Meucci 11a, 09131 CAGLIARI
Tel. 07044805 - Fax 0704526095
<http://www.ecos-srl.com>
e-mail: ecos@ecos-srl.com

Coordinamento: Dott. Ing. Bruno Contu



A cura di: Ing. Gabriele Lecca



INDICE

1. INTRODUZIONE.....	2
2. FREQUENZE UTILIZZATE NELLE TELECOMUNICAZIONI, MODALITÀ DI PROPAGAZIONE DEL SEGNALE ELETTRONMAGNETICO, POSSIBILI INTERFERENZE E DISTURBI.....	3
3. SISTEMI ED APPARATI PER TELECOMUNICAZIONE.....	7
4. DISTURBI DETERMINATI DAI GENERATORI EOLICI E INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE DI PROTEZIONE (NON INTERFERENZA) DI IMPIANTI E COLLEGAMENTI	9
5. ANALISI DELLE INFRASTRUTTURE PER TELECOMUNICAZIONI PRESENTI IN PROSSIMITÀ DEL SITO DEL PARCO EOLICO.....	11
6. CONCLUSIONI	16

ALLEGATI:

Tavola 1 – Principali impianti di telecomunicazioni presenti nell’area vasta del Parco eolico

Allegato E.1 - Approfondimento studio previsionale per la valutazione delle interferenze sulle telecomunicazioni



1. INTRODUZIONE

Il presente studio è mirato a verificare che il Parco eolico in progetto, denominato *ONANIE*, non arrechi disturbo alle telecomunicazioni; il parco, che sarà costituito da 6 generatori eolici di tipo VESTAS V162 da 5,6 MW, verrà realizzato in un'area rurale nel Comune di Onani.

Gli aereogeneratori non sono fonti di emissioni elettromagnetiche tali da poter influenzare, in termini di interferenza o rumore, i segnali utilizzati nelle telecomunicazioni; essi tuttavia, dato il notevole ingombro e la collocazione in corrispondenza di alture e rilievi, possono costituire un ostacolo alla propagazione delle onde elettromagnetiche che trasportano l'informazione, con conseguente disturbo delle telecomunicazioni.

Considerando che la modalità di propagazione delle onde elettromagnetiche impiegate per i servizi di telecomunicazione risulta molto differente in funzione della frequenza, del tipo di servizio e della tecnologia utilizzata, lo studio del possibile disturbo alle telecomunicazioni arrecato dal Parco eolico non potrà prescindere da un'approfondita analisi dei seguenti elementi:

- numero e posizione degli impianti riceventi e trasmettenti presenti nell'area prossima al sito di realizzazione del Parco eolico ed eventuale presenza di tratte in ponti radio per collegamenti a lunga distanza;
- caratteristiche delle emittenti, in termini di area servita, posizione e altezza della stazione, tipo di emissione (direttività e polarizzazione), frequenza, ecc.;
- caratteristiche geometriche di ingombro degli aereogeneratori durante la rotazione, spessore e caratteristiche dei materiali costituenti l'ostacolo;
- caratteristiche morfologiche e di utilizzo del territorio (acclività, presenza di ostacoli, aree urbane servite, ecc.).

A tal proposito occorre evidenziare che, mentre si può agevolmente reperire la documentazione necessaria per raggiungere una buona conoscenza delle caratteristiche degli aerogeneratori e possono essere facilmente acquisite le informazioni relative alla morfologia e al tipo di utilizzo del territorio, risulta particolarmente difficile il reperimento delle informazioni relative agli impianti di telecomunicazioni.

I motivi sono essenzialmente riconducibili al fatto che al momento non esiste una mappa organica delle emittenti presenti nel territorio regionale e che solo recentemente si sta cercando di regolarizzare la loro installazione; alcune informazioni sono poi volutamente tenute riservate, sia per strategie commerciali che per ragioni di sicurezza legate alla difesa del territorio e della popolazione (impianti militari, delle forze dell'ordine e della protezione civile, ecc.).

L'intero settore delle telecomunicazioni risulta poi in rapida e continua evoluzione, sia in termini di aumento dei servizi richiesti, sia per esigenze legate allo sviluppo di nuove tecnologie, che comportano modifiche nei sistemi trasmettenti e continua nascita di nuovi impianti.



2. FREQUENZE UTILIZZATE NELLE TELECOMUNICAZIONI, MODALITÀ DI PROPAGAZIONE DEL SEGNALE ELETTROMAGNETICO, POSSIBILI INTERFERENZE E DISTURBI

Le onde elettromagnetiche utilizzate per le telecomunicazioni hanno frequenze da 3 kHz a 300 GHz, alle quali corrispondono lunghezze d'onda variabili da 100 km a 1 mm. In un intervallo così esteso di frequenze agiscono molteplici fenomeni fisici che assumono maggiore o minore rilevanza al variare della frequenza delle onde elettromagnetiche.

Il complesso intreccio di fattori che agisce sulle onde elettromagnetiche determina un differente comportamento delle stesse nell'interazione con gli ostacoli, la superficie e l'atmosfera terrestre; tutto ciò comporta che, al variare della frequenza, si abbia una diversa modalità di propagazione del segnale trasmesso, delle sue caratteristiche e della sua sensibilità ai possibili disturbi.

Nella tabella seguente sono riassunte le bande di frequenza con la relativa modalità di propagazione e le principali applicazioni, in uso nel campo delle telecomunicazioni.

Tabella 1 – Bande di frequenza, modalità di propagazione e applicazioni

TIPO DI ONDE • frequenza • lunghezza d'onda • banda	TIPO DI PROPAGAZIONE	APPLICAZIONI
Lunghissime e lunghe • (3 ÷ 300) KHz • (100 ÷ 1) km • VLF - LF	<ul style="list-style-type: none"> • per onda di superficie (sino a 1500 Km); • per rifrazione / riflessione nella ionosfera 	comunicazioni intercontinentali, radio navigazione, radio localizzazione, radiodiffusione LW
Medie • (0,3 ÷ 3) MHz • 1 km ÷ 100 m • MF	<ul style="list-style-type: none"> • per onda di superficie (sino ad alcune centinaia di Km, maggiore attenuazione delle onde lunghe); • per riflessione nella ionosfera maggiore la notte, quando si attenua l'effetto dello strato D e si modifica lo strato F, rispetto al giorno 	radiocomunicazione navi e aerei, radiodiffusione MW (in modulazione di ampiezza AM (520 ÷ 1605) KHz
Corte • (3 ÷ 30) MHz • (100 ÷ 10) m • HF	<ul style="list-style-type: none"> • per onda di superficie sino ad alcune decine di Km (forte attenuazione); • per riflessione nella ionosfera, minore attenuazione delle onde lunghe e maggiore riflessione dallo strato F (distanze maggiori che le onde lunghe) 	radiodiffusione SW a media e lunga distanza (stazioni internazionali), banda cittadina CB a 27 MHz, servizi utility



TIPO DI ONDE • frequenza • lunghezza d'onda • banda	TIPO DI PROPAGAZIONE	APPLICAZIONI
Cortissime • 30 MHz ÷ 300 GHz • 10 m ÷ 1 mm • VHF - UHF - SHF - EHF	<ul style="list-style-type: none"> • propagazione per onda di superficie praticamente nulla; • propagazione per onda diretta con rifrazione nella troposfera; • propagazione per riflessione su satellite (l'onda non viene rifratta nella ionosfera causa l'elevata frequenza) 	VHF: collegamenti a brevi distanze, radiodiffusione FM (88 ÷ 108) MHz, banda radioamatoriale (c.d. banda dei 2 mt.) (144 ÷ 146) MHz, televisione banda I e II; UHF: televisione in banda III e IV, banda radioamatoriale (430 ÷ 440) MHz, radar, ponti radio telefonici a 2 GHz, telefonia mobile a 900 MHz; SHF e EHF: radar e ponti radio telefonici digitali (11 ÷ 13) GHz, radionavigazione, satelliti geostazionari

La propagazione delle onde elettromagnetiche nelle telecomunicazioni non è facilmente classificabile e uniformabile, pertanto lo studio e l'analisi del loro comportamento non possono trascurare alcuni concetti chiave che vengono di seguito richiamati.

Occorre innanzitutto distinguere due circostanze totalmente diverse:

- propagazione delle onde elettromagnetiche nel vuoto;
- propagazione delle onde elettromagnetiche all'interno dell'atmosfera terrestre.

Nel vuoto, in assenza di atmosfera, di corpi materiali e ostacoli, le onde elettromagnetiche si muovono sempre in linea retta, si propagano tutte alla stessa velocità ($c = 300.000$ km/sec) e non sono soggette a fenomeni di assorbimento, riflessione, rifrazione e diffrazione, quindi il loro comportamento è assolutamente indipendente dalla frequenza.

All'interno dell'atmosfera terrestre, invece, poiché la stessa non è un mezzo né isotropo né omogeneo, la propagazione delle onde è soggetta a diversi fenomeni di interazione con la materia, che risultano dipendenti dalla lunghezza d'onda.

I principali fenomeni fisici di interazione delle onde elettromagnetiche con la materia possono essere così riassunti:

- Onda superficiale. Consiste in uno scambio progressivo di potenza tra le correnti indotte sulla superficie e il campo elettromagnetico al di sopra di essa. A basse frequenze, tale scambio consente di avere propagazione fino ad elevate distanze, aggirando la rotondità terrestre;
- Riflessione. È una teoria con cui si descrivono approssimativamente gli effetti superficiali quando le frequenze sono alte e gli effetti localizzati in zone limitate;



- Diffrazione. È la reirradiazione di campo elettromagnetico al di là di ostacoli che non consentono la penetrazione dell'onda incidente all'interno di essi. L'ostacolo può avere varie forme. Casi estremi sono quello della lama di coltello e quello della superficie terrestre sferica;
- Rifrazione. È l'incurvamento del percorso elettromagnetico all'interno di un mezzo in cui la propagazione può aver luogo, ma con variazioni regolari di costante dielettrica. Se le variazioni sono rapide e/o irregolari, si hanno altri effetti, quali multipath e scintillazioni;
- Diffusione (Scattering). Quando l'onda incide su corpi di piccole dimensioni (es. gocce di pioggia) si ha reirradiazione in direzioni diverse da quella di incidenza. L'effetto dipende dalla costante dielettrica e aumenta col rapporto tra dimensioni tipiche dei corpi e lunghezza d'onda (d/λ);
- Assorbimento. È l'effetto di cessione di potenza elettromagnetica dall'onda al mezzo, con conseguente attenuazione dell'onda e riscaldamento del mezzo. Dipende principalmente dalla costante dielettrica e aumenta col rapporto tra dimensioni tipiche dei corpi e lunghezza d'onda d/λ . Per il principio di conservazione dell'energia, i mezzi che producono assorbimento producono anche emissione. Un'antenna ricevente, pertanto, oltre al segnale utile riceve anche il rumore dovuto all'emissione dei mezzi circostanti;
- Depolarizzazione. L'onda ha una polarizzazione propria. Se incide su elementi di forma dissimmetrica, può aver luogo un parziale trasferimento di potenza sulla polarizzazione ortogonale.

I diversi mezzi di propagazione e i possibili corpi e materiali interferenti sono i seguenti:

- Superficie terrestre o marina. In prima approssimazione, la si schematizza come piana. Produce, a seconda della frequenza, onda superficiale o riflessione. Qualora si tenga conto della rotondità, si hanno effetti di diffrazione;
- Ostacoli naturali o artificiali. Impediscono all'onda di propagarsi all'interno di essi, e producono diffrazione;
- Atmosfera chiara. In assenza di precipitazioni, produce rifrazione e, alle alte frequenze, assorbimento.
- Idrometeore. Sono aggregati di acqua di diverso tipo (nubi, pioggia, neve, grandine, ecc.) più o meno saltuariamente presenti nell'atmosfera. Alle alte frequenze, producono diffusione, assorbimento e depolarizzazione;
- Ionosfera. È rappresentabile come un plasma elettronico che riempie la parte alta dell'atmosfera. Alle basse frequenze si ha rifrazione che può produrre un effetto complessivo equivalente alla riflessione verso il basso. Alle frequenze intermedie si hanno depolarizzazione e attenuazione.

Oltre a disturbi ed attenuazioni, i fenomeni fisici di interazione fra onde elettromagnetiche ed atmosfera determinano anche differenti modalità di propagazione delle stesse, infatti, oltre alla propagazione per onda diretta, il segnale trasmesso può raggiungere il ricevitore mediante differenti percorsi. Tale caratteristica, che risulta dipendente dalla frequenza utilizzata, consente di comunicare in situazioni di non visibilità fra sorgente e ricevitore, ma può anche essere causa di possibili disturbi ed interferenze.

Tentando di riassumere, si possono avere i seguenti tipi di propagazione:

- ONDA DI SUPERFICIE
- ONDA DIRETTA
- ONDA RIFLESSA DAL SUOLO



- ONDE SPAZIALI

L'onda di superficie

L'onda di superficie segue la superficie terrestre, lungo i rilievi, superando laghi, fiumi e altre discontinuità. L'attenuazione del segnale è molto condizionata dalla conducibilità del terreno ed è bene che l'onda sia polarizzata verticalmente, perché una componente orizzontale del campo elettrico determinerebbe correnti indotte sulla superficie, con assorbimento di energia e quindi attenuazione.

La propagazione per onde di superficie è limitata alle basse ed alle bassissime frequenze, nelle gamme LF e VLF in quanto l'attenuazione cresce con la frequenza. Poiché la superficie del mare le attenua poco, vengono usate di preferenza per le comunicazioni nautiche, dove si riesce a coprire distanze di circa 1000 chilometri.

L'onda diretta

L'onda diretta è quella che viaggia direttamente dal trasmettitore al ricevitore, per cui questi devono essere visibili l'un l'altro. Questo tipo di propagazione viene usato dalle onde cortissime fino alle microonde nelle gamme VHF, UHF, SHF, EHF.

In realtà la traiettoria dell'onda non è esattamente una retta, ma segue quasi la curvatura terrestre determinando degli ampi archi di cerchio a seguito della rifrazione determinata dalla diversa densità degli strati dell'atmosfera al crescere della quota (Scattering troposferico).

Nelle VHF e frequenze superiori può avvenire un tipo di propagazione detta Super Tropo con particolari condizioni di mare calmo e gradiente di temperatura differenziato, tanto da creare un condotto dove tra due strati ad indice di rifrazione simile ce n'è uno ad indice di rifrazione più basso, l'onda entra ed il condotto con continue riflessioni totali gli fa da guida d'onda con attenuazione bassissima, tale che il segnale si conserva sino all'uscita con la stessa forza di quando è entrato. Le distanze raggiungibili sono oltre 1000 Km.

L'onda riflessa dal suolo

Due antenne sono collegate, di fatto, oltre che dall'onda diretta, da quella che viene riflessa dal suolo, che, di norma intensifica l'onda diretta, talora invece può creare problemi in quanto, nel riflettersi alla superficie, il campo elettrico si ribalta, ed inoltre, facendo più strada di quella diretta ed arrivando in ritardo, può determinare interferenza o affievolimento (fading).

L'Onda spaziale

È detta onda spaziale o 'sky wave' quell'onda che consente il collegamento a grande distanza, anche con piccole potenze, utilizzando la riflessione ionosferica. La ionosfera è la parte più alta dell'atmosfera dove le molecole dell'aria sono ionizzate dalle radiazioni solari e cosmiche; nella ionosfera l'indice di rifrazione delle onde elettromagnetiche dipende dalla concentrazione di cariche e dalla frequenza delle onde incidenti.

Alle frequenze elevate ($f \gg 30$ MHz) l'effetto della ionosfera è trascurabile e non viene modificato il percorso rettilineo delle onde (a queste frequenze avvengono i collegamenti con i satelliti).

A frequenze inferiori a 30 MHz ha peso il numero di particelle cariche presenti (la ionosfera è divisa in tanti strati con diversa concentrazione di cariche). Si ha rifrazione e riflessione delle onde fintanto che l'incidenza



non avviene con un certo angolo limite sulla superficie di separazione di due strati di ionosfera, tali per cui si ha la riflessione totale.

Dopo aver sommariamente riepilogato le principali interazioni delle onde elettromagnetiche con la materia e le modalità di propagazione delle stesse, è utile distinguere ed identificare i diversi sistemi applicativi delle onde elettromagnetiche nella tecnologia delle telecomunicazioni.

I sistemi applicativi delle onde elettromagnetiche nelle telecomunicazioni possono essere così identificati e classificati:

- Sistemi di radiodiffusione. Sono usati per trasmettere fino a distanze molto elevate, anche intercontinentali. Usano frequenze fino alle HF. Gli effetti propagativi dominanti sono l'onda superficiale e la riflessione ionosferica;
- Sistemi a copertura limitata per terminali fissi o mobili. Usano in genere le bande VHF e UHF. Sono influenzati dagli effetti del terreno e degli ostacoli, con moderati effetti atmosferici;
- Sistemi terrestri punto-punto (ponti radio). Utilizzano prevalentemente le frequenze SHF, subendo effetti dovuti all'atmosfera e alle idrometeore, oltre a riflessione dal terreno e diffrazione da ostacoli.
- Sistemi spaziali, per telecomunicazioni, telerilevamento, GPS. Utilizzano le bande UHF e SHF. Sono soprattutto influenzati dall'atmosfera e dalle idrometeore. Per alcune applicazioni, è da considerare anche la depolarizzazione ionosferica;
- Sistemi radar. In genere usano le frequenze SHF ed EHF, subendo effetti dovuti all'atmosfera e alle idrometeore, oltre a riflessione dal terreno e diffrazione da ostacoli. Fanno eccezione i radar Over the Horizon (OTH), che usano frequenze basse e per i quali sono importanti gli effetti ionosferici e di onda superficiale.

3. SISTEMI ED APPARATI PER TELECOMUNICAZIONE

Gli apparati utilizzati per le telecomunicazioni sono generalmente collocati in posizioni dominanti quali alture o tralicci. La finalità di questi impianti è quella di irradiare nello spazio onde elettromagnetiche per trasferire, tramite opportune codificazioni (modulazione), informazioni ai vari sistemi riceventi (ricevitori fissi e mobili, radio, televisione, ecc.).

Gli apparati possono essere così suddivisi: sistemi per collegamenti diretti (quali radar, ponti radio, telecomunicazioni spaziali) e sistemi di diffusione dell'informazione (quali diffusioni radio-televisive, servizi radiomarittimi, telefonia).

I collegamenti diretti hanno lo scopo di collegare due punti dello spazio, più o meno distanti, per permettere il trasferimento di informazioni. Le frequenze utilizzate variano da 500 MHz a oltre 10 GHz. L'onda trasmessa non deve incontrare ostacoli per poter raggiungere il punto interessato all'informazione. Le antenne più frequentamente utilizzate sono le antenne horn o le parabole circolari, caratterizzate da un elevato guadagno, alta direzionalità del fascio principale, alta stabilità ed assenza di interferenze nel collegamento. Pertanto,



proprio per permettere ai sistemi di essere mutuamente visibili, si collegano gli stessi in modo da non essere accessibili al pubblico e in modo che non vi siano ostacoli interposti.

I livelli di potenza in trasmissione variano a seconda dell'impianto da pochi watt ad alcune centinaia di watt complessivi, suddivisi in uno o più canali di trasmissione.

I sistemi di diffusione dell'informazione hanno uno spettro di frequenze variabile da 0,5 MHz (radio AM) fino a circa 1 GHz (televisioni), con potenze massime comprese fra alcuni KW e centinaia di KW. Questi apparati sono facilmente individuabili nell'ambiente per le antenne trasmettenti che sono rappresentate da alti tralici metallici, che possono essere essi stessi radiatori elettromagnetici o fungere solo da sostegno per il radiatore vero e proprio.

Il segnale non è quasi mai prodotto in loco, ma vi arriva via cavo o con collegamento ponte radio. I sistemi di diffusione possono essere di tre tipi: sistemi radiotelevisivi, sistemi radiomobili e sistemi radiocellulari.

Fra i sistemi citati, gli apparati di telecomunicazione che rivestono particolare importanza, in quanto potenzialmente soggetti a disturbi ed interferenze causati dai generatori eolici, sono i ponti radio e i ripetitori radiotelevisivi.

Ponti radio

I ponti radio sono sistemi ausiliari che realizzano collegamenti tra due punti, posti anche a parecchi chilometri di distanza, e vengono utilizzati per il trasporto dei segnali in vari tipi di applicazioni: collegamenti tra studi radiotelevisivi e postazioni dei ripetitori, trasmissioni dati, controllo degli impianti attività di soccorso, e così via. In queste applicazioni le onde elettromagnetiche vengono utilizzate in alternativa ai cavi o alle fibre ottiche.

Le bande di frequenza dedicate alla trasmissione terrestre sono (3,7 – 4,2) GHz, più raramente (5,9 – 6,4) GHz e (10,7 – 11,7) GHz.

Le antenne più comunemente utilizzate sono di tipo parabolico in cui un elemento radiante, detto illuminatore, posto nel fuoco del paraboloide e di dimensioni molto ridotte rispetto al diametro della parabola, genera onde sferiche, le quali, per riflessione sul paraboloide, generano a loro volta onde piane.

Il diametro della parabola deve essere almeno 10 volte la lunghezza d'onda, cosa che limita l'uso di queste antenne a frequenze superiori ai gigahertz.

Questi impianti sono caratterizzati da guadagni elevati e da potenze che variano da qualche milliwatt a qualche decina di watt e, per il loro corretto funzionamento, è necessario che siano installati in modo da non intercettare ostacoli nella direzione di collegamento.

Ripetitori radiotelevisivi

Vengono anche detti impianti 'broadcasting', sono progettati per la diffusione del segnale in modo da coprire ampie aree di territorio ed assicurare il servizio di telecomunicazione al maggior numero di ricevitori (utenti).



Le frequenze normalmente utilizzate in Italia per la diffusione radiotelevisiva sono:

- servizio radiofonico:
 - Onda Lunga (OL): 155 ÷ 285 kHz;
 - Onda Media (OM): 525 ÷ 1.605 kHz;
 - Onda Corta (OC): 3.950 ÷ 26.100 kHz;
 - Modulazione di frequenza (FM): 87,5 - 108 MHz;
- servizio televisivo:
 - Banda I e III: 47 ÷ 230 MHz (VHF);
 - Banda IV e V: 470 ÷ 862 MHz (UHF).

Nel caso degli impianti radiofonici in Onda Media, Lunga e Corta, le potenze degli apparati variano da qualche centinaio di watt per i piccoli impianti sino al centinaio di kW per gli impianti di rilevanza nazionale.

La propagazione avviene prevalentemente per onda di superficie con copertura sino a svariati chilometri, tale caratteristica comporta la necessità di un'estesa fascia di rispetto, appezzamento di terreno intorno all'impianto, che consenta una buona propagazione dell'onda di terra; i siti di installazione sono pertanto scelti preferibilmente al di fuori dei centri abitati, gli apparati radianti sono facilmente individuabili per l'imponenza dei tralici metallici di sostegno delle antenne o serie di antenne e che, in alcuni casi, fungono essi stessi da antenne trasmettenti.

Per gli impianti FM – TV i ripetitori di carattere locale hanno potenze in genere contenute entro il centinaio di watt, mentre per gli impianti più grandi le potenze in gioco possono variare da qualche kW a centinaia di kW, anche in ragione della concentrazione di più impianti presso lo stesso sito.

I siti prescelti per le installazioni di impianti FM-TV, dove spesso si possono incontrare situazioni di "affollamento" di sorgenti, con numerose postazioni trasmettenti contigue, sono generalmente località collinari o montane da dove è possibile irradiare su vaste aree; nei casi in cui ciò non è possibile si rende necessario l'utilizzo di alte torri o tralici, posti anche in prossimità di centri abitati. Le antenne di trasmissione presentano una spiccata direttività nel piano verticale e sono sempre poste ad una discreta altezza dal suolo, su tralicci metallici di supporto. La propagazione avviene prevalentemente per onda diretta, mentre è praticamente nulla quella per onda di superficie.

4. DISTURBI DETERMINATI DAI GENERATORI EOLICI E INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE DI PROTEZIONE (NON INTERFERENZA) DI IMPIANTI E COLLEGAMENTI

Il disturbo degli aerogeneratori sulle onde elettromagnetiche utilizzate per le telecomunicazioni radio è dovuto al fatto che essi costituiscono un ostacolo che può influenzare la propagazione delle onde hertziane. I disturbi nelle telecomunicazioni dovuti agli ostacoli (e quindi anche dagli aerogeneratori) sono riconducibili ai seguenti fenomeni:

- ostruzione (ombreggiatura) ed attenuazione;
- interferenza dovuta a diversi fenomeni di rifrazione, riflessione e diffrazione.

Le dimensioni delle turbine eoliche sono rilevanti, infatti, nel caso degli aerogeneratori in esame, durante la rotazione, si possono raggiungere ingombri equivalenti a quelli di una sfera avente raggio pari



all'estensione delle pale (circa 81 m) e centro all'altezza del mozzo (125 m); tali dimensioni costituiscono un ostacolo avente, nelle condizioni peggiori (rotazione ortogonale alla direzione di propagazione), un'area di ostruzione alla propagazione ($A = \pi r^2$) pari a circa 20.612 m².

Occorre tuttavia considerare che, anche in condizione di ostruzione, la turbina eolica non costituisce un ostacolo solido e compatto, infatti le pale hanno uno spessore limitato e pur avendo elementi metallici e fibre di carbonio sono prevalentemente realizzate in vetroresina, inoltre l'area di ostruzione viene coperta solo in alcuni istanti durante la rotazione.

Pertanto non si ha assorbimento totale del segnale e i disturbi sono per lo più dovuti a fenomeni di riflessione/rifrazione e diffrazione con l'insorgenza di interferenze dovute al multipath (percorsi multipli di propagazione), che portano ad avere un affievolimento e una distorsione del segnale.

Condizioni di non interferenza e non disturbo alla propagazione

Nei collegamenti fissi tra sorgente e ricevitore "punto a punto", quali le tratte di ponti radio, le condizioni per non avere fenomeni di disturbo e interferenza che possano compromettere la qualità del collegamento, in termini di rapporto segnale-disturbo e della forma del segnale ricevuto con eventuale alterazione dell'informazione, sono le seguenti:

- assenza di ostruzioni dovute alle pale degli aerogeneratori: deve essere garantita una visibilità priva di ostacoli tra i due impianti in ponte radio (sorgente e ricevitore);
- assenza di generatori eolici in prossimità della tratta: deve essere sgombera e priva di ostacoli l'area individuata dagli ellissoidi di Fresnel (sino alla quarta zona di Fresnel), in quanto potrebbero manifestarsi delle interferenze;
- nella zona di campo vicino dell'antenna in ponte radio non può esserci nessuna turbina eolica.

Per campo vicino si intende la zona che va dalla sorgente sino alla distanza di Rayleigh, pari al maggiore fra i valori di λ e $2D^2/\lambda$, con D dimensione massima della sorgente (antenna trasmittente).

Il raggio dell'ellissoide di Fresnel viene invece determinato con la seguente formula: $R_{Fn}^2 = n\lambda d_1 d_2 / (d_1 + d_2)$, con: n = indice della zona di Fresnel; R_{Fn} = raggio della n-esima zona di Fresnel; d_1 e d_2 = distanza dell'ostacolo dalla sorgente e dal ricevitore; λ = lunghezza d'onda in metri.

Le suddette condizioni si riassumono praticamente nei seguenti casi estremi:

- Collegamenti in UHF a 2 GHz su distanze di 500 km, con parabola di diametro D = 6 m: Raggio massimo 4° zona di Fresnel pari a 274 m, estensione campo vicino pari a 480 m;
- Collegamenti in EHF a 13 GHz su distanze di 500 km, con parabola di diametro D = 2 m: Raggio massimo 4° zona di Fresnel pari a 108 m, estensione campo vicino pari a 347 m.

Pertanto nei casi specifici delle interferenze dei generatori eolici sui ponti radio presenti in Sardegna, sarà sufficiente rispettare una zona di protezione (dove non installare generatori eolici), individuata da una distanza minima dalle sorgenti/ricevitori di almeno 500 metri e dalla tratta in ponte radio (per tutto il percorso lungo la linea di vista) di almeno 300 metri.



Nel caso di impianti di diffusione usati per la trasmissione del segnale radio sul territorio (emittenti e ripetitori radio-TV, collegamenti mobili, servizi di telefonia, ponti radio ripetitori, ecc.) il collegamento è tra una sorgente fissa e svariati ricevitori, dove le condizioni per non avere fenomeni di disturbo e interferenza sono meno restrittive. In questi casi, dove le linee di propagazione del segnale possono essere molteplici, la presenza di ostacoli è meno penalizzante sulla ricezione.

In generale è sufficiente verificare che gli aereogeneratori non siano installati nella zona di campo vicino della sorgente e che le turbine non generino un cono d'ombra, o angolo solido di ostruzione alla propagazione del segnale, troppo esteso.

5. ANALISI DELLE INFRASTRUTTURE PER TELECOMUNICAZIONI PRESENTI IN PROSSIMITÀ DEL SITO DEL PARCO EOLICO

Come detto in premessa la localizzazione di impianti e infrastrutture per le telecomunicazioni situati in Sardegna non risulta agevole, poiché non è presente un'istituzione unica di riferimento che possa fornire una mappa di riferimento, indicante la posizione e le caratteristiche degli impianti installati nell'isola.

Risulta pertanto necessario condurre un'indagine direttamente sul territorio per localizzare le antenne e gli impianti, oltre ad avvalersi delle informazioni reperibili da i diversi enti interessati (RAI, Garante per le telecomunicazioni, VVF, gestori di servizi telefonici, ecc.), dagli operatori del settore e da organizzazioni di tipo amatoriale.

I risultati dello studio per la localizzazione degli impianti presenti intorno al Parco *Onanie* sono riportati nella Tavola 1 allegata alla presente relazione.

Ponti radio

I collegamenti in tratte in ponte radio in Sardegna convergono verso 3 grandi nodi ubicati nei seguenti siti:

- Monte Limbara (Tempio Pausania), che serve il nord Sardegna;
- Badde Urbara (Santu Lussurgiu), che serve il centro Sardegna (Area di Oristano);
- Monte Serpeddi (Sinnai), che serve il sud e centro Sardegna.

Ai quali si aggiungono gli impianti di:

- Monte Oro (Ittiri), che serve il nord Sardegna (Area di Sassari);
- Monte Ortobene (Nuoro), che serve il centro Sardegna (Area di Nuoro);
- Monte Tricoli (Gairo), che serve il centro Sardegna (Ogliastra);
- Punta Campu Spina (Domusnovas), che serve il sud Sardegna (Iglesiente).

In alternativa e come integrazione dei collegamenti in ponte radio vengono utilizzati, sempre maggiormente, i collegamenti in fibra ottica o impianti satellitari.



Realizzazione del Parco eolico *Onanie* nel territorio del Comune di Onani (NU)

A tal proposito, si segnala il collegamento tra Sardegna e Penisola, che sino a pochi anni fa veniva effettuato mediante una tratta in ponte radio tra gli impianti di Monte Limbara e Monte Argentario in Toscana, che risulta attualmente in disuso e sostituito da sistemi in fibra ottica e satellitari.

I dati e le caratteristiche dei principali collegamenti con ponti radio RAI in Sardegna come desumibili dall'elenco allegato al DPR 4/4/1996, sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 2 - Elenco dei principali collegamenti RAI con ponti radio in Sardegna

Cod.	Nome stazione	Long.	Lat.	Quota (m)	Elenco tratte in ponte radio	Distanza (Km)	Banda GHz
41017	Cagliari sede	09E0721	39N1235	3	M. Serpeddi	23	1,5
					M. Serpeddi	23	2
41019	M. Serpeddi	09E1750	39N2200	1060	P. Badde Urbara	104,9	1,5
					Cagliari - sede	23	1,5
					P. Badde Urbara	104,9	2
					Cagliari - sede	23	2
					Ogliastra	57,9	2
41320	P. Badde Urbara	08E3747	40N0927	965	M. Limbara	90,1	1,5
					M. Serpeddi	104,9	1,5
					Oristano	29,7	1,5
					M. Limbara	90,1	2
					M. Serpeddi	104,9	2
					Ittiri	49,9	2
					M. Ortobene	65,7	2
41209	Ittiri	08E3352	40N3611	457	P. Badde Urbara	49,9	2
					SS-La Crucca	19,7	2
41267	SS-La Crucca	08E2653	40N4522	74	Sassari	10,3	2
					Ittiri	19,7	2
41251	Sassari	08E3338	40N4316	220	SS-La Crucca	10,3	2
41351	Oristano	08E3650	39N5326	10	P. Badde Urbara	29,7	1,5
41218	M. Limbara	09E1025	40N5112	1308	P. Badde Urbara	90,1	1,5
					M. Argentario (Toscana)	238	2
					P. Badde Urbara	90,1	2
					M. Argentario (Toscana)	238	4
41112	Ogliastra	09E3102	39N5131	1211	M. Serpeddi	57,9	2
41111	M. Ortobene	09E2222	40N1923	955	P. Badde Urbara	65,7	2
71SAT	ECS2-F2 (satellitare)	10E0000	00N0000	35786 (km)	M. Serpeddi	37291,1	11
					P. Badde Urbara	37355,6	11
					M. Limbara	37411,1	11



Relativamente alle tratte in ponte radio di altri gestori di emittenti locali, network nazionali e altri servizi, pur non avendo dati precisi, si deve ipotizzare una situazione analoga che privilegi, per l'installazione degli impianti, le postazioni dominanti nei siti di maggior altura (vette di montagne e altri rilievi), raccordandosi sempre ai 3 nodi strategici di riferimento (Badde Urbara, Monte Limbara e Monte Serpeddi).

Nessuna delle tratte dei principali collegamenti in ponte radio passa in prossimità del sito di installazione dei generatori eolici, è pertanto da escludersi ogni possibile interferenza o disturbo.

Nella Tavola 1 allegata sono inoltre riportati alcuni altri collegamenti 'minori' in ponte radio, individuati nell'area estesa del sito del Parco eolico: si tratta di alcuni collegamenti con gli impianti di diffusione radiotelevisiva, collegamenti delle stazioni per telefonia e rete di ponti ripetitori dei VVF.

Relativamente a questi impianti è da escludersi la possibilità di disturbo da parte delle turbine eoliche, essendo sempre rispettata la distanza minima dalle sorgenti/ricevitori e dalla tratta in ponte radio, identificata nel paragrafo precedente come zona di non disturbo.

Un'analisi più attenta risulta però necessaria per un ponte radio dei Vigili del Fuoco, nello specifico la tratta di collegamento fra l'impianto 'satellite' installato in località Sant'Anna (Lodè) e l'impianto 'master' sito sul Monte Rasu. La tratta di collegamento del ponte radio risulta, infatti, molto vicina al generatore eolico OS06, circa 202,5 metri.

Il canale normalmente utilizzato per le comunicazioni dal centro TLC dei VV.F. - Sardegna 2 (nord) è il canale 52 VHF (BANDA 73-74MHz), l'impianto 'satellite' riceve il segnale VHF e lo ritrasmette in UHF al 'master' e dal 'master' riceve in UHF il segnale da ridiffondere in VHF. Pertanto, il collegamento in ponte radio tra 'master' e 'satellite' avviene UHF, generalmente con i seguenti limiti di banda: 434-435 MHz e 444-445 MHz.

Il raggio della 4ª zona di Fresnel, calcolato in corrispondenza del punto previsto per l'installazione del generatore OS06, è pari a: $F_4 = 180,64$ metri; quindi considerando una quota, rispetto al suolo, della linea di trasmissione, pari ad almeno 300 metri, la posizione scelta per l'installazione del generatore eolico risulterebbe esterna alla zona di disturbo della tratta in ponte radio.

Si ritiene comunque opportuno, a titolo cautelativo, chiedere un parere preventivo su un'eventuale insorgenza di disturbi lungo la tratta del ponte radio direttamente al Corpo nazionale dei Vigili del fuoco, Ente gestore dell'impianto.

Come ulteriore approfondimento, la Società ha commissionato uno studio specifico a riguardo al DIEE dell'Università di Cagliari le cui conclusioni non hanno evidenziato interazioni significative con l'impianto eolico in progetto (rif. Allegato E.1 - Approfondimento studio previsionale per la valutazione delle interferenze sulle telecomunicazioni).

Ripetitori radiotelevisivi

Per quanto riguarda le emittenti di diffusione Radio TV, gli impianti sono stati individuati mediante una ricerca di prossimità, rilevata dal Registro impianti di diffusione dell'A.G.COM. attraverso il Catasto Nazionale delle Frequenze Radiotelevisive (CNF).



Realizzazione del Parco eolico *Onanie* nel territorio del Comune di Onani (NU)

La ricerca, i cui risultati sono riportati nella tabella 3, è stata cautelativamente estesa ad un'area di 20 km intorno al sito del Parco eolico.

Restringendo la ricerca alla localizzazione degli impianti presenti in un raggio di 10 km dal sito del Parco eolico, si ha l'individuazione degli impianti collocati in soli 3 siti (MONTE SANT'ELIA – BITTI, TANCA NOVA – BITTI e ALA' DEI SARDI - LOC. MORTULLO' 3 – BITTI).

Tabella 3 - Elenco ripetitori radiotelevisivi entro 20 km dal sito del parco eolico

OPERATORE	ID IMPIANTO	TIPO	UBICAZIONE	LAT. LONG. ALT.	CH	PROG. / BOUQUET	ERP MAX H	ERP MAX V	FREQ. MHz
RADIO MARIA APS	CNF149126	FM	RADIO MARIA - MONTE S. ELIA – BITTI	40N2829 09E2325 740		RADIO MARIA		32	98,0
RAI - RADIOTELEV. ITALIANA S.P.A.	CNF153100	FM	MF01 - BITTI - BITTI	40N2816 09E2310 740		MF01	29	29	94,7
RAI - RADIOTELEV. ITALIANA S.P.A.	CNF153973	FM	MF02 - BITTI - BITTI	40N2816 09E2310 740		MF02	29	29	96,7
RAI - RADIOTELEV. ITALIANA S.P.A.	CNF154778	FM	MF03 - BITTI - BITTI	40N2816 09E2310 740		MF03	29	29	98,7
VIDEOLINA S.P.A.	CNF106160	TD	BITTI - MONTE SANT'ELIA - BITTI	40N2834 09E2326 740	36	VIDEOLINA	10	--	594
SARDEGNA TV S.R.L. (IN CONC. PREV)	CNF115292	TD	MONTE SANT'ELIA - Monte Sant' Elia - BITTI	40N2822 09E3054 390	39	SARDEGNA UNO	15	--	618
ELETTRONICA INDUSTRIALE SPA	CNF115328	TD	ALA' DEI SARDI - LOC. MORTULLO' 3 - BITTI	40N3506 09E2607 950	42	MEDIASET 5	--	19	642
ELETTRONICA INDUSTRIALE SPA	CNF115329	TD	ALA' DEI SARDI - LOC. MORTULLO' 3 - BITTI	40N3506 09E2607 950	46	MEDIASET 2	--	19	674
ELETTRONICA INDUSTRIALE SPA	CNF120838	TD	ALA' DEI SARDI - LOC. MORTULLO' 3 - BITTI	40N3506 09E2607 950	50	MEDIASET 1	--	19	706
ELETTRONICA INDUSTRIALE SPA	CNF124678	TD	ALA' DEI SARDI - LOC. MORTULLO' 3 - BITTI	40N3506 09E2607 950	52	MEDIASET 4	--	19	722
RAI - RADIOTELEV. ITALIANA S.P.A.	CNF125599	TD	ALA' DEI SARDI - PUNTO MORTULLO - BITTI	40N3511 09E2606 920	7	DVM1-CA	--	15	191,5
RAI - RADIOTELEV. ITALIANA S.P.A.	CNF125612	TD	BITTI - TANCA NOVA - BITTI	40N2816 09E2310 740	5	DVM1-CA	14	--	177,5
RAI - RADIOTELEV. ITALIANA S.P.A.	CNF125613	TD	BITTI - TANCA NOVA - BITTI	40N2816 09E2310 740	49	DVM2	21	--	698
RAI - RADIOTELEV. ITALIANA S.P.A.	CNF125614	TD	BITTI - TANCA NOVA - BITTI	40N2816 09E2310 740	47	DVM4	21	--	682
RAI - RADIOTELEV. ITALIANA S.P.A.	CNF125615	TD	BITTI - TANCA NOVA - BITTI	40N2816 09E2310 740	43	DVM3	21	--	650



OPERATORE	ID IMPIANTO	TIPO	UBICAZIONE	LAT. LONG. ALT.	CH	PROG. / BOUQUET	ERP MAX H	ERP MAX V	FREQ. MHz
RAI - RADIOTELEV. ITALIANA S.P.A.	CNF131324	TD	ALA' DEI SARDI - PUNTO MORTULLO - BITTI	40N3511 09E2606 920	49	DVM2	--	21	698
RAI - RADIOTELEV. ITALIANA S.P.A.	CNF131325	TD	ALA' DEI SARDI - PUNTO MORTULLO - BITTI	40N3511 09E2606 920	43	DVM3	--	22	650
RAI - RADIOTELEV. ITALIANA S.P.A.	CNF131326	TD	ALA' DEI SARDI - PUNTO MORTULLO - BITTI	40N3511 09E2606 920	47	DVM4	--	22	682
RAI - RADIOTELEV. ITALIANA S.P.A.	CNF137009	TD	ALA' DEI SARDI - LOC. MORTULLO' 3 - BITTI	40N3506 09E2607 950	29	MEDIASET 3	--	18	538
CAIRO NETWORK S.R.L.	CNF138985	TD	ALA' DEI SARDI - LOC. MORTULLO' 3 - BITTI	40N3506 09E2607 950	59	CAIRO DUE	--	19	778
PRIMA TV - S.P.A.	CNF159861	TD	ALA' DEI SARDI - LOC. MORTULLO' 3 - BITTI	40N3506 09E2607 950	38	DFree	--	20	610

Tutti i siti individuati risultano sufficientemente distanziati dal Parco eolico, in modo tale che lo stesso non costituisca disturbo alla zona di campo vicino.

Particolare attenzione deve però essere posta per gli impianti installati nel sito di TANCA NOVA – BITTI (rif. Figura 1).

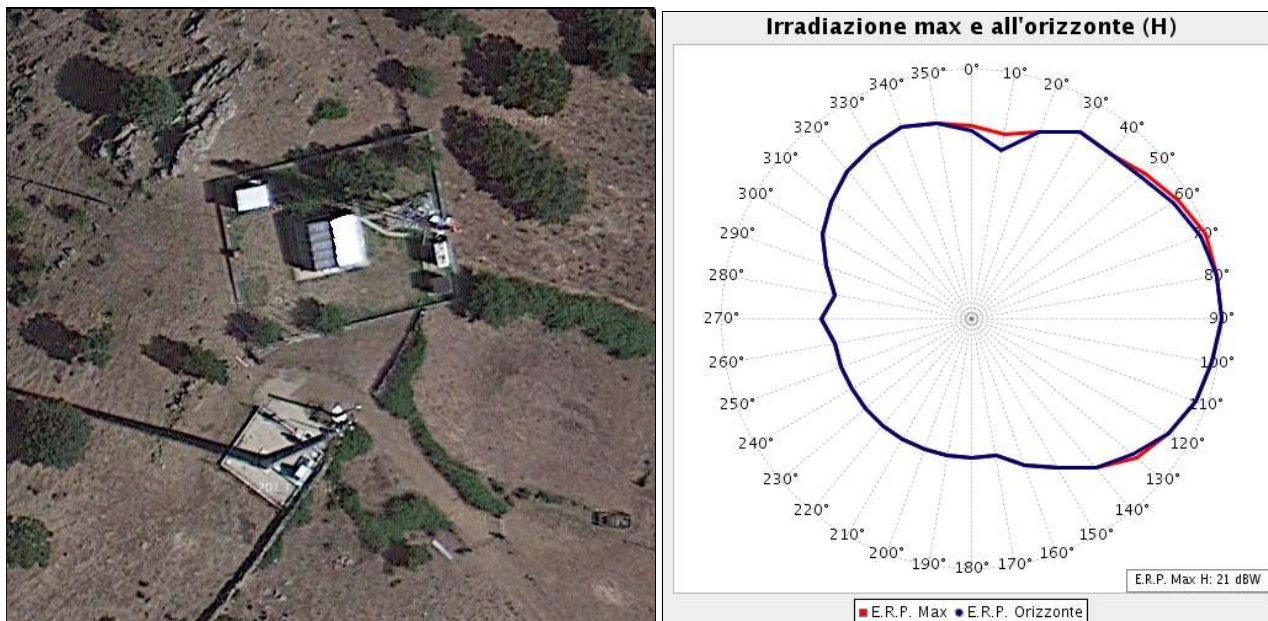
Infatti, l'aerea di irradiazione del ripetitore di Tanca Nova è parzialmente ostruita dal sito del Parco eolico, che si frappone tra l'impianto ripetitore e l'abitato di Lodè, introducendo una zona d'ombra dovuta al generatore OS01, come meglio indicato nella Tavola 1 allegata alla presente relazione.

Si ritiene pertanto opportuno, a titolo cautelativo, chiedere un parere preventivo su un'eventuale insorgenza di disturbi nella ricezione del segnale direttamente alla RAI, Ente gestore dell'impianto ripetitore.

Come ulteriore approfondimento, la Società ha commissionato uno studio specifico, al riguardo, al DIEE dell'Università di Cagliari, le cui conclusioni non hanno evidenziato interazioni significative con l'impianto eolico in progetto (rif. Allegato E1 - Approfondimento studio previsionale per la valutazione delle interferenze sulle telecomunicazioni).



**Figura 1 - Sito di TANCA NOVA e diagramma di irradiazione impianti
RAI - RADIOTELEVISIONE ITALIANA S.P.A. in UHF, canali: 49, 43 e 47**



Gli stessi comuni di Bitti, Onani, Lula e Lodè sono poi serviti mediante i MUX digitali di altri operatori dai ripetitori di MONTE SANT'ELIA – BITTI. I ripetitori ubicati nel sito ALA' DEI SARDI - LOC. MORTULLO' 3 – BITTI servono invece il comune di Alà dei Sardi e altre zone della Provincia di Olbia Tempio.

Per questi impianti non viene rilevata nessuna possibile ostruzione, da parte del Parco eolico, alla propagazione del segnale radiotelevisivo.

6. CONCLUSIONI

Lo studio condotto, pur essendo influenzato dai limiti e fattori di incertezza evidenziati nell'introduzione, ha permesso di escludere la maggior parte dei possibili problemi di disturbo e interferenza nelle telecomunicazioni da parte del Parco eolico in progetto (interruzione di tratte di ponti radio a lunga distanza, disturbi ai ponti locali e radioripetitori di segnale, interferenze e disturbo ai sistemi per comunicazioni telefoniche, sistemi emittenti in broadcast, principali emittenti di diffusione radiotelevisiva).

L'analisi delle tratte dei ponti radio ha, tuttavia, evidenziato un possibile rischio di interferenza dell'aerogeneratore OS06 con la tratta in ponte radio (Monte Rasu - Sant'Anna - Lodè) del centro TLC dei VV.F. - Sardegna 2 (nord).

Lo studio ha inoltre consentito di rilevare una possibile parziale copertura dell'angolo di diffusione di un MUX radiotelevisivo (impianti RAI - RADIOTELEVISIONE ITALIANA S.P.A. di TANCA NOVA – BITTI).

Quantunque tali situazioni non appaiano particolarmente gravose e penalizzanti per la corretta ricezione del segnale televisivo e per il corretto funzionamento del ponte radio dei Vigili del Fuoco, il progetto sarà



sottoposto agli Enti responsabili dei due impianti, così come previsto dalle disposizioni della Regione Sardegna, che saranno chiamati a confermare che la posizione di installazione prevista per gli aereogeneratori non possa arrecare disturbo al servizio di telecomunicazione del proprio impianto.

Sia per il possibile rischio di interferenza dell'aerogeneratore OS06 con la tratta in ponte radio (Monte Rasu - Sant'Anna - Lodè) del centro TLC dei VV.F. - Sardegna 2 (nord) che per la possibile parziale copertura dell'angolo di diffusione di un MUX radiotelevisivo (impianti RAI - RADIOTELEVISIONE ITALIANA S.P.A. di TANCA NOVA – BITTI), come ulteriore approfondimento, la Società ha commissionato uno studio specifico al riguardo al DIEE dell'Università di Cagliari, le cui conclusioni non hanno evidenziato interazioni significative con l'impianto eolico in progetto (rif. Allegato E.1 - Approfondimento studio previsionale per la valutazione delle interferenze sulle telecomunicazioni).



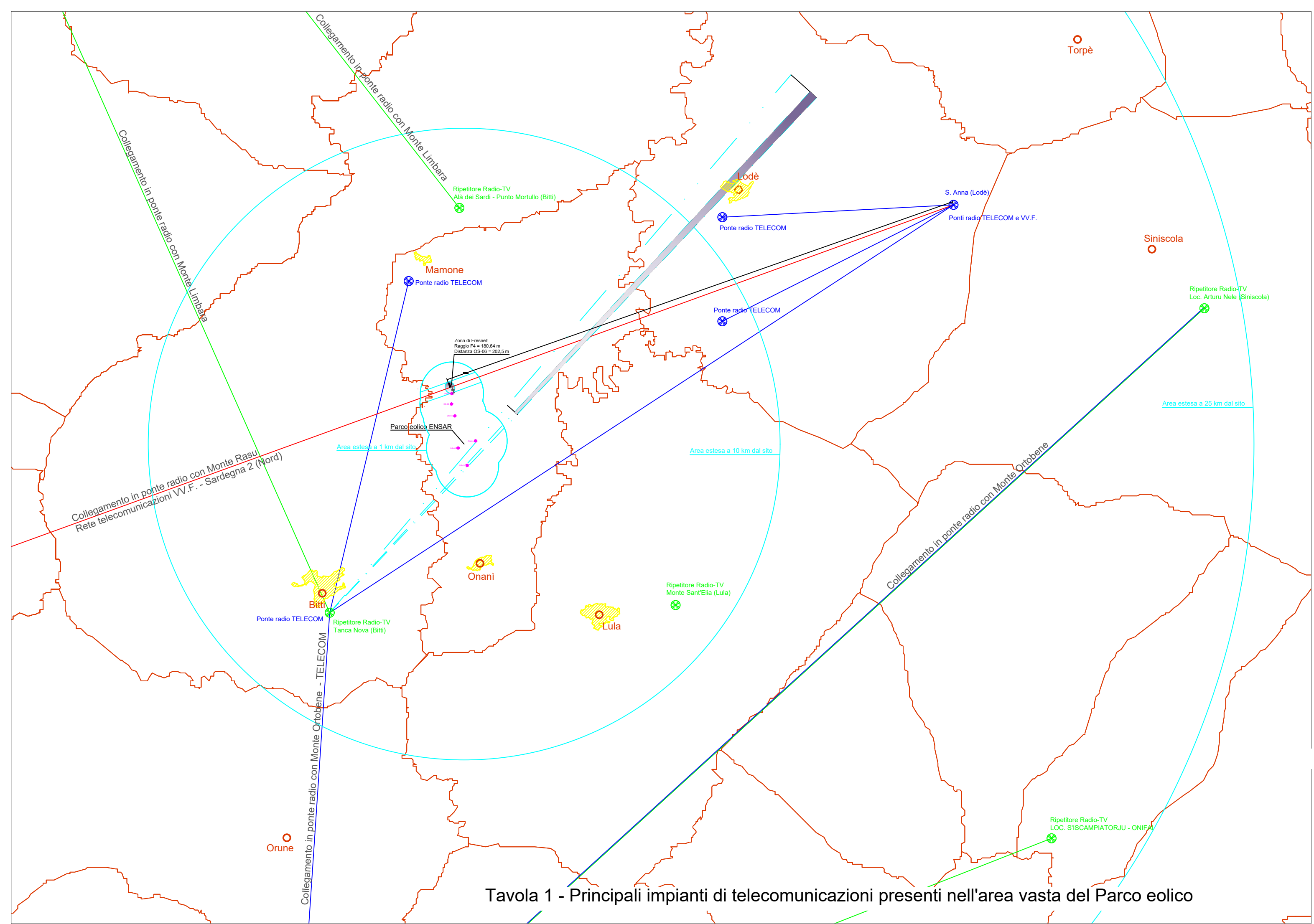


Tavola 1 - Principali impianti di telecomunicazioni presenti nell'area vasta del Parco eolico