



**COMUNE DI
LUOGOSANTO**

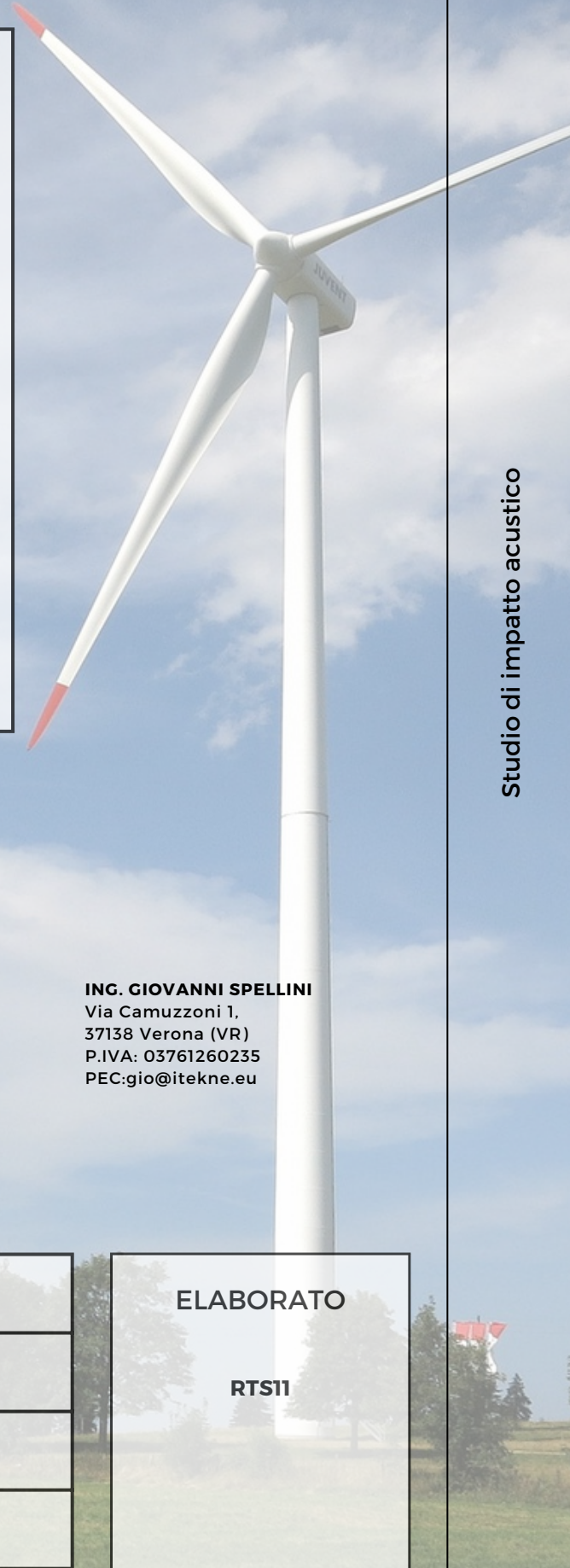


**REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA**



**COMUNE DI
AGLIENTU**

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE E
L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA
FONTE EOLICA DENOMINATO "PARCO
EOLICO LUOGOSANTO", DELLA POTENZA DI
95.2 MW, LOCALIZZATO NEL COMUNE DI
LUOGOSANTO, E DELLE SOLE OPERE ED
INFRASTRUTTURE CONNESSE PER IL
COLLEGAMENTO IN ANTENNA 36 KV CON
UNA NUOVA STAZIONE ELETTRICA (SE)
DELLA RTN A 150 KV/36KV DA INSERIRE IN
ENTRA-ESCE ALLA LINEA RTN A 150 KV
"AGLIENTU-S. TERESA", SITA NEL COMUNE DI
AGLIENTU.**



Studio di impatto acustico

PROPONENTE

MYT EOLO 1 S.R.L.
Via Vecchia Ferriera 22
36100 Vicenza (VI)
P.IVA 04436470241
REGISTRO IMPRESE VI-397007

PROGETTISTI

ING. CARLO PERUZZI
Via Pallone 6
37121 Verona (VR)
P.IVA 03555350234
PEC carlo.peruzzi@ingpec.eu

ING. CRISTIANO VASSANELLI
Via T.A. Edison, 29
37136 Verona (VR)
p.iva 04193990233
PEC: cristiano@ingcv.tech

ING. GIOVANNI SPELLINI
Via Camuzzoni 1,
37138 Verona (VR)
P.IVA: 03761260235
PEC:gio@itekne.eu

RENX ITALIA S.R.L.
Via Vecchia Ferriera 22
36100 Vicenza (VI)
P.IVA 04339940241
PEC: renx-italia@pec.it



DATA	REVISIONE

ELABORATO
RTS11

Sommario

1	PREMESSA	6
2	RIFERIMENTO NORMATIVO PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO	8
3	ULTERIORI RIFERIMENTI NORMATIVI INERENTI AL PRESENTE DOCUMENTO E AI RELATIVI ALLEGATI	9
3.1	LEGGI E DISPOSIZIONI NAZIONALI	9
3.2	LEGGI E DISPOSIZIONI REGIONALI	10
3.3	NORME TECNICHE	10
3.4	DEFINIZIONI E NOMENCLATURA	11
4	BASE DEI DATI CARTOGRAFICI, BIBLIOGRAFICI E SITOGRAFICI	12
5	DESCRIZIONE SINTETICA DEI CONTENUTI DEL DOCUMENTO.....	13
6	INTRODUZIONE ALLA COMPONENTE AMBIENTALE.....	17
6.1	L'INQUINAMENTO ACUSTICO.....	17
6.2	EFFETTI DEL RUMORE SULL'UOMO.....	18
6.2.1	<i>Comunicazione.....</i>	18
6.2.2	<i>Sonno.....</i>	18
6.2.3	<i>Performance.....</i>	18
6.2.4	<i>Effetti sull'apprendimento.....</i>	18
6.2.5	<i>Sensazione di fastidio-malessere.....</i>	19
6.2.6	<i>Malattie cardiocircolatorie e ipertensione.....</i>	19
6.2.7	<i>Aggressività.....</i>	19
6.2.8	<i>Udito.....</i>	20
6.3	EFFETTI DEL RUMORE SUGLI ANIMALI	20
7	LIMITI APPLICABILI	22
7.1	INQUINAMENTO DA CAMPI EOLICI.....	23
7.2	INQUINAMENTO DA TRAFFICO VEICOLARE	23
8	MODELLI DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE SONORE	26
8.1	PROPAGAZIONE LIBERA DELLE ONDE SONORE	26
8.2	DIRETTIVITÀ DELLA SORGENTE.....	27
8.3	ATTENUAZIONE IN ECCESSO	28

8.3.1	<i>Assorbimento atmosferico – Ae1</i>	28
8.3.2	<i>Precipitazioni o nebbie – Ae2</i>	29
8.3.3	<i>Presenza di vegetazione – Ae3</i>	29
8.3.4	<i>Disomogeneità, fluttuazioni</i>	29
8.4	ATTENUAZIONE DELLE BARRIERE ACUSTICHE.....	30
8.5	PROPAGAZIONE DELLE SORGENTI LINEARI	32
8.6	PROPAGAZIONE DELLE SORGENTI PIANE.....	33
9	IL RUMORE DA FENOMENI EOLICI	34
9.1	VELOCITÀ DEL VENTO	34
9.2	CLASSIFICAZIONE DEL VENTO	35
9.3	RUMORE DA AEROGENERATORI	37
9.4	RUMORE INDOTTO DAL VENTO SULLA VEGETAZIONE	39
10	CALCOLO DELL'INCERTEZZA	44
10.1	INCERTEZZA DELLA MISURA	44
10.2	INCERTEZZA DEL MODELLO	44
11	MODELLI MATEMATICI DI CALCOLO	46
11.1	MODELLISTICA ACUSTICA PER TURBINE EOLICHE	46
11.2	MODELLISTICA ACUSTICA PER IL TRAFFICO STRADALE.....	48
11.3	SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATO: SOUNDPLAN 9	49
12	INFORMAZIONI IDENTIFICATIVE ED URBANISTICHE DI CARATTERE GENERALE	52
12.1	DESCRIZIONE GENERALE	52
12.2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	53
12.2.1	<i>Definizione del dominio di calcolo</i>	56
12.2.2	<i>Identificazione delle interferenze con altri progetti</i>	57
13	DESCRIZIONE DELLE OPERE	58
13.1	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	58
13.1.1	<i>Interventi di nuova edificazione</i>	61
13.1.2	<i>Interventi viabilistici</i>	61
14	SORGENTI DI RUMORE E DEFINIZIONE DEGLI SCENARI	63

14.1	GENERALITÀ	63
14.2	ANALISI DELLE CONDIZIONI METEOCLIMATICHE	63
14.3	SCENARIO 0 – STATO ATTUALE SENZA INTERVENTI (ALTERNATIVA ZERO).....	72
14.4	SCENARIO 1 – STATO ATTUALE CON PREVISIONE DI INTERVENTO (ANTE OPERAM))	73
14.5	SCENARIO 2 - FASE DI CANTIERE (CORSO D’OPERA)	76
14.5.1	<i>Fase di indagine e studio preliminare</i>	76
14.5.2	<i>Fase di cantiere</i>	76
14.6	SCENARIO 3 - FASE DI ESERCIZIO (POST OPERAM)	78
14.6.1	<i>Sorgenti derivanti da attività manutentiva</i>	81
14.7	SCENARIO 4 - FASE DI DISMISSIONE (POST OPERAM)	81
15	DEFINIZIONE DEI RICETTORI	82
15.1	CARATTERISTICHE DEI RICETTORI	82
15.2	IDENTIFICAZIONE DEI RICETTORI.....	83
16	CARATTERIZZAZIONE DELLO STATO DI FATTO (ANTE OPERAM)	86
16.1	METODI DI MISURAZIONE	86
16.1.1	<i>Strumentazione utilizzata</i>	86
16.1.2	<i>Incertezza strumentale</i>	87
16.1.3	<i>Modalità di rilievo</i>	88
16.2	INDIVIDUAZIONE DELLE POSTAZIONI DI MISURA.....	88
16.2.1	<i>Rumore eolico</i>	93
17	CALCOLO PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO.....	95
17.1	SCOPO DELLA VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO	95
17.2	SCHEMA A BLOCCHI DEL PROCESSO DI VALUTAZIONE.....	96
17.3	PROCESSO DI CALIBRAZIONE DEL MODELLO	97
17.4	STATO ATTUALE CON PREVISIONE DI INTERVENTO (ANTE OPERAM).....	98
17.5	SCENARIO 2 – FASE DI CANTIERE (CORSO D’OPERA).....	100
17.6	SCENARIO 3 – FASE DI ESERCIZIO E FASE DI DISMISSIONE (POST OPERAM).....	101
17.7	VALUTAZIONE DEL LIMITE DIFFERENZIALE	102
17.8	ANALISI DEI RISULTATI	112
17.9	MAPPE ISOFONICHE	112

18	PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO.....	113
	18.1 FASE DI CANTIERE (CORSO D'OPERA)	113
	18.1.1 <i>Misure mitigative</i>	113
	18.1.2 <i>Monitoraggio inquinanti</i>	113
	18.1.3 <i>Cronoprogramma</i>	113
	18.1.4 <i>Punti di misura</i>	114
	18.2 FASE DI ESERCIZIO (POST OPERAM)	115
	18.2.1 <i>Punti di misura</i>	118
	18.2.2 <i>Cronoprogramma</i>	118
	18.3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	120
19	COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO	121
20	ELENCO DEGLI ALLEGATI.....	122
	20.1 ALLEGATO 1. SCHEDE MISURE FONOMETRICHE, ATTESTATI E CERTIFICATI.....	122
	20.2 ALLEGATO 2. TAVOLA 1: MAPPA RICETTORI	122
	20.3 ALLEGATO 3. TAVOLA 2: MAPPA RILIEVI FONOMETRICI	122
	20.4 ALLEGATO 4. TAVOLA 3: MAPPA PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	122
	20.5 ALLEGATO 5. TAVOLA 4: SCENARI STATO DI FATTO - MAPPE DIURNE	122
	20.6 ALLEGATO 6: TAVOLA 5: SCENARI STATO DI FATTO - MAPPE NOTTURNE	122
	20.7 ALLEGATO 7: TAVOLA 6: SCENARI STATO DI PROGETTO - MAPPE DIURNE	122
	20.8 ALLEGATO 8: TAVOLA 7: SCENARI STATO DI PROGETTO - MAPPE NOTTURNE	122

1 PREMESSA

La società Myt Eolo 1 S.r.l., d'ora in avanti indicato sinteticamente come il "Proponente", ha elaborato il presente progetto per la produzione di energia rinnovabile da fonte eolica ubicato nel comune di Luogosanto, le cui opere ed infrastrutture connesse per il collegamento alla Rete di trasmissione Nazionale (di seguito RTN) ricadono nei comuni di Tempio Pausania e Aglientu.

Il titolo completo del progetto è il seguente: "Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica denominato "Parco Eolico Luogosanto", della potenza di 95,2 MW, localizzato nel Comune di Luogosanto e delle sole opere ed infrastrutture connesse per il collegamento in antenna 36 kV con una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150kV/36kV da inserire in entra - esce alla linea RTN a 150 kV "Aglientu - S. Teresa", sita nel Comune di Aglientu".

Di seguito, i dati identificativi sintetici del Proponente:

Società Proponente: MYT EOLO 1 S.r.l.
Forma Giuridica: Società a Responsabilità Limitata
Presidente del CdA: SICCARDI IGOR
Sede: Via Vecchia Ferriera, 22 – 36100 – VICENZA (VI)
Posta certificata: myteolo1srl@pec.it
REA: VI- 404143
P.IVA: 04436470241

Iscritta alla Sezione Ordinaria di VICENZA

Il Proponente è parte del gruppo Renx Italia S.r.l., società di diritto italiano avente ad oggetto lo studio, la compravendita, la costruzione, la gestione e la commercializzazione di impianti di produzione di energia rinnovabile, tra cui spicca nella fattispecie la fonte eolica.

Renx Italia S.r.l. nasce dalla comune visione dei soci fondatori di creare un'entità altamente specializzata nella progettazione e nell'ambito della produzione di energia da fonti rinnovabili.

Contando più di quaranta tra collaboratori e partners che quotidianamente operano con professionalità e riconosciute competenze nella ricerca e nello sviluppo delle nuove iniziative del gruppo, ad oggi Renx Italia S.r.l. è, nel segmento delle piccole e medie imprese, uno degli operatori qualificati che opera con fondi e grandi compagnie energetiche con la maggiore pipeline di sviluppo di progetti a fonti rinnovabili.

La forte espansione del gruppo dalla sua nascita ad oggi trae origine indubbiamente dalle competenze e dalle esperienze in ambito energetico acquisite nel corso degli anni della proprietà, abbinata a valori etici, varietà di competenze multiculturali, gestione imprenditoriale e forte orientamento ai risultati di un gruppo di lavoro giovane, motivato e appassionato dal settore delle energie rinnovabili.

L'ipotesi progettuale prevede l'installazione di n. 14 aerogeneratori della potenza nominale di 6,8 MW per una potenza complessiva di impianto pari a 95,2 MW nel Comune di Luogosanto, in provincia del Nord-Est Sardegna (di seguito "Parco eolico Luogosanto").

Secondo quanto previsto dalla Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) ricevuta ed accettata dal Proponente in qualità di titolare dei diritti del progetto di cui al Codice Pratica 202201156, Terna S.p.A. prevede che il Parco Eolico Luogosanto venga collegato in antenna 36 kV con una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150/36kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Aglientu – S. Teresa", previa realizzazione dei seguenti interventi previsti dal Piano di Sviluppo Terna:

- nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV in GIS denominata "Buddusò";
- nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV denominata "Santa Teresa";
- nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV in GIS denominata "Tempio";
- nuovo elettrodotto di collegamento della RTN a 150 kV tra la SE Santa Teresa e la nuova SE Buddusò.

E' giusto precisare che le opere "SE RTN" sopra citate non appartengono alla presente progettazione. Internamente al parco eolico, i singoli aerogeneratori saranno collegati mediante cavidotto interrato a 30kV alla Sottostazione Elettrica di condivisione e trasformazione 30/36kV di proprietà dell'utenza (SSEU) previo collegamento precedente ad una cabina di smistamento e sezionamento (localizzata in prossimità del parco). Dalla SSEU partirà il cavidotto interrato 36kV che, seguendo per quanto più possibile il tracciato stradale esistente, veicherà l'energia prodotta dal Parco Eolico per la connessione in antenna 36 kV con la nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV/36kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 150 kV "Aglientu-S. Teresa" di cui alla STMG, sita nel comune di Aglientu, che rappresenta il punto di connessione dell'impianto alla RTN.

2 RIFERIMENTO NORMATIVO PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO

Il presente documento appartiene al Progetto di fattibilità tecnica ed economica (PFTE) allegato all'istanza di **procedura V.I.A.** (artt. 23, 24, 24bis e 25 del d.Lgs. n° 152/2006 e ss. mm. e ii.) inerente alla richiesta di realizzazione di un **“Progetto per la realizzazione e l’esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica denominato “Parco Eolico Luogosanto”, della potenza di 95,2 MW, localizzato nel Comune di Luogosanto e delle sole opere ed infrastrutture connesse per il collegamento in antenna 36 kV con una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150kV/36kV da inserire in entra - esce alla linea RTN a 150 kV “Aglientu - S. Teresa”, sita nel Comune di Aglientu”**.

L'intero progetto, come richiesto dalla procedura di V.I.A., è stato elaborato in ottemperanza a quanto richiesto per un livello di “fattibilità tecnica ed economica” secondo il recente **d.Lgs. 31 marzo 2023, n. 36** - Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78, recante delega al governo in materia di contratti pubblici - (G.U. n. 77 del 31 marzo 2023 - S.O. n. 12).

Per le relazioni tecniche specialistiche, inoltre, i contenuti del d.Lgs. n° 36/2023 sono stati verificati ed eventualmente integrati con **l’art. 26 del d.P.R. n° 207/2010** e ss. mm. e ii.

Da questo momento in poi e per tutti gli elaborati progettuali, qualsiasi riferimento di legge o norma s'intenderà già comprensivo della dicitura **“ss. mm. e ii.”**.

3 ULTERIORI RIFERIMENTI NORMATIVI INERENTI AL PRESENTE DOCUMENTO E AI RELATIVI ALLEGATI

3.1 LEGGI E DISPOSIZIONI NAZIONALI

La **Legge Quadro n° 447/1995** definisce tutta la materia dell'inquinamento da rumore nell'ambiente esterno ed abitativo. Tale legge è corredata da diversi decreti che svolgono il ruolo di regolamenti attuativi in ordine alle modalità di effettuazione delle misure fonometriche e ai limiti da rispettare.

Le principali norme e decreti attuativi di riferimento sono i seguenti:

- DPCM 01/03/1991 - "Limiti di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno";
- Legge n° 447 del 26/10/1995 - "Legge quadro sull'inquinamento acustico";
- DPCM 14/11/1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore";
- DPR n° 496 del 11/12/1997 - "Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto da aeromobili civili";
- DM 16/03/1998 - "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico";
- DPCM 31/93/1998 "Atto di indirizzo ... per l'esercizio dell'attività del tecnico competente...";
- DPR n° 459 del 18/11/1998 - "Regolamento recante norme ... in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario";
- D.lgs n° 262/2002 - "Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente acustica ambientale delle macchine e attrezzature destinate a funzionare all'aperto";
- DPR n° 142 del 30/03/2004 - "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare";
- DM 1 giugno 2022 - "Determinazione dei criteri per la misurazione del rumore emesso dagli impianti eolici e per il contenimento del relativo inquinamento acustico."

3.2 LEGGI E DISPOSIZIONI REGIONALI

Le principali leggi e disposizioni regionali di riferimento sono le seguenti:

- Delib.G.R. n. 62/9 del 14.11.2008;
- Deliberazione della Giunta regionale 8 marzo 2016, n. 12/4 “Aggiornamento della parte VIII delle direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale approvate con la Delib.G.R. n. 62/9 del 14.11.2008. Criteri per il riconoscimento della qualifica di tecnico competente in acustica ambientale”;
- Deliberazione della Giunta regionale 5 aprile 2016, n. 18/19 “Aggiornamento della parte VI delle direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale approvate con la Delib.G.R. n. 62/9 del 14.11.2008. Requisiti acustici passivi degli edifici. Sostituzione del documento tecnico allegato alla Delib.G.R. n. 50/4 del 16.10.2015”;
- Deliberazione della Giunta regionale n. 40/24 del 22/07/2008.

3.3 NORME TECNICHE

Le principali norme tecniche di riferimento sono le seguenti:

- ISO 9613-2: 1996 “Attenuazione del rumore nei fenomeni di propagazione nell’ambiente esterno”.
- ISO 226:1994 “Acoustics – Normal equal-loudness level contours”.
- UNI ISO 1996:2010 “Descrizione, misurazione e valutazione del rumore ambientale” Parte 1 e 2.
- CNOSSOS-EU Common Noise Assessment Methods in Europe (In accordo con la direttiva 2002/49/EC
- RMR 2002 (EU) (RMR 2002)
- UNI EN ISO 16032/2005
- UNI 9433:1989 “Descrizione e misurazione del rumore immesso negli ambienti abitativi”.
- UNI 9435:1989 “Sistemi schermanti. Misura della attenuazione acustica degli schermi sottili in campo libero simulato”.
- UNI 9884:1996 “Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale”.
- UNI EN 27574:2010 “Metodi statistici per la determinazione ed il controllo dei valori dichiarati di emissione acustica delle macchine e delle apparecchiature”.
- UNI ISO 7188:1999 “Misurazione del rumore emesso dalle autovetture nelle condizioni rappresentative di traffico urbano”.
- Nord2000: “Nordic noise prediction method”
- IEC651 / IEC804 / IEC61672 / IEC-601272 2002-1 Classe 1

3.4 DEFINIZIONI E NOMENCLATURA

- **$L_{eq}(A)$** = Livello di pressione sonora integrato nel periodo di osservazione
- **L_w** = Livello di potenza sonora calcolato ovvero dichiarato dal costruttore della sorgente
- **L_p** = Livello di pressione sonora misurato ad una distanza definita dalla sorgente
- **L_A** = Livello di rumore ambientale: Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo (sono esclusi gli eventi sonori di natura eccezionale e identificabili singolarmente).
- **L_R** = Livello di rumore residuo: rumore rilevato quando si esclude una specifica sorgente disturbante
- **L_{01-99}** = Livello statistico di pressione sonora raggiunto nella quota percentuale nel periodo di osservazione
- **R** = Ricettore potenzialmente disturbato
- **S** = Sorgente di rumore
- **P** = Punto di misura
- **Limite di emissione** = valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in corrispondenza dei ricettori maggiormente esposti
- **Limite di immissione** = valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori.
- **Limite di immissione differenziale** = valore massimo della differenza tra il livello di rumore ambientale (sorgente accesa) e il livello di rumore residuo (sorgente spenta). Il livello deve essere valutato all'interno degli ambienti occupati regolarmente da persone.

4 BASE DEI DATI CARTOGRAFICI, BIBLIOGRAFICI E SITOGRAFICI

Di seguito, i riferimenti utilizzati alla base della presente relazione:

- Geoportale opensouce: Open Street Map
- API Google Earth
- GeoPortale Sardegna - <https://www.sardegna.geoportale.it/>
- Regione Sardegna – <https://www.regione.sardegna.it/>
- Provincia di Sassari - <https://www.provincia.sassari.it/index.php>
- Comune di Aglientu - <https://www.comune.aglientu.ot.it/index.php>
- Comune di Luogosanto - <https://www.comuneluogosanto.ss.it/>
- Comune di Tempio Pausania - <https://comuneditempiopausania.it/>

5 DESCRIZIONE SINTETICA DEI CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Il presente studio ha come obiettivo la quantificazione dell'impatto acustico generato dal progetto. Si valuteranno gli effetti diretti e indotti a seguito della realizzazione del parco eolico, nonché gli impatti generati dalla viabilità a servizio della futura attività per le fasi di realizzazione, manutenzione e dismissione.

L'ipotesi progettuale proposta prevede l'installazione di n. 14 aerogeneratori della potenza nominale di 6,8 MW per una potenza complessiva dell'impianto pari a 95,2 MW.

Il risultato degli approfondimenti potrà proporre vincoli, limitazioni o particolari soluzioni a carico della nuova attività volti a minimizzare l'impatto acustico sui ricettori esistenti.

Al fine di determinare i possibili scenari del territorio su cui insiste il progetto, lo studio ha provveduto a raccogliere ed elaborare dati ed informazioni dallo stesso proponente e dai progettisti, nonché da Enti e da Istituzioni quali ARPA e dai Comuni coinvolti.

Il metodo utilizzato ha richiesto un'attenta analisi del territorio anche attraverso l'acquisizione di dati fonometrici, meteorologici e di traffico, propedeutici alla definizione dell'attuale clima acustico dell'area di interesse e al successivo studio previsionale.

Si sono analizzate, in particolare, le principali attività ed infrastrutture che insistono nell'area di progetto e che costituiscono sorgenti di rumore e sono stati identificati i ricettori più esposti.

L'analisi acustica, condotta mediante software di calcolo e modelli matematici accreditati dalla normativa tecnica, permetterà una previsione degli impatti sia in fase di realizzazione e dismissione che in fase di esercizio del parco eolico sull'ambiente e sui ricettori individuati.

Eventuali situazioni critiche o superamenti dei limiti previsti dalla vigente normativa saranno individuate, quantificate e analizzate proponendo soluzioni efficaci di mitigazione.

Le misurazioni e le stime indirizzate alla verifica dell'ottemperanza dei valori limite definiti dalla legge sono state realizzate da tecnici competenti in acustica ai sensi del DPCM 31/03/1998.

In aderenza con quanto dalle linee guida ISPRA per la predisposizione degli Studi di Impatto Ambientale nelle procedure di V.I.A. (ex artt. 23, 24, 24 bis e 25 del d.Lgs. n° 152 del 3 aprile 2006 e ss. mm. e ii.) il presente documento, limitatamente alla componente acustica, si prefigge lo scopo di:

- Definire e descrivere l'opera.
- Analizzare lo stato di fatto dell'ambiente.
- Analizzare la compatibilità dell'opera.
- Definire eventuali mitigazioni e compensazioni ambientali.
- Progettare un monitoraggio ambientale (**PMA**).

I fattori ambientali di pertinenza, oggetto dello studio, sono: **“Popolazione”, “Salute umana” e “Biodiversità”**.

La descrizione del progetto sarà finalizzata alla conoscenza esaustiva dell'intervento (principale ed eventuali opere connesse) ed alla descrizione delle caratteristiche fisiche e funzionali dello stesso, delle fasi di cantiere, di esercizio e di eventuale dismissione, che potrebbero produrre modificazioni ambientali nell'area di sito e nell'area vasta.

Per quanto concerne la valutazione di Impatto Acustico dell'opera, oggetto di questa relazione, gli aspetti generali (inerenti sia all'analisi dello stato dell'ambiente, definito scenario di base, sia all'analisi della compatibilità dell'opera) dovranno riguardare:

- le analisi della tipologia di sorgente sonora, così come definita dalla normativa (Legge Quadro n° 447 del 1995 e relativi Decreti attuativi) e la sensibilità acustica del contesto in cui l'intervento di progetto si inserisce;
- le analisi di confronto tra lo scenario acustico prima della realizzazione (scenario *ante operam*) e a seguito della realizzazione dell'intervento di progetto (scenario *post operam*);
- l'individuazione, anche cartografica, dell'area di influenza, definita come la porzione di territorio in cui la realizzazione dell'intervento può comportare una variazione significativa dei livelli di rumore ambientale;
- l'individuazione, anche cartografica, di tutti gli elementi naturali e artificiali presenti nell'area di influenza (edifici, barriere, terrapieni, eccetera), in particolare delle altre sorgenti sonore e dei ricettori, così come definiti dalla normativa;
- una valutazione predittiva delle modifiche e/o delle interferenze introdotte dall'intervento di progetto deve essere riferita agli intervalli di tempo e ai descrittori acustici indicati dalla normativa per tutta l'estensione dell'area di influenza;
- la determinazione della compatibilità dell'opera nei confronti del rispetto dei valori limite indicati dalla normativa su tutti i ricettori individuati nell'area di influenza, che per opere tipo impianti o attività produttive si individuano i valori limite stabiliti dai piani di classificazione acustica o dalle destinazioni d'uso indicate dei comuni ricadenti nell'area di influenza e i valori limite di immissione differenziale (ove applicabili) e si individuano le fasce di pertinenza e i relativi valori limite delle infrastrutture di trasporto connesse alle opere/impianti/attività produttive che interessano l'area di influenza;
- i potenziali effetti del rumore sugli ecosistemi e/o su singole specie devono tenere conto di eventuali parametri, descrittori e metodi di valutazione individuati dalle più aggiornate conoscenze scientifiche e tecniche in materia.

La analisi volte alla caratterizzazione dello stato attuale sono le seguenti:

- la determinazione, l'analisi e la descrizione del clima acustico dell'area di influenza precedente alla realizzazione dell'intervento di progetto (scenario *ante operam*).
- l'analisi dello scenario *ante operam*, effettuata attraverso sopralluoghi mirati e misure fonometriche nei pressi dei ricettori individuati, prioritariamente presso i ricettori sensibili e/o i più esposti all'intervento di progetto presenti nell'area di influenza, o anche attraverso modelli di calcolo opportunamente calibrati.

I risultati dell'analisi dello scenario *ante operam* verranno adeguatamente rappresentati e restituiti sia in forma tabellare, come livelli puntuali sui ricettori individuati o almeno sui ricettori presso cui sono state effettuate le misure fonometriche, sia in forma cartografica, anche sotto forma di mappe di rumore nel caso di utilizzo di un modello di calcolo.

Le analisi volte alla previsione degli impatti sono le seguenti:

- la valutazione dello scenario *post operam*, verrà effettuata attraverso modellizzazione acustica; il modello di calcolo, opportunamente calibrato, prevede la caratterizzazione acustica della sorgente sonora di progetto (e delle eventuali altre sorgenti sonore presenti nell'area di influenza) e del mezzo di propagazione, ovvero dei fenomeni di attenuazione dovuti all'assorbimento atmosferico, alla divergenza geometrica, all'effetto del suolo e alla presenza di schermature naturali e/o artificiali;
- la caratterizzazione acustica delle opere tipo impianti o attività produttive verrà sviluppata attraverso l'individuazione e la descrizione delle attività, dei cicli tecnologici, delle installazioni impiantistiche, delle apparecchiature, delle operazioni di movimentazione mezzi, delle operazioni di carico e scarico merci, delle aree di parcheggio, della viabilità di servizio e delle infrastrutture stradali esistenti, modificate o realizzate a servizio o interessate dal traffico indotto dall'intervento di progetto. Di ogni sorgente sonora si descrivono le proprietà costruttive e funzionali utili a caratterizzare le emissioni acustiche e le proprietà geometriche del contesto ove è ubicata, da cui dipende il campo di emissione sonora; si individuano, quindi, la localizzazione in pianta e in quota, il livello di emissione sonora e l'eventuale direttività, le condizioni e i periodi di funzionamento, e le attenuazioni prodotte da eventuali partizioni divisorie e/o da locali confinati;
- il modello di calcolo sarà descritto riportando: l'algoritmo utilizzato, la configurazione di calcolo, il dettaglio dei dati di input, relativamente ai parametri che caratterizzano l'intervento di progetto (e le altre eventuali sorgenti sonore presenti nell'area) e le condizioni al contorno (presenza di ostacoli naturali e/o artificiali), la procedura e i risultati della calibrazione del

modello. Per le stime in corrispondenza di ricettori posti a distanza elevata dalla sorgente sonora di progetto si considerano i fattori di correzione meteorologica, quali la direzione, la velocità del vento e il gradiente termico verticale;

- per le opere tipo impianti o attività produttive, la stima della fase di esercizio verrà riferita a tutte le sorgenti sonore individuate nelle condizioni di esercizio a regime, considerando le condizioni di contemporaneità di esercizio, ovvero le condizioni di massima emissione sonora; nell'analisi dei livelli sonori si valutano anche i contributi dovuti alla viabilità di servizio e alla rete stradale a servizio e/o interessata dal traffico indotto dall'intervento di progetto;
- le stime dei livelli di rumore della fase di realizzazione e dell'eventuale fase di dismissione dell'intervento di progetto verranno riferite alle fasi più critiche per tipologia di lavorazioni e presenza di ricettori, devono considerare tutte le sorgenti/macchinari/impianti previsti nel cantiere, rispondenti alla normativa di settore, e il traffico dei mezzi pesanti che interessano la viabilità ordinaria e le piste di cantiere. Per la fase di esecuzione la valutazione del rischio rumore è elaborata nell'allegato al piano di sicurezza e coordinamento (**PSC**) al quale si rimanda per ulteriori approfondimenti e dettagli.

Qualora le stime previsionali evidenziassero possibili scenari di significativo innalzamento dei livelli sonori presso i recettori identificati, e sempre e comunque nel caso in cui le stime previsionali dimostrassero un potenziale superamento dei limiti normativi, devono essere individuati opportuni **accorgimenti/dispositivi/interventi di mitigazione**, con indicazione della tipologia, dell'ubicazione e delle caratteristiche dimensionali ed acustiche.

I risultati delle stime dello scenario *post operam* (fase di realizzazione e fase di dismissione) senza e con gli interventi di mitigazione, sono restituiti in forma tabellare, come livelli puntuali sui ricettori individuati, e in forma cartografica come mappe di rumore, nelle quali sono adeguatamente rappresentati tutti i ricettori individuati.

Oltre a quanto riportato nella presente relazione sono presenti i seguenti allegati:

- **allegato 1.** schede misure fonometriche, attestati e certificati;
- **allegato 2.** tavola 1: mappa ricettori;
- **allegato 3.** tavola 2: mappa rilievi fonometrici;
- **allegato 4.** tavola 3: mappa piano di monitoraggio ambientale;
- **allegato 5.** tavola 4: scenari stato di fatto - mappe diurne;
- **allegato 6:** tavola 5: scenari stato di fatto - mappe notturne;
- **allegato 7:** tavola 6: scenari stato di progetto - mappe diurne;
- **allegato 8:** tavola 7: scenari stato di progetto - mappe notturne.

6 INTRODUZIONE ALLA COMPONENTE AMBIENTALE

6.1 L'INQUINAMENTO ACUSTICO

Il rumore viene individuato dai sondaggi come una delle più rilevanti cause del peggioramento della qualità della vita ed è ormai riconosciuto come uno dei principali problemi ambientali; pur essendo talora ritenuto meno rilevante rispetto ad altre forme di inquinamento come l'inquinamento atmosferico o delle acque, il rumore suscita sempre più reazioni negative nella popolazione esposta.

Al contrario di quanto accade per altri fattori di inquinamento, i dati disponibili sull'esposizione al rumore sono piuttosto scarsi e soprattutto poco confrontabili, a causa delle diverse tecniche di rilevamento e di analisi utilizzate.

Dai dati che compaiono nel libro verde della commissione europea sul rumore ambientale (2000) relativamente alla diffusione dell'inquinamento acustico, emerge che una percentuale pari ad almeno il 25% di popolazione dell'UE sperimenta un peggioramento della qualità della vita a causa dell'annoyance¹, e una percentuale compresa fra il 5 e il 15% soffre di seri disturbi del sonno, dovuti al rumore.

La principale sorgente di rumore risulta essere il traffico stradale, che interessa i 9/10 della popolazione esposta a livelli superiori a 65 dBA. [...]. Emerge la tendenza del rumore ad estendersi sia nel tempo coinvolgendo anche il periodo notturno sia nello spazio estendendosi alle aree rurali e suburbane" (cfr. ANPA: *rassegna degli effetti derivanti dall'esposizione al rumore*).

In Italia, l'emanazione della "Legge quadro sull'inquinamento acustico n. 447" del 26 ottobre 1995 ha stabilito i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno ed abitativo dall'inquinamento acustico; essa definisce tra l'altro l'inquinamento acustico come l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con legittime fruizioni degli ambienti stessi.

Il conseguimento delle finalità legislative viene ricercato con una strategia di azione completa che prevede attività di "prevenzione ambientale" e di protezione ambientale. La Legge Quadro individua in un sistema pubblico/privato il soggetto deputato all'attuazione della strategia di azione delineata, definendo in dettaglio le competenze in materia per i vari enti. In tal senso s'inserisce

¹ Nel 2002 è stato pubblicato il documento "Position Paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance, EU's Future Noise Policy", da parte di un gruppo di lavoro ad hoc dell'Unione Europea che definisce le curve dose-effetto per il traffico veicolare, ferroviario e aereo. Sono state tracciate curve tipiche per popolazione poco disturbata (%LA - Low Annoyance), disturbata (%A - Annoyance) o molto disturbata (%HA - High Annoyance). Le curve di disturbo sono diverse per sorgenti diverse: a parità di livello acustico, sorgenti diverse provocano disturbi diversi.

l'obbligo per le Amministrazioni Comunali di procedere alla classificazione del territorio di competenza in aree acusticamente omogenee ("zonizzazione acustica").

6.2 EFFETTI DEL RUMORE SULL'UOMO

La WHO (World Health Organization) già nel 1980 aveva individuato i principali aspetti legati all'interferenza del rumore rispetto alle attività umane.

6.2.1 Comunicazione

La parola è comprensibile al 100% con livelli di rumore di fondo intorno a 45 dB L_{Aeq} .

Sopra i 55 dB L_{Aeq} di livello di fondo (livello medio raggiunto dalla voce femminile) è necessario alzare il tono della voce. Questo livello di fondo interferisce con la capacità di concentrazione e l'aumento della voce la rende meno comprensibile.

Nelle aule scolastiche e nelle sale congressuali in cui si trovano rispettivamente, bambini (che sono particolarmente sensibili agli effetti del rumore) e persone anziane con diminuzione dell'udito, il rumore di fondo dovrebbe essere di 10 dB L_{Aeq} più basso rispetto alla voce dell'insegnante o dello speaker.

6.2.2 Sonno

Il rumore può disturbare il sonno a causa di difficoltà ad addormentarsi, riduzione della fase di sonno profondo, aumento dei risvegli ed effetti avversi dopo il risveglio come affaticamento e deficit delle prestazioni.

Questi effetti si possono evitare se i livelli sonori nell'ambiente indoor sono mantenuti sotto i 30 dB L_{Aeq} di livello di fondo, oppure con livello di picco max sotto 45 dB L_{Aeq} .

6.2.3 Performance

Il rumore può interferire con le attività mentali che richiedono molta attenzione, memoria ed abilità nell'affrontare problemi complessi. Le strategie di adattamento (come regolare o ignorare il rumore) e lo sforzo necessario per mantenere le prestazioni sono state associate ad aumento della pressione arteriosa e ad elevati livelli ematici degli ormoni legati allo stress.

6.2.4 Effetti sull'apprendimento

La maggior parte della ricerca sugli effetti non uditivi del rumore sui bambini è stata effettuata sull'apprendimento. La ricerca ha riguardato in particolare la memoria, l'attenzione/percezione ed i risultati scolastici.

La ricerca su rumore e memoria nei bambini è analoga a quella degli adulti; gli effetti del rumore sulla memoria semplice sembrano essere scarsi o assenti. Tuttavia, se l'operazione di

memorizzazione richiede una speciale attenzione, allora si manifestano alcuni effetti negativi del rumore. Cioè, se il bambino deve prestare particolare attenzione a causa della difficoltà di una operazione, il rumore può interferire con la capacità di memorizzare. I livelli acustici medi in questi studi erano compresi tra 22 e 78 dB(A).

La ricerca sull'attenzione suggerisce che i bambini esposti a rumore cronico possono manifestare deficit nella capacità di concentrazione. Sembra che essi sviluppino, per far fronte all'effetto distraente del rumore, strategie di apprendimento che causano stress psico-fisico.

Parecchi studi hanno poi documentato un collegamento fra rumore e risultati scolastici, in particolare la capacità nella lettura. Il rumore cronico ha effetti negativi sull'abilità nella lettura, al contrario del rumore acuto che sembra avere scarsi effetti. Ci sono prove che suggeriscono che i bambini residenti in zone rumorose e che frequentano scuole ubicate in vicinanza di importanti sorgenti di rumore (traffico stradale, aeroporto, ecc.), si trovano più svantaggiati rispetto ai bambini residenti in zone più tranquille. Anche l'abilità nella lingua parlata sembra essere correlata alle capacità nella lettura, per cui risulterebbe che il rumore è in relazione con entrambe.

6.2.5 Sensazione di fastidio-malessere

La reazione di fastidio aumenta ampiamente in base ai livelli di rumore; la maggior parte degli esseri umani risulta moderatamente infastidita a 50 dB L_{Aeq} ed in modo preoccupante a 55 dB L_{Aeq} . Solamente 1/3 delle sensazioni di fastidio sono dovute ai livelli di rumore; infatti, vari altri fattori influenzano la reazione al rumore. Il rumore degli aerei, il rumore che è composto anche da basse frequenze o accompagnato a vibrazioni, ed il rumore che ostacola le varie attività socioeconomiche, risultano più fastidiosi di altri tipi di rumore.

6.2.6 Malattie cardiocircolatorie e ipertensione

C'è un'evidenza sempre maggiore che mostra un effetto del rumore sull'insorgenza della cardiopatia ischemica e l'ipertensione, a livelli compresi fra 65 e 70 dB L_{Aeq} .

La percentuale fra i vari fattori di rischio, che sono alla base di tali patologie cardiocircolatorie, è piccola, ma dal momento che una larga fetta di popolazione, soprattutto in Italia, è esposta a tali livelli di rumore, questo potrebbe avere una grande importanza nel campo della sanità pubblica e della prevenzione.

6.2.7 Aggressività

Il rumore elevato aumenta i comportamenti aggressivi sui soggetti predisposti e sopra 80 dB L_{Aeq} si riducono i riflessi istintivi in risposta a situazioni di pericolo.

6.2.8 Udito

Il rumore elevato può causare diminuzione dell'udito, anche se questo rischio si può considerare trascurabile per la popolazione generale, se esposta a livelli di rumore sotto i 70 dB L_{Aeq} , per 24 ore al giorno.

Tale rischio è invece reale, e la situazione si presenta preoccupante, in riferimento ad attività ricreative e di svago (ad es. le discoteche), che interessano larghe fasce di popolazione giovanile; dalle poche indagini effettuate all'interno di discoteche italiane, si evidenzia il frequente superamento dei limiti di immissione acustica (95 dB L_{Aeq} e 103 dB L_{Amax}) previsti dalla recente normativa in Italia.

6.3 EFFETTI DEL RUMORE SUGLI ANIMALI

Malgrado numerosi studi abbiano confermato un'elevata incidenza ed impatto della componente rumore sugli ecosistemi coinvolti (*Duretto et al., 2003; Masoero e Bertetti, 2007*) non sono state emanate specifiche norme nazionali di tutela. Ad esempio, i pipistrelli subiscono un elevato danno dalla presenza di rumore tanto da causarne un aumento della mortalità o l'abbandono dei siti dove vivono. Questi animali infatti cacciano per ascolto passivo basandosi sul rumore che la preda produce. L'inquinamento acustico maschera questi rumori creando problemi agli animali durante la caccia.

L'inquinamento acustico è anche responsabile di una maggiore mortalità per tutte le specie che vanno in letargo nel periodo invernale. Infatti, i ripetuti risvegli causati dal disturbo, comportano il consumo di riserve lipidiche. Il bilancio dell'esemplare ibernante si basa essenzialmente sulle riserve lipidiche nella stagione precedente e sull'eccezionale capacità di risparmiare energia attraverso il rallentamento delle funzioni metaboliche. I risvegli, naturali o artificiali, comportano consumo di riserve energetiche rilevanti. Se vengono ripetutamente svegliati, rischiano di arrivare alla fine dell'inverno senza riserve sufficienti per il risveglio definitivo o comunque, molto più sensibili ai fattori di mortalità e incapaci di affrontare i costi energetici della successiva stagione riproduttiva.

Il D.Lgs 194/2005 nell'ambito della definizione delle mappature acustiche territoriali introduce i termini di "aree silenziose" all'interno e all'esterno degli agglomerati urbani e richiede che i piani di azione comprendano anche "le misure volte alla conservazione delle aree silenziose";

La valutazione di impatto acustico è tuttavia chiamata a rilevare e quantificare le conseguenze degli interventi in oggetto anche per "ricettori" di tipo floro-funistico. Al momento non è possibile confrontare i dati estrapolati dalle simulazioni con limiti di soglia codificati e oggettivi, ma si eseguiranno comunque valutazioni di tipo statistico secondo procedure di calcolo riproducibili e verificabili.

In particolare, si farà riferimento agli studi condotti dai ricercatori Reijen e Thissen sull'incidenza del rumore nelle popolazioni animali di ecosistemi complessi.

I due studiosi hanno raccolto numerosi dati sulla densità di specie animali rispetto ad ecosistemi soggetti a perturbazioni acustiche crescenti. Il grafico sotto riportato ed apparso in un articolo del Biological Conservation del 1996 evidenzia una decrescita della naturale densità abitativa degli ecosistemi a partire dal valore di pressione sonora di 48 dB(A).

La riduzione in termini percentuali raggiunge il 50% per rumorosità superiori a 60 dB(A).

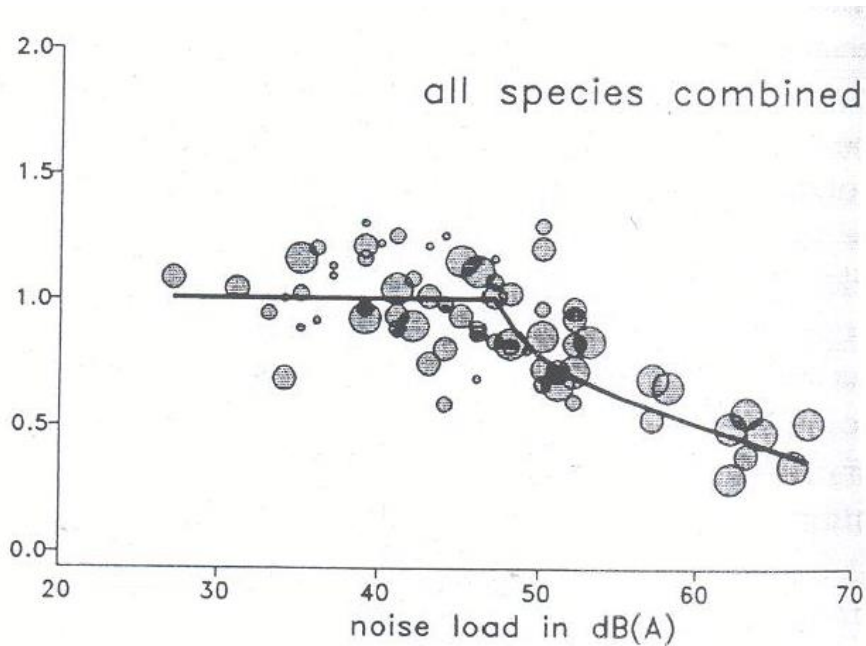


Figura 1 Relazione tra densità e rumore negli ecosistemi

Si può ragionevolmente definire quale valore target al fine di individuare il limite di incidenza delle attività in oggetto sugli ecosistemi coinvolti, la curva isofonica pari a 50 dB.

Al di fuori di tale curva si assume che non vi sia un'apprezzabile variazione sulla densità delle specie presenti.

7 LIMITI APPLICABILI

La **LQ 447/1995** dispone che tutti i Comuni si dotino di un piano di zonizzazione acustica del proprio territorio secondo uno schema a sei classi acusticamente omogenee assegnando a ognuna di esse i valori massimi di rumorosità ambientale suddivisi per i due periodi della giornata: diurno e notturno (DPCM 14.11.97).

Tabella 1: Valori limite di immissione

CLASSI DEL TERRITORIO	Valori limite assoluti di immissione		Valori limite di emissione		Valori di qualità	
	Diurno 6 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	Notturno 22 ⁰⁰ -6 ⁰⁰	Diurno 6 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	Notturno 22 ⁰⁰ -6 ⁰⁰	Diurno 6 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	Notturno 22 ⁰⁰ -6 ⁰⁰
I – Aree particolarmente protette	50	40	45	35	47	37
II- Aree prevalentemente residenziali	55	45	50	40	52	42
III- Aree di tipo misto	60	50	55	45	57	47
IV- Aree di intensa attività umana	65	55	60	50	62	52
V- Aree prevalentemente industriali	70	60	65	55	67	57
VI- Aree esclusivamente industriali	70	70	65	65	70	70

I valori limite di emissione devono essere applicati al rumore generato da ogni singola sorgente (con l'esclusione delle infrastrutture di trasporto).

I livelli riportati sopra - ridotti di 5 dB(A) – definiscono i valori limiti di emissione che devono essere applicati al rumore generato da ogni singola sorgente (con l'esclusione delle infrastrutture di trasporto).

I valori differenziali, fissati dal DPCM 14 Novembre 1997, art. 4, comma 1, misurati all'interno degli ambienti abitativi, non devono superare i seguenti limiti:

Tabella 2: Limiti differenziali

	Periodo diurno (06:00-22:00)	Periodo notturno (22:00-06:00)
$L_{diff} = L_A - L_R$	< 5dB	< 3dB
Limite applicabilità	50 dB (finestre aperte) 35 dB (finestre chiuse)	40 dB (finestre aperte) 25 dB (finestre chiuse)

7.1 INQUINAMENTO DA CAMPI EOLICI

Il recente **D.M. del 1 giugno 2022 - "Determinazione dei criteri per la misurazione del rumore emesso dagli impianti eolici e per il contenimento del relativo inquinamento acustico"**, ha introdotto importanti chiarimenti circa i limiti e le modalità di misura delle sorgenti di rumore da impianti eolici.

L'art. 5, comma 1, lettera a) dichiara che: "gli impianti eolici sono classificati quali sorgenti fisse di rumore e, pertanto, soggetti al rispetto dei limiti determinati dai comuni con la classificazione in zone del proprio territorio sulla base del decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 14 novembre 1997".

Sono applicabili anche i limiti differenziali di cui all'art. 4 del DPCM 14/11/97 ma ai sensi dell'art. 5 comma 1 lettera b) sono derogati i limiti a finestre chiuse specificando che le "valutazioni sono eseguite unicamente in facciata".

Il Decreto apre alla possibilità di eseguire interventi mitigativi anche ai ricettori qualora venissero riscontrati superamenti e qualora le condizioni tecniche ed economiche escludessero altra forma di intervento. In questo caso però non sono noti quali limiti debbano essere garantiti all'interno del ricettore cosa che invece era stata specificata nel DPR 142/04 per il rumore da traffico stradale. Lo scrivente è convinto che il recente Decreto subirà in futuro modifiche e integrazioni ovvero sopraggiungano ulteriori chiarimenti sui temi non adeguatamente approfonditi.

In ogni caso risulta chiaro che i limiti applicabili debbano essere confrontati con le sorgenti poste nelle condizioni più gravose e pertanto, in fase previsionale, dovranno essere presi in considerazioni quegli scenari che, in ragione delle differenti e variabili situazioni meteorologiche, determinano la maggiore pressione sonora ai ricettori.

7.2 INQUINAMENTO DA TRAFFICO VEICOLARE

Per la valutazione dell'impatto acustico da traffico veicolare si fa riferimento al **DPR 30 marzo 2004 n. 142 - "Regolamento recante disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n.447"**.

L'art. 2 del DPR 142/2004 definisce e classifica le strade.

Anche all'interno della presente relazione, si intenderà per "strada" l'area ad uso pubblico destinata alla circolazione dei pedoni, dei veicoli e degli animali.

Le strade sono classificate, riguardo alle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, nei seguenti tipi:

- A - Autostrade;
- B - Strade extraurbane principali;
- C - Strade extraurbane secondarie;
- D - Strade urbane di scorrimento;
- E - Strade urbane di quartiere;
- F - Strade locali.

Il decreto fissa limiti di immissione sia per le infrastrutture nuove che per quelle già realizzate e precisamente definisce per ogni classe di strade una fascia di pertinenza calcolata come striscia di terreno misurata in proiezione orizzontale, per ciascun lato partire dal confine stradale.

Si riportano nelle seguenti tabelle i limiti di immissione fissati dall'Allegato 1 del DPR 142/2004.

Tabella 3: Limiti previsti per nuove infrastrutture

Tipo di Strada (secondo il codice della strada)	Sottotipi a fini acustici	Ampiezza fascia di pertinenza acustica	Scuole, ospedali ecc.		Altri recettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A - autostrada		250 m	50	40	65	55
B - extraurbana principale		250 m	50	40	65	55
C - extraurbana secondaria	C1	250 m	50	40	65	55
	C2	150 m	50	40	65	55
D - urbana di scorrimento		100 m	50	40	65	55
E - urbana di quartiere		30 m	Definiti dal Comune nel rispetto dei valori in Tabella C del DPCM 14.11.97 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane (art. 6 Legge 447/1995).			
F - locale		30 m				

Tabella 4: Limiti previsti per infrastrutture esistenti

Tipo di Strada (secondo il codice della strada)	Sottotipi a fini acustici ²	Ampiezza fascia di pertinenza acustica		Scuole ³ ospedali ecc.		Altri recettori	
				Diurno dB(A)	Notturno dB(A)	Diurno dB(A)	Notturno dB(A)
A - autostrada	-	100 m	fascia A	50	40	70	60
	-	150 m	fascia B			65	55
B - extraurbana principale	-	100 m	fascia A	50	40	70	60
	-	150 m	fascia B			65	55
C - extraurbana secondaria	CA	100 m	fascia A	50	40	70	60
		150 m	fascia B			65	55
	CB	100 m	fascia A	50	40	70	60
		150 m	fascia B			65	55
D - urbana di scorrimento	DA	100 m	-	50	40	70	60
	DB	100 m	-			65	55
E - urbana di quartiere	-	30 m	-	Definiti dal Comune nel rispetto dei valori in Tabella C del DPCM 14/11/1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane (art. 6 Legge 447/1995).			
F - locale	-	30 m	-				

² CA: strade a carreggiate separate; CB: tutte le altre strade extraurbane secondarie; DA: strade a carreggiate separate; DB: tutte le altre strade urbane di scorrimento.

³ Per le scuole vale il solo limite diurno.

8 MODELLI DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE SONORE

8.1 PROPAGAZIONE LIBERA DELLE ONDE SONORE

La propagazione libera delle onde sonore, partendo da un livello di potenza sonora specifico della sorgente è soggetta a fenomeni di attenuazione di diversa natura. Il principale fenomeno di attenuazione è quello dovuto alla divergenza geometrica in funzione della distanza.

Nello studio della propagazione sonora in ambiente esterno è particolarmente importante la definizione del tipo di sorgente sonora che genera il campo acustico.

Si definiscono in particolare tre tipi di sorgenti sonore cui corrispondono altrettanti tipi di attenuazione dovute alla distanza dal ricevitore:

- sorgente puntiforme;
- sorgente lineare;
- sorgente piana.

A far sì che una sorgente sia considerata puntiforme, lineare o piana non è solo la sua forma, ma anche la distanza dal ricevitore o, meglio, le sue dimensioni in rapporto a tale distanza.

Se è possibile approssimare l'emissione di rumore ad una sorgente puntiforme, questa determinerà fenomeni di propagazione per superfici sferiche.

La figura seguente dimostra inoltre che al crescere della distanza dalla sorgente, aumenta la superficie su cui la potenza sonora emessa si distribuisce (divergenza geometrica).

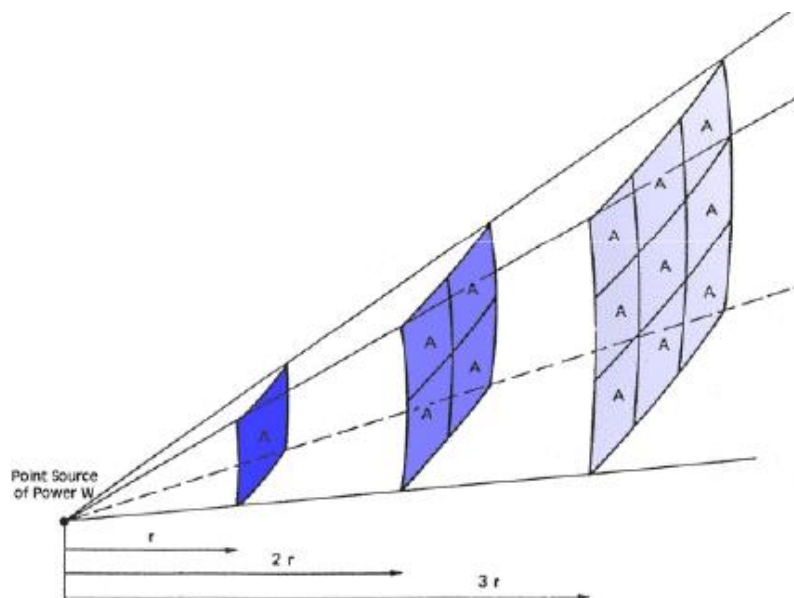


Figura 2 Fenomeno della divergenza nei fenomeni ondulatori.

Definendo W la potenza sonora alla sorgente, l'intensità I dell'energia sonora è data da:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2}$$

dove r è la distanza espressa in metri.

Sia ora L_w il livello di potenza sonora riferito ad una potenza $W_0 = 10\text{-}12$ Watt:

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

Indicato con L_p il livello di pressione sonora:

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \cong 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Il livello di pressione sonora a distanza, ricordando che l'intensità di riferimento è $10\text{-}12 \text{ Wm}^{-2}$, può essere allora espresso dalla seguente relazione:

$$L_p = L_w - 10 \log(4\pi r^2) \cong L_w - 20 \log(r) - 11$$

nella quale r è espresso in metri.

Da questa relazione si calcola quale sia la riduzione della pressione in funzione della distanza. Questa riduzione è causata semplicemente dalla divergenza geometrica delle onde sonore.

8.2 DIRETTIVITÀ DELLA SORGENTE

L'effetto di superfici riflettenti poste nelle immediate vicinanze della sorgente può essere rappresentato da un'opportuna direttività ricavabile in funzione di differenti configurazioni geometriche.

Per caratterizzare la direzionalità di una sorgente si introduce il fattore di direttività, Q .

La direttività può essere espressa in termini logaritmici attraverso l'indice di direttività, D , secondo la seguente relazione:

$$D = 10 \log Q$$

Esso esprime l'aumento in decibel del livello di intensità sonora dovuto alla direttività della sorgente considerata rispetto al livello che, a parità di potenza sonora, si otterrebbe nel medesimo punto dello spazio se la sorgente fosse omnidirezionale.

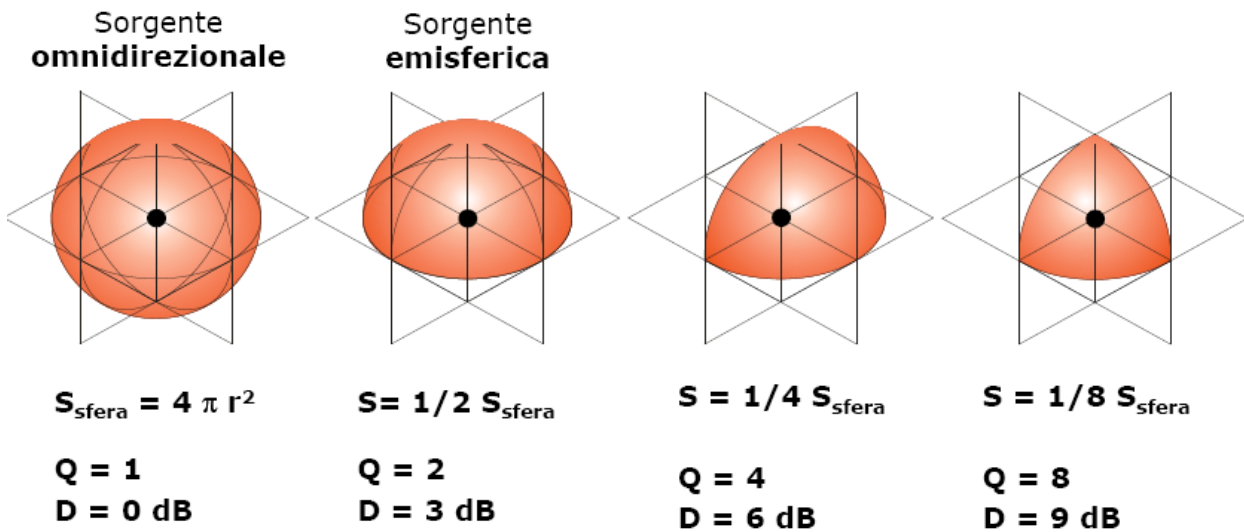


Figura 3 Fattori ed indici di direttività

8.3 ATTENUAZIONE IN ECCESSO

Nella propagazione libera delle onde sonore, oltre all'attenuazione imputabile alla divergenza che abbiamo descritto, si hanno altre riduzioni del livello che sono quindi considerate in eccesso rispetto a quanto prevedibile sulla base della sola divergenza.

Le cause dell'attenuazione in eccesso sono molteplici:

- Attenuazione per riflessione del terreno;
- Attenuazione per la presenza di ostacoli/rilievi;
- Assorbimento atmosferico, $Ae1$;
- Precipitazioni o nebbie, $Ae2$;
- Presenza di vegetazione $Ae3$;
- Fluttuazioni dovute al vento, ai gradienti di temperatura, a turbolenza atmosferica, ecc...

Di seguito verranno analizzate le varie tipologie di attenuazioni in eccesso.

8.3.1 Assorbimento atmosferico – $Ae1$

L'energia sonora nell'aria viene gradualmente trasformata in energia termica soprattutto attraverso meccanismi di vibrazione delle molecole d'ossigeno: ciò provoca il cosiddetto assorbimento atmosferico. Esso dipende particolarmente da frequenza del suono, temperatura e umidità dell'aria ed è proporzionale alla distanza fra sorgente e ricevitore. Nel caso in esame data la variabilità di temperatura e umidità dell'aria non sono state effettuate stime di questo tipo di riduzione.

Tabella 5: Coefficienti di assorbimento acustico dell'aria in dB/km (dalla Norma ISO 9613-1) per alcune combinazioni di temperatura e umidità relativa dell'aria.

T(°C)	U,R,(%)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
10	70	0,12	0,41	1,04	1,93	3,66	9,66	32,8	117,0
15	20	0,27	0,65	1,22	2,70	8,17	28,2	88,8	202,0
15	50	0,14	0,48	1,22	2,24	4,16	10,8	36,2	129,0
15	80	0,09	0,34	1,07	2,40	4,15	8,31	23,7	82,8
20	70	0,09	0,34	1,13	2,80	4,98	9,02	22,9	76,6
30	70	0,07	0,26	0,96	3,14	7,41	12,7	23,1	59,3

8.3.2 Precipitazioni o nebbie – Ae2

L'attenuazione in eccesso dovuta a questi fattori può ritenersi trascurabile.

8.3.3 Presenza di vegetazione – Ae3

Quando sia la sorgente che l'osservatore si trovano ad una distanza ridotta dal suolo esiste un sensibile effetto di attenuazione del terreno, esaltato dalla presenza di vegetazione fitta (erbe, cespugli, alberi).

8.3.4 Disomogeneità, fluttuazioni

Le variazioni della temperatura dell'aria con la quota e la diversa velocità del vento possono influenzare in maniera rilevante la propagazione del suono all'aperto. Un fronte d'onda che si propaga con una certa direzione dalla sorgente al di sopra di una superficie piana viene piegato verso l'alto, se la velocità del suono diminuisce con la quota, o verso il basso se invece la velocità del suono aumenta con la quota. Se il fronte d'onda si piega verso l'alto si formeranno delle zone d'ombra acustica; viceversa, se piega verso il basso, si avranno dei cospicui rinforzi rispetto ai livelli relativi ad aria omogenea.

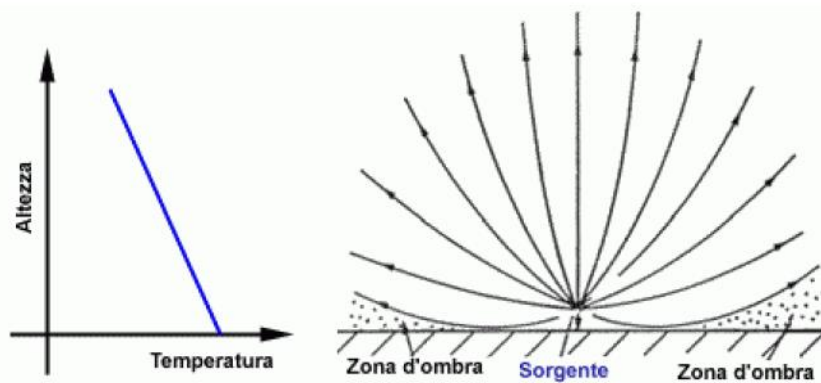


Figura 4 Effetto della temperatura con gradiente normale

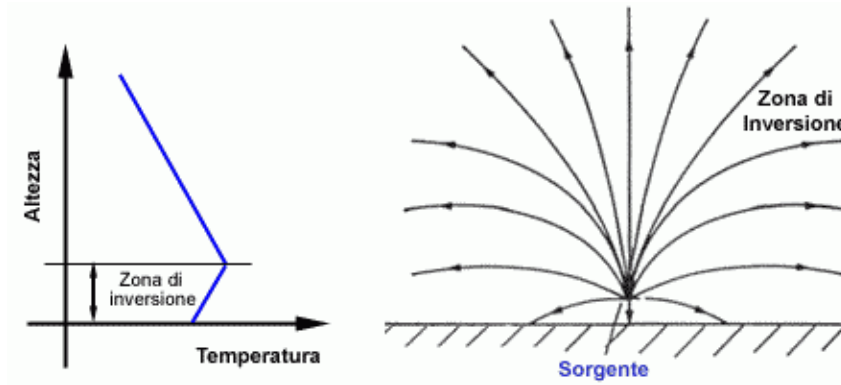


Figura 5 Effetto della temperatura in caso di inversione termica

8.4 ATTENUAZIONE DELLE BARRIERE ACUSTICHE

Quando le onde sonore incontrano un ostacolo, aggirano i bordi dell'ostacolo stesso dando luogo a fenomeni di diffrazione. In altre parole, le direzioni di propagazione delle onde sonore sono deformate dagli ostacoli che esse incontrano. Il ricevitore **R** si trova a distanza **r** dalla sorgente **S** e tra loro si frappone lo schermo infinito in due dimensioni ma finito nella terza:

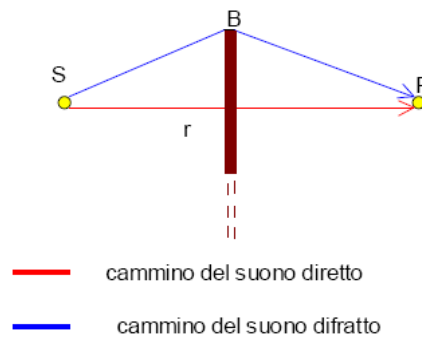


Figura 6 Schema di propagazione

Se lo schermo non ci fosse il suono percorrerebbe il raggio rosso e:

$$L_{DIR} = L_W + 10 \log \frac{Q_{DIR}}{4\pi r_{DIR}^2}$$

Ma con una barriera, il suono percorre il percorso blu e subisce una perdita d'energia; si avrà, quindi, un'attenuazione del livello. In questo caso non si ha più un livello diretto ma un livello diffratto L_{DIFF} :

$$L_{DIFF} = L_{DIR} - \Delta L_{BAR}$$

Per poter calcolare ΔL_{BAR} , ossia l'attenuazione della barriera, è necessario conoscere il numero di Fresnel **N**.

$$N = \frac{2 \cdot \delta}{\lambda} = \frac{2 \cdot \delta \cdot f}{c}$$

Dove λ è la lunghezza d'onda, c la velocità del suono che in aria vale 340 m/s, f è la frequenza e δ è il percorso dell'onda diffratta meno quello dell'onda diretta.

Quindi:

$$\delta = \overline{SB} + \overline{BR} - \overline{SR}$$

All'aumentare di f cresce l'attenuazione.

Tra attenuazione e numero di Fresnel, quindi, esiste una legge lineare; essa è descritta dal diagramma di Maekawa e dalle relative formule:

- se la sorgente è puntiforme $\Delta L_{BAR} = 10 \log[3 + 20N]$
- se la sorgente è lineare $\Delta L_{BAR} = 10 \log[2 + 5.5N]$

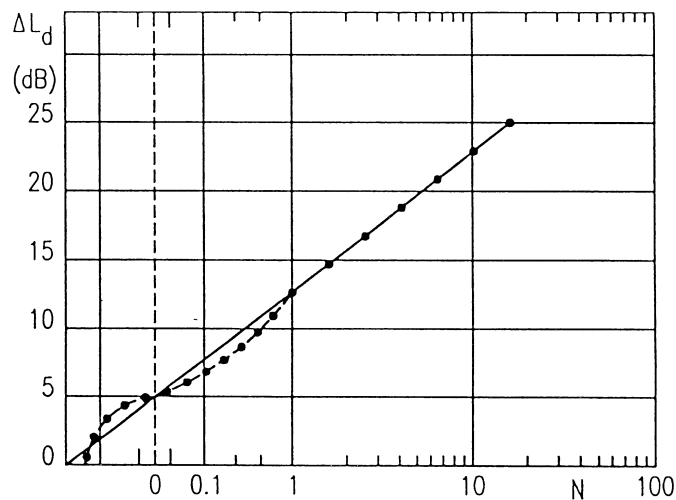


Figura 7 Diagramma di Maekawa per sorgenti lineari.

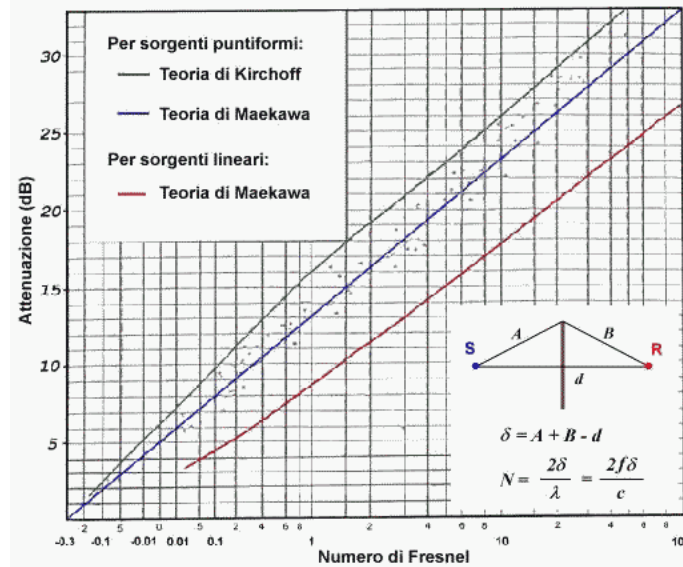


Figura 8 Grafico di relazione fra il Numero di Fresnel ed attenuazione.

Attraverso il modello Maekawa si calcola l'attenuazione prevista sui ricettori più vicini.

8.5 PROPAGAZIONE DELLE SORGENTI LINEARI

Per quanto riguarda le strade ed in generale tutte le infrastrutture di trasporto, l'approssimazione della sorgente ad un punto non può essere utilizzata; in questo caso si fa perciò riferimento al modello di propagazione proposto per sorgenti lineari che, fatto salvo quanto indicato nel precedente paragrafo, consente di determinare il livello di pressione sonora a distanza, utilizzando la seguente relazione (valida per sorgente semi-cilindrica):

$$L_p \cong L_w - 10 \log (r) - 5$$

La valutazione dei livelli di pressione sonora a distanza non terrà conto delle diverse forme di attenuazione ma verrà considerata esclusivamente la riduzione per divergenza geometrica; in questo modo i risultati forniti risulteranno sicuramente più cautelativi.

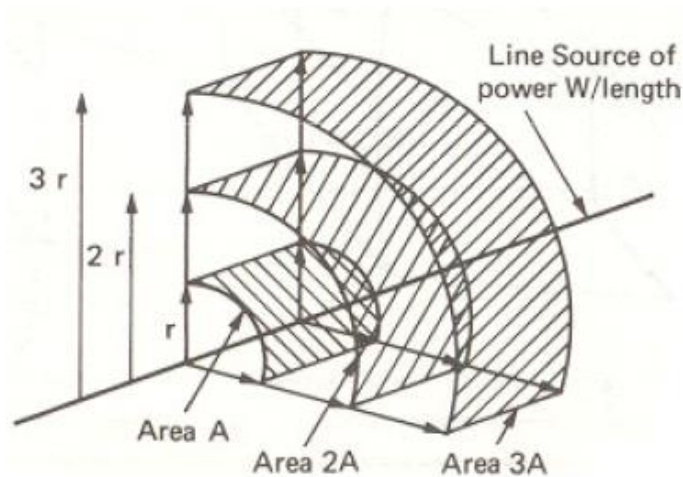


Figura 9: Propagazione delle onde sonore per sorgenti lineari.

Il livello di pressione sonora si riduce di 3 dB per ogni raddoppio della distanza della sorgente (propagazione cilindrica).

8.6 PROPAGAZIONE DELLE SORGENTI PIANE

Queste sorgenti generano onde sonore piane, che non subiscono attenuazioni da divergenza. Si tratta di una situazione che non si verifica frequentemente nella pratica, nelle normali situazioni di misura.

Tipicamente onde piane possono essere ottenute all'interno di un tubo liscio entro cui si muove in modo oscillatorio un pistone come, ad esempio, all'interno di una galleria stradale.

Più frequentemente si possono ascrivere a questo tipo le sorgenti areali molto estese, lungo due dimensioni, rispetto alla distanza dal ricevitore, distanza misurata in senso normale alle due suddette dimensioni. È il caso delle pareti di grandi capannoni industriali, ma solo finché la distanza parete-ricevitore si mantiene piccola rispetto alle due dimensioni della parete e non in prossimità dei bordi della stessa.

In condizioni del genere l'intensità sonora si mantiene costante al variare della distanza sorgente-ricevitore.

9 IL RUMORE DA FENOMENI EOLICI

9.1 VELOCITÀ DEL VENTO

Il vento rappresenta l'elemento fondamentale nella determinazione dell'impatto di un parco eolico.

Esula dallo scopo del presente paragrafo una ampia disamina dei fenomeni meteorologici correlati al vento limitandoci ai pochi elementi di specifico interesse.

Le variazioni di velocità e intensità di potenza specifica del vento al variare dell'altezza di misura rispetto al suolo hanno enorme importanza nella progettazione di impianti eolici.

La velocità del vento è influenzata dal terreno sul quale avviene la propagazione. In relazione alle caratteristiche intrinseche di questo (orografia e tipologia di superficie) si determinano fenomeni di attrito più o meno marcati.

È stata prodotta una correlazione logaritmica che lega la Rugosità del terreno con la quota e la velocità del vento producendo, in ultima analisi, curve parametriche per differenti tipologie di terreno nella formulazione semplificata espressa come:

$$\frac{U_z}{U_{z_r}} = \frac{\ln \frac{z}{z_0}}{\ln \frac{z_r}{z_0}}$$

Dove:

U è la velocità del vento

z è l'altezza nelle condizioni ricercate,

z₀ è il valore di riferimento per il tipo di superficie

e **z_r** è l'altezza alla quota di misura (tipicamente 10m)

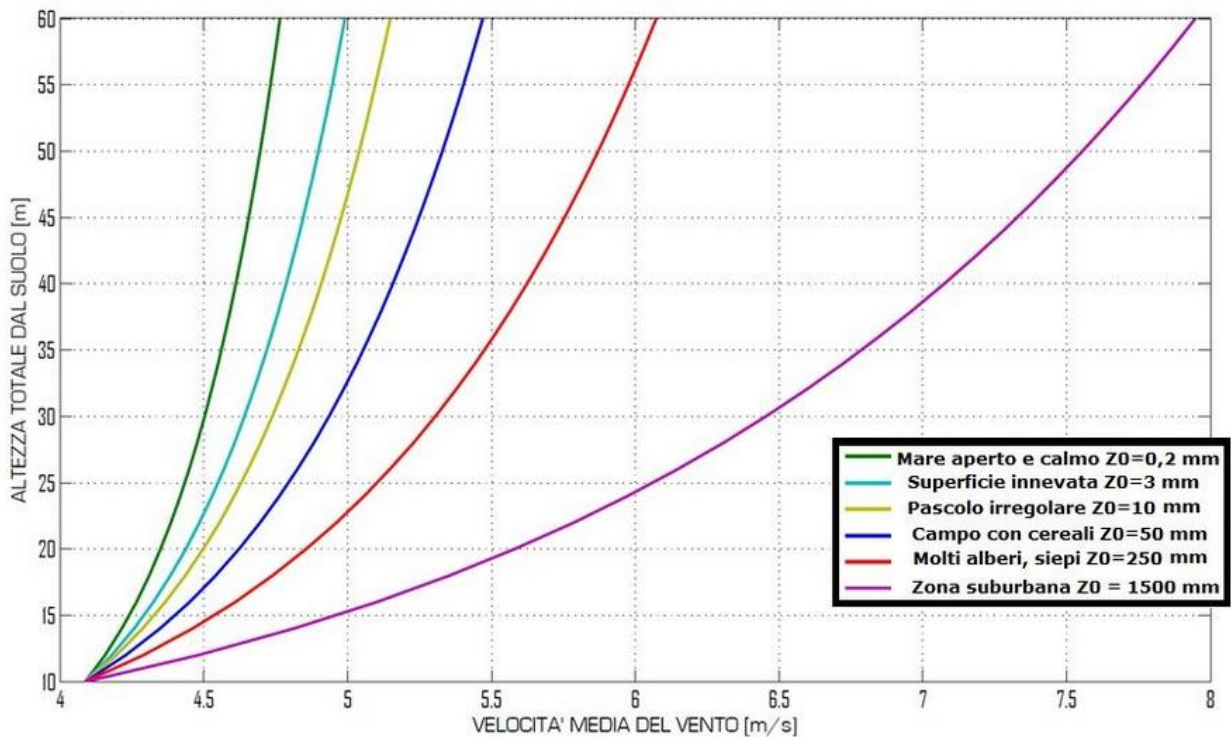


Figura 10 Relazione tra velocità del vento e quota

Nel caso del presente studio si può ragionevolmente assumere una rugosità o scabrezza z_0 pari a 250mm. Ad esempio, una velocità del vento di 10m/s alla navetta (118m) corrisponde ad una velocità a terra pari a circa 6 m/s

Utilizzando invece la formulazione che considera anche la classe di stabilità di Pasquill (grado di rimescolamento) nella forma seguente:

$$\frac{U_z}{U_{z_s}} = \left(\frac{h_z}{h_s}\right)^n$$

Dove n è la classe di stabilità

9.2 CLASSIFICAZIONE DEL VENTO

La velocità del vento è comunemente classificata tramite la scala di Beaufort che suddivide il vento in relazione agli effetti sulla navigazione marittima. Vi è infatti una correlazione stretta tra la velocità del vento al suolo e il moto ondoso.

RTS11 - STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO

Valore Scala Beaufort	Termine descrittivo	Velocità media del vento			Effetti sulla terra	Altezza media delle onde (m)	Effetti sul mare
		nodi (KT)	m/s	Km/h			
0	Calma	< 1	0-0.2	<1	Calma; il fumo sale verticalmente.	-	Il mare è uno specchio.
1	Bava di vento	1-3	0.3-1.5	1-5	La direzione del vento è segnalata dal movimento del fumo, ma non dalle maniche a vento.	0.1	Leggere increspature dell'acqua.
2	Brezza leggera	4-6	1.6-3.3	6-11	Si sente il vento sul viso e le foglie frusciano; le maniche a vento si muovono.	0.2	Onde piccole, ma evidenti.
3	Brezza tesa	7-10	3.4-5.4	12-19	Le foglie e i ramoscelli più piccoli sono in costante movimento; il vento fa sventolare bandiere di piccole dimensioni.	0.6	Piccole onde, creste che cominciano a infrangersi.
4	Vento moderato	11-16	5.5-7.9	20-28	Si sollevano polvere e pezzi di carta; si muovono i rami piccoli degli alberi.	1	Piccole onde, che diventano più lunghe.
5	Vento teso	17-21	8-10.7	29-38	Gli arbusti con foglie iniziano a ondeggiare; le acque interne s'increspano.	2	Onde moderate allungate, con possibilità di spruzzi.
6	Vento fresco	22-27	10.8-13.8	39-49	Si muovono anche i rami grossi; gli ombrelli si usano con difficoltà.	3	Si formano marosi con creste di schiuma bianca.
7	Vento forte	28-33	13.9-17.1	50-61	Gli alberi iniziano a ondeggiare; si cammina con difficoltà contro vento.	4	Le onde s'ingrossano, la schiuma comincia a "sfilacciarsi" in scie.
8	Burrasca moderata	34-40	17.2-20.7	62-74	Si staccano rami dagli alberi; generalmente è impossibile camminare contro vento.	5.5	Marosi di altezza media; le creste si rompono e formano spruzzi vorticosi.
9	Burrasca forte	41-47	20.8-24.4	75-88	Possono verificarsi leggeri danni strutturali agli edifici (caduta di tegole o di coperchi dei camini).	7	Grosse ondate, con dense scie di schiuma e spruzzi, riducono la visibilità.
10	Burrasca fortissima	48-55	24.5-28.4	89-102	(Raro nell'entroterra) Alberi sradicati e considerevoli danni agli abitati.	9	Enormi ondate, con lunghe creste a pennacchio; il mare ha un aspetto biancastro.
11	Fortunale	56-63	28.5-32.6	103-117	(Rarissimo nell'entroterra) Vasti danni strutturali.	11.5	Onde enormi che possono nascondere navi di media stazza; il mare è coperto da banchi di schiuma e la visibilità è ridotta.
12	Uragano	>63	>32.7	>118	Danni ingenti ed estesi alle strutture.	14	Onde altissime; schiuma e spruzzi riducono molto la visibilità e il mare è tutto bianco.

La funzione che lega la scala di Beaufort e la velocità del vento in nodi non è lineare come si può vedere nel seguente grafico.

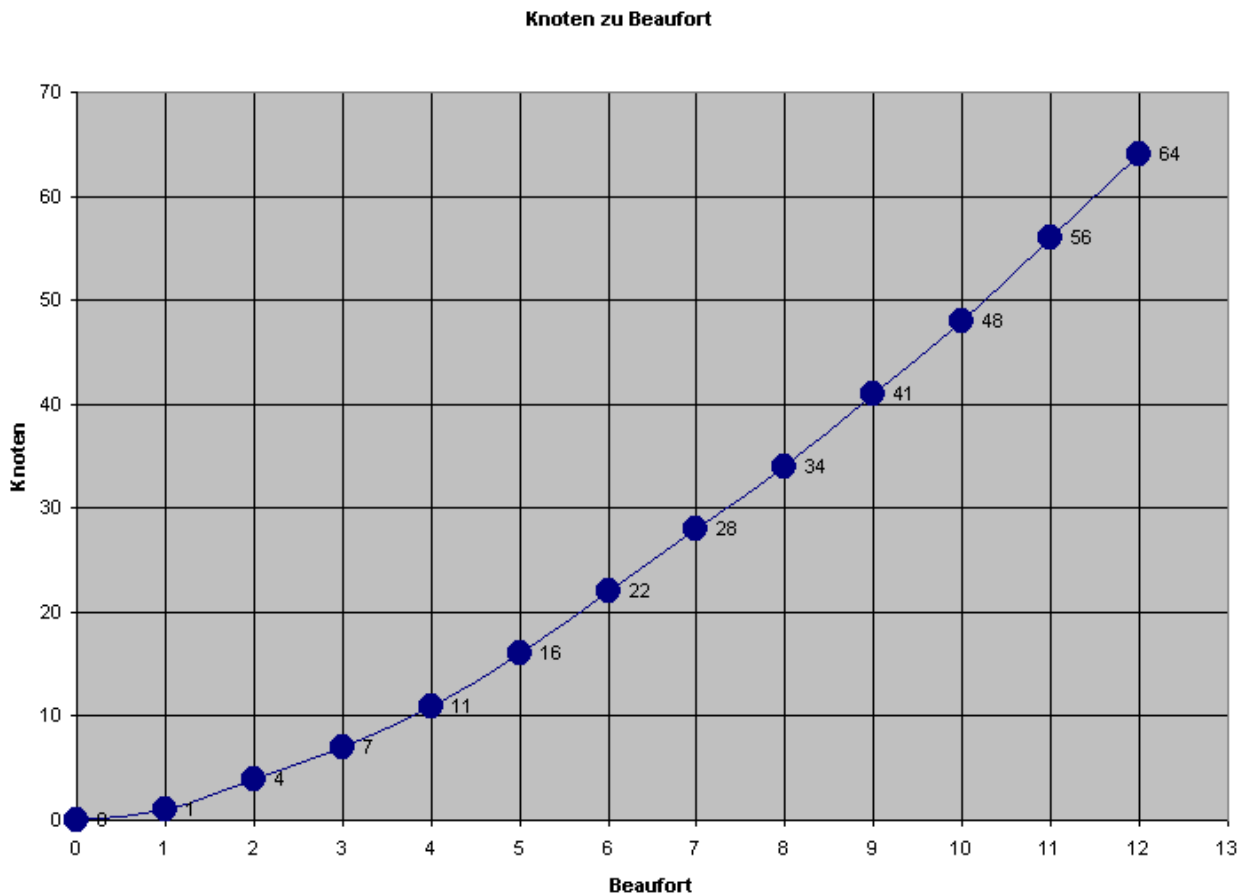


Figura 11 Relazione Beaufort vs Uz

9.3 RUMORE DA AEROGENERATORI⁴

Un aerogeneratore, indipendentemente dalla sua potenza nominale, trasforma l'energia meccanica, generata dalla spinta del vento, in energia elettrica. Tale trasformazione avviene grazie alla rotazione delle pale che, collegate in modo solidale con un generatore elettrico, riescono a produrre energia elettrica.

L'azione del vento, quindi, rappresenta la componente fondamentale per la generazione dell'energia elettrica in quanto a seconda della sua intensità e direzione si ha una correlazione strettamente proporzionale con la produzione di energia elettrica. Pertanto, quanto maggiore è l'intensità del vento tanto maggiore sarà la rotazione delle pale e quindi la produzione di energia elettrica.

La rotazione delle pale per motivi di sicurezza è posta in un range variabile di velocità angolare, strettamente legata alla velocità del vento; quando la intensità del vento supera una soglia le pale si pongono in "rotazione libera" senza collegamento con il rotore del generatore elettrico.

⁴Da "Pale eoliche e Rumore" ARPAC – Capone e Altri

La rotazione minima per la generazione di energia elettrica è legata al momento inerziale delle pale che, pur mettendosi in moto con velocità del vento molto modeste, non riescono a trasmettere lavoro utile al generatore per produrre energia elettrica.

Da questa breve disamina del funzionamento della pala eolica si può dedurre che:

- la velocità di rotazione della pala dipende dalla velocità e direzione del vento; la pala si mette in moto anche con valori molto bassi della velocità del vento, auto posizionandosi rispetto alla direzione migliore;
- la produzione di energia elettrica dipende dall'intensità del vento. La produzione di energia elettrica è limitata ad un range di velocità ben definito tra una minima che rappresenta il punto in cui il generatore entra in produzione e una massima che rappresenta la velocità sopportabile dall'aerogeneratore prima che venga posto in stallo;
- le possibili fonti di rumore provenienti dalla pala eolica sono diverse.

L'ultimo punto in particolare merita qualche considerazione in quanto la rotazione della pala ed il funzionamento della stessa generano sostanzialmente due tipologie di rumore ben definite:

- a) un rumore di tipo diretto;
- b) un rumore di tipo indiretto rispetto all'intensità e direzione del vento.

Con l'espressione di rumore diretto si indicano i contributi rumorosi riconducibili alla rotazione della pala eolica e quindi direttamente legate all'azione del vento, mentre con l'espressione di rumore indiretto si indicano quei contributi non strettamente dipendenti dall'azione del vento ma legati al funzionamento della pala eolica stessa.

Alla prima categoria si possono accorpate:

- 1) il rumore generato dal movimento delle pale nel fendere il vento;
- 2) il rumore degli organi meccanici posti in rotazione;
- 3) il rumore generato dall'effetto vela sulla torre di sostegno e sulla navicella.

Alla seconda categoria appartengono:

- 1) il rumore generato dal sistema di raffreddamento del generatore elettrico;
- 2) il rumore legato agli organi di posizionamento della navicella e delle pale;
- 3) il rumore generato dagli apparati elettrici ed elettronici posti per il corretto funzionamento della pala;
- 4) il rumore generato dai dispositivi elettrici quali trasformatore, inverter, ecc. necessari per la corretta utilizzazione dell'energia elettrica prodotta per una efficace immissione nella rete elettrica.

In particolare, l'azione del vento, che caratterizza il rumore della prima categoria, determina una proporzionalità diretta tra la spinta sulle pale e rumore poiché più le pale girano ed in linea di principio più il rumore ambientale aumenta; per la seconda categoria il rumore che si genera è indipendente dal vento ed il contributo delle componenti sopra indicate al rumore ambientale è di tipo continuo. Essendo quindi, il rumore ambientale generato dalle pale eoliche di tipo misto ossia discontinuo in un caso e continuo nell'altro, vedremo nel prosieguo di questa trattazione come le due componenti si integrino e come si possa valutare il rumore residuo per l'applicabilità del criterio differenziale anche in considerazione che il funzionamento delle pale, salvo malfunzionamenti appare continuativo in un periodo di 24 ore.

Nel calcolo del rumore ambientale il così detto "Whoosh" ciclico, legato al Wind Shear ossia, alle azioni che il vento produce sul rumore prodotto dalle pale poste in rotazione, per pale molto grandi associate a generatori fino a 3 MW appare del tutto trascurabile se paragonato a quanto avviene su pale di dimensioni notevolmente ridotte. Lo stesso ragionamento vale per il calcolo del rumore residuo a pala spenta in quanto le maggiori dimensioni della navicella e una maggiore distanza dai possibili ricettori, di fatto diminuiscono la percezione del rumore dovuto al contributo delle componenti elettromeccaniche che costituiscono la navicella eolica.

È certamente vero che più spira il vento e più le pale tendono ad aumentare la velocità di rotazione fendendo di conseguenza l'aria con una periodicità maggiore, aumentando in linea di principio il rumore complessivo generato, è pur vero che l'aumentare del vento fa innalzare il livello del rumore di fondo in quanto si aumenta ad esempio il movimento delle fronde degli alberi o dell'erba variando il livello del rumore ambientale.

Paradossalmente i dati del vento in quota e del vento al suolo possono essere sensibilmente diversi e ciò, nei casi più particolari, può determinare la percezione che le pale eoliche girino anche in "assenza di vento", dando la sensazione di maggiore rumorosità in quanto manca il contributo al rumore ambientale del vento ad altezza suolo (come, ad esempio, l'azionamento delle pale per correnti termiche).

9.4 RUMORE INDOTTO DAL VENTO SULLA VEGETAZIONE

Il rumore della vegetazione indotto dal passaggio del vento può mascherare il rumore delle pale abbassando di fatto il disturbo percepito dato dall'attività del parco eolico. Il rumore prodotto dalla vegetazione risulta influenzato da una serie di fattori quali le condizioni atmosferiche lungo il profilo verticale della velocità del vento; la turbolenza del vento che causa fluttuazioni del rumore a livello locale; il tipo di vegetazione.

Nelle Linee Guida ISPRA è presente un capitolo dedicato alla stima della correlazione tra velocità del vento e rumore residuo.

La pubblicazione peraltro dichiara: “In ordine all’andamento atteso della rumorosità prodotta dal vento si evidenziano importanti scostamenti tra un risultato e l’altro a dimostrazione di un campo sperimentale ancora poco praticato e comunque poco incline ad una robusta standardizzazione previsionale.”

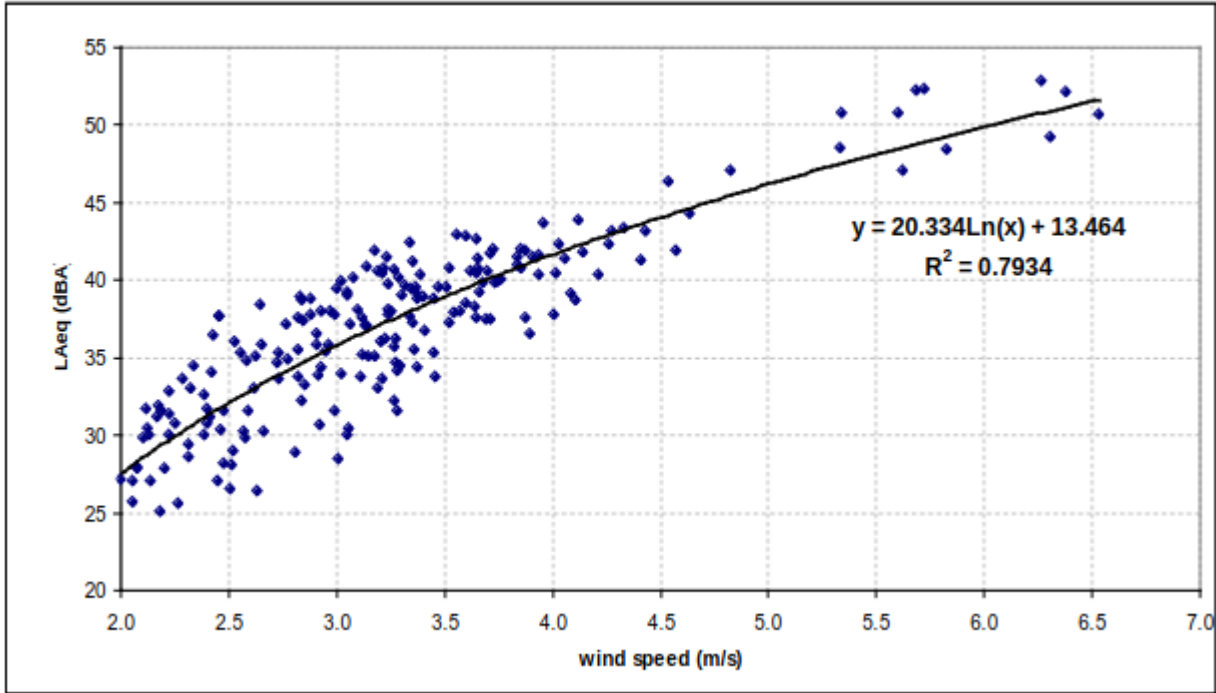


Figura 12 Dati misurati e curva logaritmica di correlazione (fonte ARPAV)

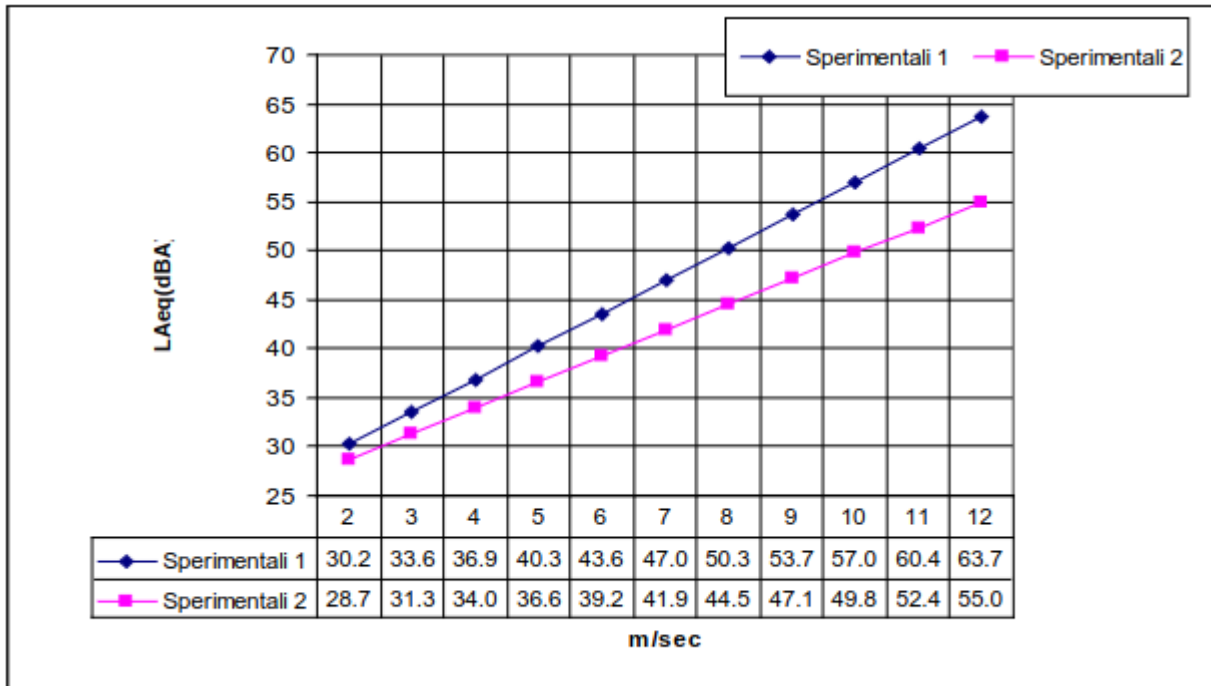


Figura 13 Intervallo di variabilità dei dati sperimentali raccolti

Nella pubblicazione non sono stati prodotti importanti fattori relativi alla campagna di misure come ad esempio: orografia del terreno, tipologia di vegetazione. In ogni caso si può ragionevolmente assumere che per valori di velocità del vento a 10 m dal suolo superiori a 7m/s, il rumore residuo risulti pari a 45 dB.

Karl Bolin (Royal Institute of Technology, Stoccolma) ha proposto un modello previsionale che combina questi 3 fattori che, opportunamente confrontato con misurazioni sul campo, ha confermato la sua affidabilità e accuratezza.

Intuitivamente, all'aumentare della velocità del vento, aumenta il livello di pressione sonora come si può notare dal grafico riportato di seguito.

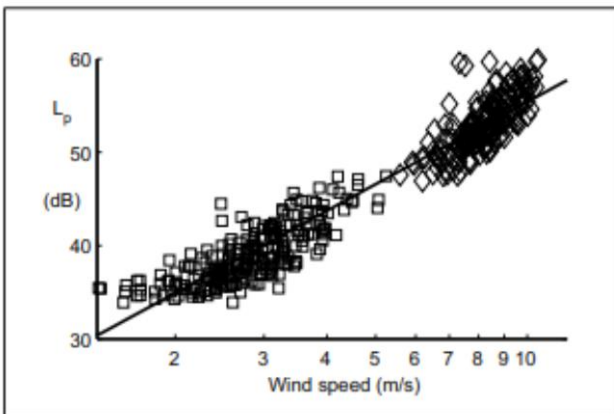


Figura 14: Grafico a dispersione dei picchi dei livelli di emissione ottenuti da misurazioni in due diversi siti

Lo spettro della frequenza di emissione varia sensibilmente a seconda che si tratti di conifere, caducifoglie o alberi spogli. In particolare, lo spettro di emissione degli alberi con chioma spoglia non presenta la componente di rumore attorno ai 4 kHz dovuto al fruscio delle foglie.

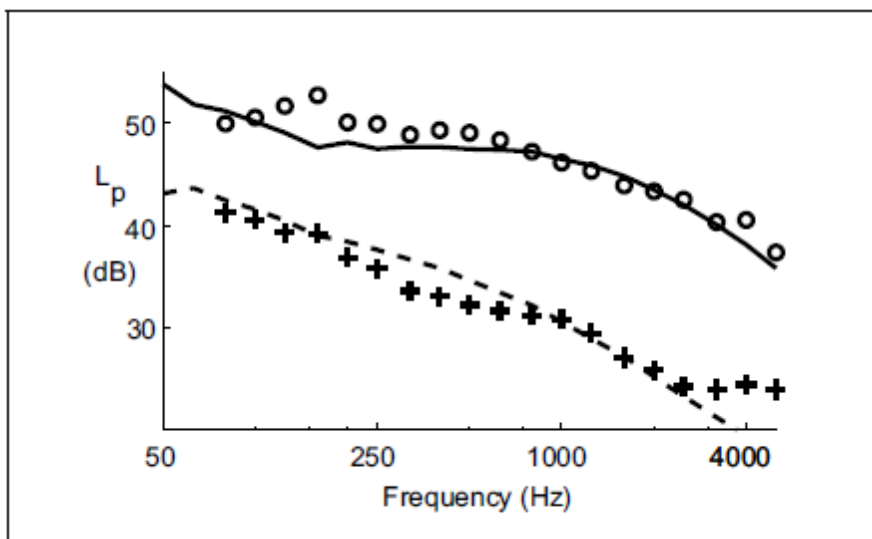


Figura 15: Spettro a bande di terzi di ottava in dB di alberi spogli in due diversi siti con velocità del vento di 3,2 m/s (curva in basso) e 5.7 m/s (curva in alto). I simboli (+) e (°) indicano le misure. I simboli (- - -) e (- · -) indicano i valori del modello.

Lo spettro di emissione delle conifere risulta il più efficace alle basse frequenze. Il rumore generato alle basse frequenze è dovuto alla formazione di vortici attorno agli aghi e alle vibrazioni strutturali causate dalla collisione degli elementi che compongono la chioma. La regione delle basse frequenze è di particolare importanza per l'effetto mascherante della vegetazione visto che le basse frequenze caratterizzano anche lo spettro di emissione delle pale eoliche.

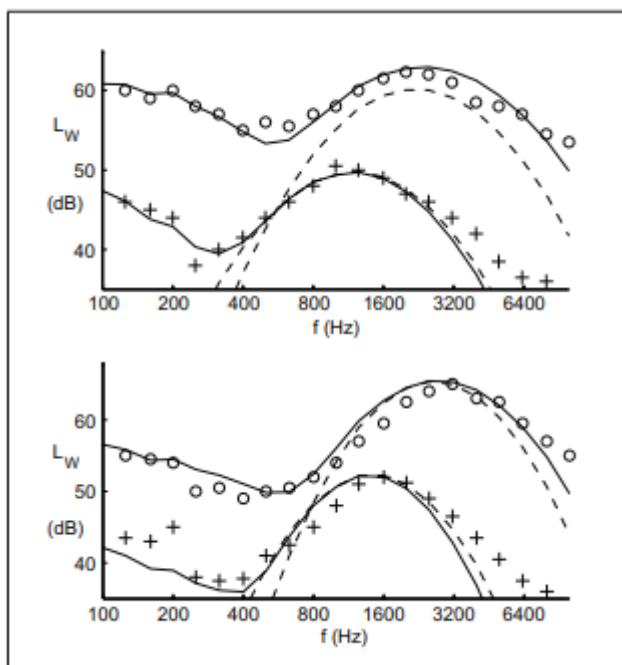


Figura 16: Misure dello spettro di potenza sonora in bande di terze d'ottava in base al vento. Il grafico sopra mostra conifere, velocità del vento di 11,5 m/s. Il grafico sotto velocità del vento di 6,3 m/s.

La tabella e il grafico che seguono mostrano la correlazione tra velocità del vento e pressione sonora così come misurato nello studio condotto da Bolin in 7 siti diversi.

Tabella 6: Dettaglio rilievi eseguiti dallo studio di Bolin che mostra velocità del vento (U), livelli di pressione sonora misurati (Leq). I valori medi sono denotati con μ , mentre σ rappresenta la deviazione standard.

Sito	Vegetazione		U [m/s]	Leq [dB(A)]
Sito 1	Abete	μ	5,1	50,6
		σ	1,7	4
Sito 2	Abete e pino	μ	6,3	45,2
		σ	1,5	3
Sito 3	Abete, pino e betulla	μ	5,2	56,8
		σ	1,7	3
Sito 3	Abete, pino e betulla	μ	5,2	59,5
		σ	1,7	5,2
Sito 4	Alberi spogli	μ	3,2	42,2
		σ	0,5	3,8
Sito 5	Alberi spogli	μ	2,6	36
		σ	0,6	3,6
Sito 6	Alberi spogli	μ	6,8	57
		σ	1,4	3,6
Sito 7	Alberi spogli	μ	8,3	55,4
		σ	1	2,3

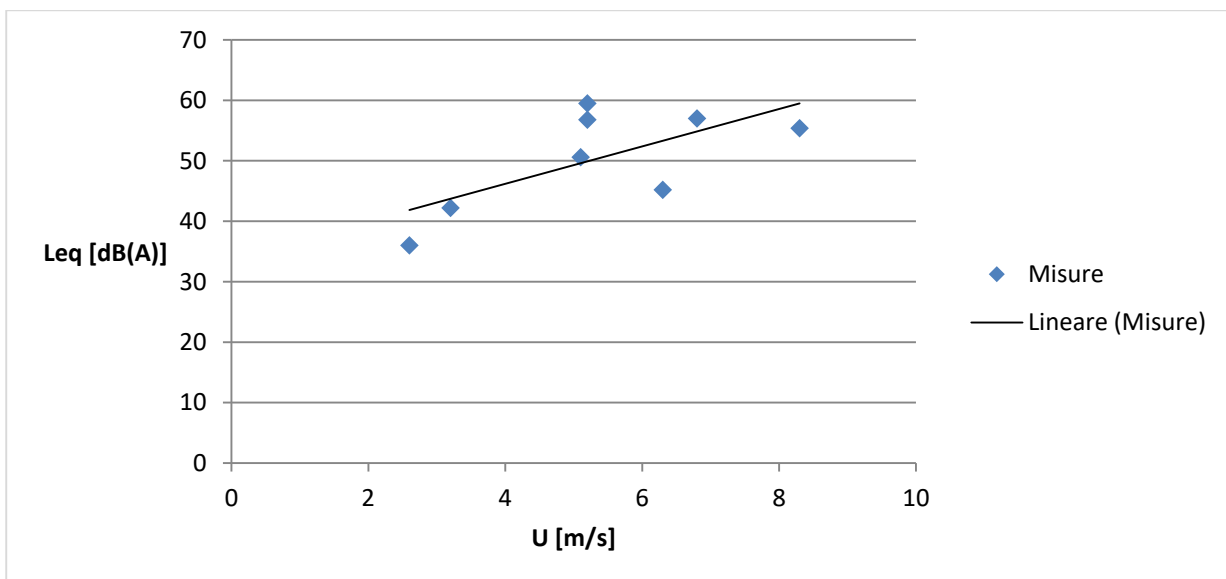


Figura 17 Regressione lineare dei dati

10 CALCOLO DELL'INCERTEZZA

10.1 INCERTEZZA DELLA MISURA

La norma tecnica **UNI EN 13005:2000** propone un metodo di calcolo dell'incertezza composto da:

$$U_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i U_i^2}$$

Dove U_c è l'incertezza complessiva che si compone della sommatoria delle n incertezze.

Ad esempio, l'incertezza strumentale può essere calcolata come somma delle incertezze di fonometro e calibratore. Utilizzando fonti reperibili in letteratura si ottiene:

$$U_{strum} = \sqrt{U_{cal}^2 + U_{fon}^2} = \sqrt{(0.13 \div 0.21)^2 + (0.44 \div 0.59)^2} = 0.49 \div 0.60 [dB]$$

10.2 INCERTEZZA DEL MODELLO

La norma tecnica **UNI 11143-1:2005** propone di effettuare misurazioni di livello sonoro, in funzione della frequenza, sia in punti di riferimento prossimi alle sorgenti sonore individuate (punti di calibrazione delle sorgenti) sia in punti più lontani ed in prossimità dei ricettori (punti di calibrazione dei ricettori e di verifica).

Per quanto riguarda i livelli misurati nei pressi delle sorgenti determinare i valori dei parametri di ingresso del modello di calcolo (potenza sonora e direttività delle sorgenti sonore, tipologia puntuale, lineare od areale delle sorgenti sonore, ecc.) in maniera tale che la media degli scarti $|L_{cc} - L_{mc}|$ al quadrato tra i valori calcolati con il modello (L_{cc}) ed i valori misurati (L_{mc}) nei punti di calibrazione delle sorgenti sia minore di 0,5 dB:

$$\frac{\sum_{c=1}^{N_s} |L_{mc} - L_{cc}|^2}{N_s} \leq 0,5 \text{ dB}$$

dove:

N_s è il numero dei punti di riferimento sorgente-orientati.

Per quanto concerne, invece, le misure fatte presso i ricettori (calibrazione ai ricettori) la norma propone di minimizzare la somma dei quadrati degli scarti regolando i parametri del modello che intervengono sulla propagazione, in maniera tale che la media degli scarti al quadrato sia minore di 1,5 dB, come si evince dalla seguente formula:

$$\frac{\sum_{c=1}^{N_R} |L_{mc} - L_{cc}|^2}{N_R} \leq 1,5 \text{ dB}$$

dove:

N_R è il numero di punti di misura ricettore-orientati utilizzati per la calibrazione calcolare i livelli sonori nei punti di verifica, L_{cv} .

Se lo scarto $|L_{cv} - L_{mv}|$ tra i livelli sonori calcolati, L_{cv} , e quelli misurati, L_{mv} , in tutti i punti di verifica è minore di 3 dB(A), allora il modello di calcolo è da ritenersi calibrato; altrimenti, è necessario riesaminare i dati di ingresso del modello di calcolo (specificatamente quelli relativi alla propagazione acustica) e ripetere il processo.

11 MODELLI MATEMATICI DI CALCOLO

Nelle valutazioni di impatto acustico e dei relativi interventi di mitigazione assume una importanza determinante il calcolo della propagazione acustica in ambiente esterno. La **Legge Quadro 447/95** ed i suoi decreti attuativi impongono di calcolare o un livello equivalente ponderato **A**, **L_{Aeq}**, o il cosiddetto livello di valutazione del rumore aeroportuale, **L_{VA}**. In entrambi i casi la scelta del modello di calcolo è sostanzialmente lasciata all'utilizzatore. La proposta di direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio sul rumore ambientale (2000) raccomanda di calcolare in ogni caso il livello giorno-sera-notte, **L_{den}**, ed il livello di rumore notturno, **L_{night}**, unificando la scelta dei descrittori acustici. La stessa proposta di direttiva europea va poi oltre la legislazione italiana nel raccomandare anche i metodi di calcolo dei descrittori; tuttavia, su questo punto essa appare condizionata da compromessi.

Infatti, tali metodi sono, almeno provvisoriamente, i seguenti:

- per il rumore di attività produttive: il metodo normalizzato **ISO 9613-2 (1996)**;
- per il rumore degli aeromobili in prossimità di aeroporti: il metodo europeo descritto nel documento **29 ECAC-CEAC (1997)**;
- per il rumore da traffico veicolare: il metodo di calcolo **CNOSSOS-EU**;
- per il rumore da traffico ferroviario: il metodo di calcolo ufficiale olandese (1996).

Appare subito problematico far convivere metodi differenti fra loro e basati su approssimazioni molto diverse senza nemmeno avere un riferimento per poterli combinare nella valutazione di un caso complesso, come per esempio un aeroporto in vicinanza di un'autostrada e di una ferrovia.

Dal punto di vista scientifico, invece, è chiaro che i fenomeni che governano la propagazione del rumore in ambiente esterno sono sempre i medesimi.

11.1 MODELLISTICA ACUSTICA PER TURBINE EOLICHE

I modelli accreditati per lo studio dei fenomeni di propagazione delle sorgenti eoliche sono essenzialmente 2:

- Norma tecnica ISO 9613-2
- Norma tecnica Nord2000

La norma internazionale **ISO 9613-2** è stata introdotta nel 1996 e successivamente modificata fino alla versione attuale recepita in Italia con la UNI ISO 9613-2 del 2006. Questa costituisce il riferimento univoco e riferibile per gli studi di impatto acustico nell'ambiente esterno relativi a sorgenti fisse o mobili con caratteristiche puntuali e lineari. La norma è recepita dalla maggior parte dei software previsionali ivi compreso il programma **SoundPlan** e **WindPro** utilizzati nel presente studio.

La **ISO 9613-2** permette di considerare i fenomeni di attenuazione dovuti alla vegetazione, alle caratteristiche atmosferiche e alle condizioni di vento.

Il parametro che definisce la correzione legata al vento è C_{met} che a sua volta dipende dal fattore C_0 . Ma questo non è univocamente stabilito e la norma si limita a dichiararne l'escursione (da 0 a 5 dB) e rimanda agli enti territoriali la sua definizione.

Il metodo **Nord2000** è stato introdotto dall'Agenzia danese per la protezione dell'ambiente in particolare per il rumore stradale e ferroviario.

Successivamente il modello è stato esteso al rumore prodotto dalle turbine eoliche combinando fattori di propagazione legati ad una serie di parametri climatici come ad esempio:

- direzione del vento
- velocità del vento
- temperatura
- umidità
- turbolenza
- fluttuazioni del vento

L'uso del modello di propagazione Nord2000 presenta delle differenze e delle caratteristiche aggiuntive rispetto al modello di propagazione proposto dalla norma ISO 9613-2, che risulta oggi il metodo di calcolo più largamente utilizzato, adottato anche a livello internazionale da molti regolamenti legislativi e standard tecnici per una grande varietà di sorgenti, tra cui anche gli aerogeneratori.

Un vantaggio del modello Nord2000 rispetto al modello ISO è quello di considerare in modo più dettagliato l'effetto delle condizioni meteorologiche e in particolare del vento, che risulta sempre presente e di fondamentale importanza nel caso degli impianti eolici. Il modello ISO permette il calcolo delle sole condizioni sottovento (vento che soffia in direzione sorgente-ricevitore) e considera le condizioni rappresentative di quelle favorevoli per la propagazione del suono. D'altro canto, il modello Nord2000 richiede parametri difficilmente reperibili e pertanto si ricorre inevitabilmente alla sua proposizione semplificata.

Le linee guida **ISPRA** propongono un indice di percezione **NPI** basato sull'analisi degli statistici L_{90} . Tale approccio risulta, ad avviso dello scrivente, estremamente cautelativo sottostimando il valore del Rumore residuo che viene approssimato al Rumore di fondo. I parametri utilizzati considerano il valore minimo dello statistico L_{90} per ogni ora di osservazione. Tale valore può differire gravemente rispetto al Rumore residuo poiché sono esclusi, oltre ai contributi delle sorgenti transienti anche le fluttuazioni determinate dalla turbolenza del vento sulla vegetazione.

Sono stati proposti ulteriori indicatori apparsi in articoli e pubblicazioni come, ad esempio, il lavoro edito **dall'AIA (Associazione Italiana di Acustica)** nel 2016 dal titolo "Rumore eolico: un indicatore per pianificare e gestire nuovi parchi e per la comunicazione al pubblico".

Nell'articolo si intende definire un parametro di "disturbo" che permetta di ampliare il mero valore fonometrico. Il disturbo (annoyance) causato dal rumore eolico è essenzialmente legato ai fenomeni di lapping, swishing e whistling tipici della modulazione in ampiezza del rumore eolico. Lo swishing e whistling risultano essere correlati alle frequenze contenute nel range 2000-4000 Hz, mentre il lapping probabilmente è dovuto ad oscillazioni indotte aerodinamicamente ed è descritto da specifiche frequenze in un intervallo di tempo più lungo. Nel lavoro dei ricercatori italiani si trova un'interessante comparazione del parametro da loro introdotto a partire dai modelli di propagazione ISO9613 e Nord2000.

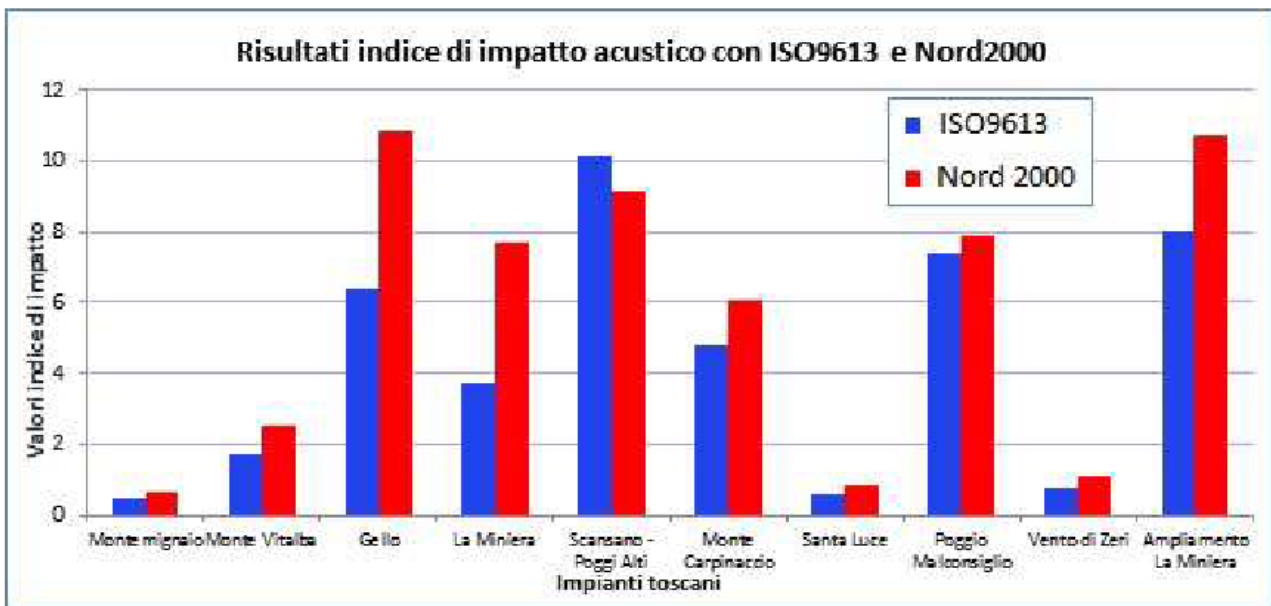


Figura 18 Risultati dell'indice di impatto con 2 metodi di propagazione

11.2 MODELLISTICA ACUSTICA PER IL TRAFFICO STRADALE

Il traffico veicolare è, in generale, la sorgente di rumore principale per la capillare diffusione nel territorio, l'estensione nel tempo (diurno e notturno) e livelli di rumorosità importanti.

Le sorgenti di rumore sono legate sostanzialmente a tre componenti:

- motore: il funzionamento del motore genera rumore in funzione delle caratteristiche costruttive e del numero di giri;
- rotolamento: il rumore causato dall'intrappolamento/rilascio d'aria nelle cavità tra battistrada e asfalto;
- aerodinamica: rilevante esclusivamente per velocità maggiori di 130 km/h.

I livelli di emissione sonora di un'infrastruttura stradale dipendono da due categorie di fattori: i dati relativi al flusso di traffico e le caratteristiche geometriche e strutturali dell'infrastruttura.

Per quanto riguarda i dati di traffico, i parametri da considerare sono: l'entità dei flussi di traffico, la velocità media di percorrenza, la composizione del traffico (veicoli pesanti, leggeri etc.) ed il tipo di flusso.

Risultano determinanti anche le caratteristiche dell'infrastruttura quali il numero di corsie per senso di marcia, le dimensioni della carreggiata, il profilo della strada, la tipologia di manto stradale e la forma della sezione trasversale (strada in piano campagna, in trincea o in rilevato).

La strada può essere considerata una sorgente lineare e la propagazione del rumore avviene in modo sostanzialmente uniforme nello spazio libero sovrastante.

Per il calcolo dell'emissione da una infrastruttura stradale viene proposto il modello **CNOSSO-EU**. Il calcolo dell'emissione si basa sul livello di pressione sonora del singolo veicolo, che implica pertanto la suddivisione della sorgente stradale in singole sorgenti di rumore assimilate a sorgenti puntiformi.

Il livello di pressione sonora è ricavato a partire da un nomogramma, che riporta il livello equivalente orario all'isofonica di riferimento dovuto a un singolo veicolo in funzione della velocità del veicolo per differenti categorie di veicoli, pendenza della livelletta e caratteristiche del traffico. Il livello di pressione sonora, corretto in funzione del numero di veicoli leggeri e di veicoli pesanti nel periodo di riferimento e della lunghezza della sorgente stradale, viene a sua volta scomposto in bande di ottava.

Il modello permette di prevedere i livelli di emissione dovuta al sistema di propulsione e al contatto pneumatico-strada in funzione della velocità di marcia e del tipo di veicolo; il modello prevede inoltre correzioni per tenere conto della composizione del parco circolante in uno specifico contesto, delle condizioni meteorologiche, dello stile di guida e delle caratteristiche della pavimentazione stradale.

11.3 SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATO: SOUNDPLAN 9

Il software di calcolo, utilizzato nel presente progetto, è stato sviluppato dalla **SoundPLAN LLC** nel corso di oltre 15 anni di ricerca. È certamente il Software previsionale acustico più diffuso al mondo. In Italia conta circa 200 utilizzatori distribuiti tra i migliori centri di ricerca, Università, Agenzie per l'Ambiente, ARPA, Comuni e decine di studi di consulenza. Permette la modellizzazione acustica in accordo con decine di standard nazionali deliberati per il calcolo delle sorgenti di rumore ed è in grado di definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per singoli punti fornendo i livelli globali e la loro scomposizione direzionale. Tra gli standard forniti vi sono tutti quelli che fanno riferimento alle future norme europee in via di pubblicazione (COM2000-468).

I metodi di calcolo implementati dal modello sono il "ray tracing", come opzione di default, o in alternativa il metodo denominato "angle scanning".

La tecnica del ray tracing, utilizzata per sviluppare le mappe acustiche, consiste nel calcolo dell'attenuazione del rumore seguendo i raggi che connettono la sorgente a ogni ricettore. Detti raggi partono omnidirezionalmente da ogni singolo ricettore e dopo molteplici rifrazioni e riflessioni, che seguono i principi dell'ottica geometrica, intercettano la sorgente. Il percorso di ogni singolo raggio descrive pertanto il modo in cui si propaga, riflette, attenua e viene rifratta l'onda incidente che parte da una determinata sorgente.

I fenomeni di diffrazione e riflessione sono calcolati attraverso il metodo delle sorgenti immagine che consiste nel creare nuove sorgenti laddove c'è una riflessione sul prolungamento del raggio incidente, adeguando, ad ogni ordine di riflessione, l'intensità sonora della nuova sorgente fittizia.

Al fine di minimizzare il tempo di calcolo, l'algoritmo di ray tracing, è implementato secondo la tecnica del backward integration, ovvero, la ricerca dei percorsi di propagazione viene effettuata partendo dal ricettore e non dalla sorgente, come avviene nell'applicazione classica del metodo.

SoundPLAN si basa sull'ipotesi di emissione di rumore da sorgente puntiforme, sorgenti più complesse, come quelle lineari e areali, vengono simulate dal programma riportando queste ultime alla somma di sorgenti elementari di dimensioni paragonabili a quella puntiforme. L'applicazione del modello di calcolo in base alle sorgenti presenti sul territorio è avvenuta seguendo le indicazioni riportate dalla normativa di riferimento (D.Lgs. 194/05).

Tra gli standard forniti vi sono tutti quelli che fanno riferimento alla **Direttiva Europea 2002/49/CE** e recepiti con il **D.Lgs n° 194 del 19 agosto 2005**, i cui più diffusi sono:

- Nord2000 (modello danese)
- ISO 9613 Part 1,2 (modello Europeo)
- CNOSSOS-EU (nuovo modello europeo)
- SRM II:2002 (modello Europeo)
- ISO 3891, ISO 9613, ANSI 126

Il programma di calcolo SoundPLAN consente di gestire e processare dati di input acustici, geometrici ed ambientali, permettendo valutazioni in merito alla propagazione sonora in funzione degli algoritmi utilizzati a livello europeo e fornendo risultati (output) sia in forma tabellare sia in forma grafica (mappa acustica).

Il modello di calcolo considera separatamente le varie tipologie di sorgenti permettendo l'implementazione degli elementi geomorfologici dell'area e delle sorgenti lineari, puntuali e areali presenti nel contesto su cui insiste il progetto.

L'identificazione e quantificazione delle sorgenti deve essere creata a partire dai rilievi eseguiti sul campo, da dati presenti in letteratura ovvero dati forniti dai progettisti. Il software permette l'acquisizione di dati in frequenza sia per quel che concerne le emissioni di rumore che l'assorbimento delle superfici di riflessione compresi i fenomeni dovuti alla tipologia di terreno. Le sorgenti puntuali possono essere caratterizzate anche con profili di direttività tridimensionale.

Ogni sorgente può essere definita attraverso un istogramma temporale di funzionamento permettendo di ricreare scenari realistici e dinamici nell'arco delle 24 ore.

La successiva elaborazione produce le mappe di diffusione acustica a linee di isolivello per i periodi di riferimento (diurno e notturno) ricavando anche i valori acustici in facciata ai singoli ricettori.

SoundPlan permette la generazione di mappe isofoniche in pianta e in sezione. Il modello di calcolo considera gli spettri delle sorgenti di rumore e riporta i risultati per singolo ricevitore (punto) o per area di indagine (mappa).

Il software richiede l'implementazione del modello geomorfologico in 3D e permette la visualizzazione di rappresentazioni tridimensionali delle mappe risultato.

12 INFORMAZIONI IDENTIFICATIVE ED URBANISTICHE DI CARATTERE GENERALE

12.1 DESCRIZIONE GENERALE

Lo Studio di impatto ambientale ha come titolo “Progetto per la realizzazione e l’esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica denominato “Parco Eolico Luogosanto”, della potenza di 95,2 MW, localizzato nel Comune di Luogosanto e delle sole opere ed infrastrutture connesse per il collegamento in antenna 36 kV con una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150kV/36kV da inserire in entra - esce alla linea RTN a 150 kV “Aglientu - S. Teresa”, sita nel Comune di Aglientu”.

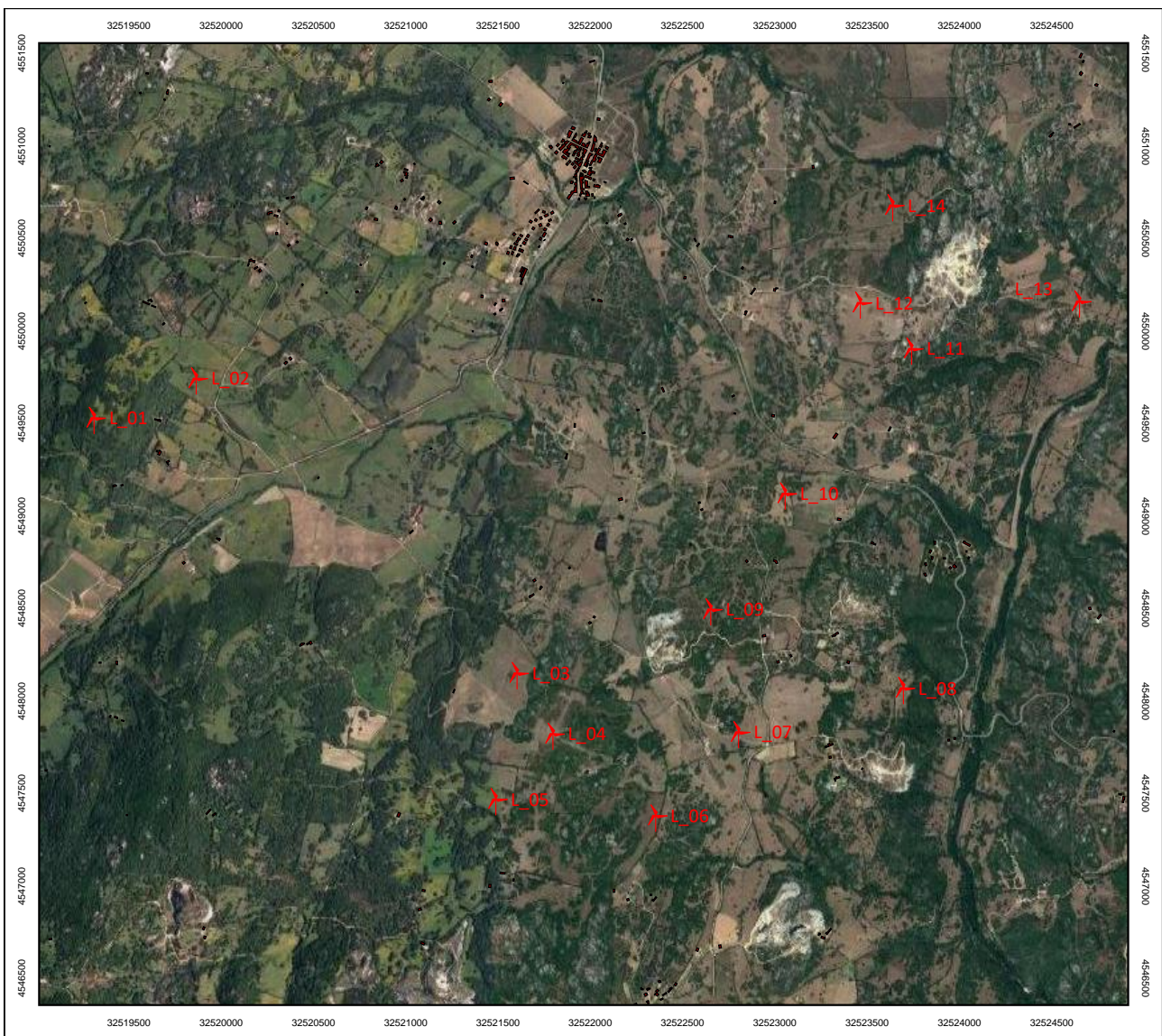


Figura 19 Planimetria generale dell'intervento con posizione delle pale

12.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La porzione di territorio oggetto dell'insediamento del parco eolico in sede di progetto e valutazione ambientale è inserita all'interno del Comune di Luogosanto, posizionato a sud del centro abitato della Frazione Bassacutena, confinante a nord con Santa Teresa di Gallura, a sud con Luras, ad est con Arzachena e ad ovest con Aglientu.



Figura 20 Inquadramento geografico.

Più dettagliatamente, l'area interessata dal parco eolico si sviluppa all'interno di un territorio collinare caratterizzato dall'insediamento sparso, strutturato in piccoli centri abitati di origine prevalentemente rurale.

Il paesaggio a vegetazione naturale è costituito da formazioni arbustive, da formazioni boschive nelle zone più interne e risulta significativa la presenza della vegetazione ripariale nelle aree umide.

In continuità troviamo un paesaggio legato alle attività zootecniche di allevamento, di tipo estensivo, in prevalenza di razze bovine rustiche ed ovine, caratterizzato dalla presenza degli stazzi e delle aree di pascolo oltre ad importanti superfici destinate alla coltivazione della vite.

Il posizionamento degli Aerogeneratori è previsto all'interno dell'area di territorio tagliata da nord-est a sud-ovest dalla *Strada Statale SS 133* di Palau in corrispondenza con il centro abitato di Bassacutena che resta nell'estremo nord dei lotti di interesse.

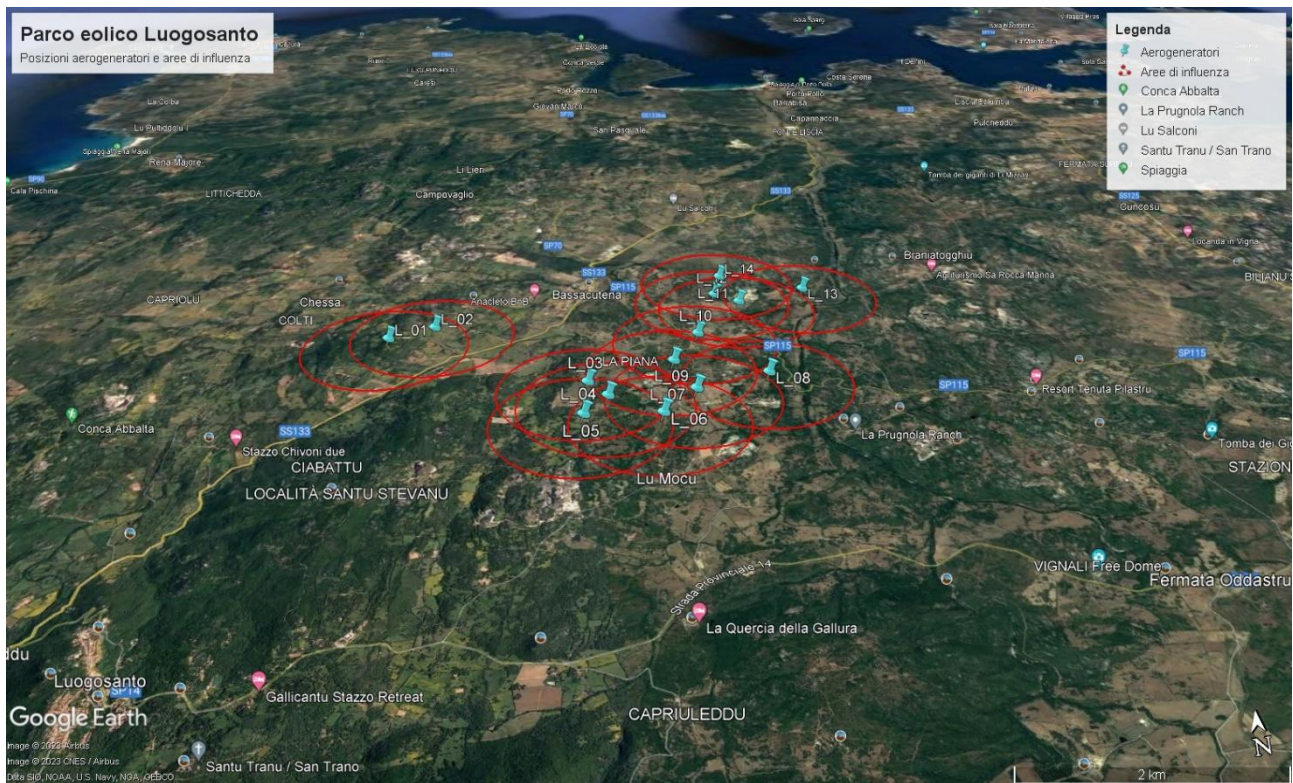


Figura 21 Particolare dell'area - vista generale satellitare.

Gli Aerogeneratori sono stati posizionati in modo da garantire la massima distanza dai centri abitati e da eventuali ricettori sensibili presenti in zona, più precisamente i primi nuclei di edifici della Frazione Bassacutena distano circa 1700 m dall'Aerogeneratore 2 (**L_2**) posto in direzione sud ovest.

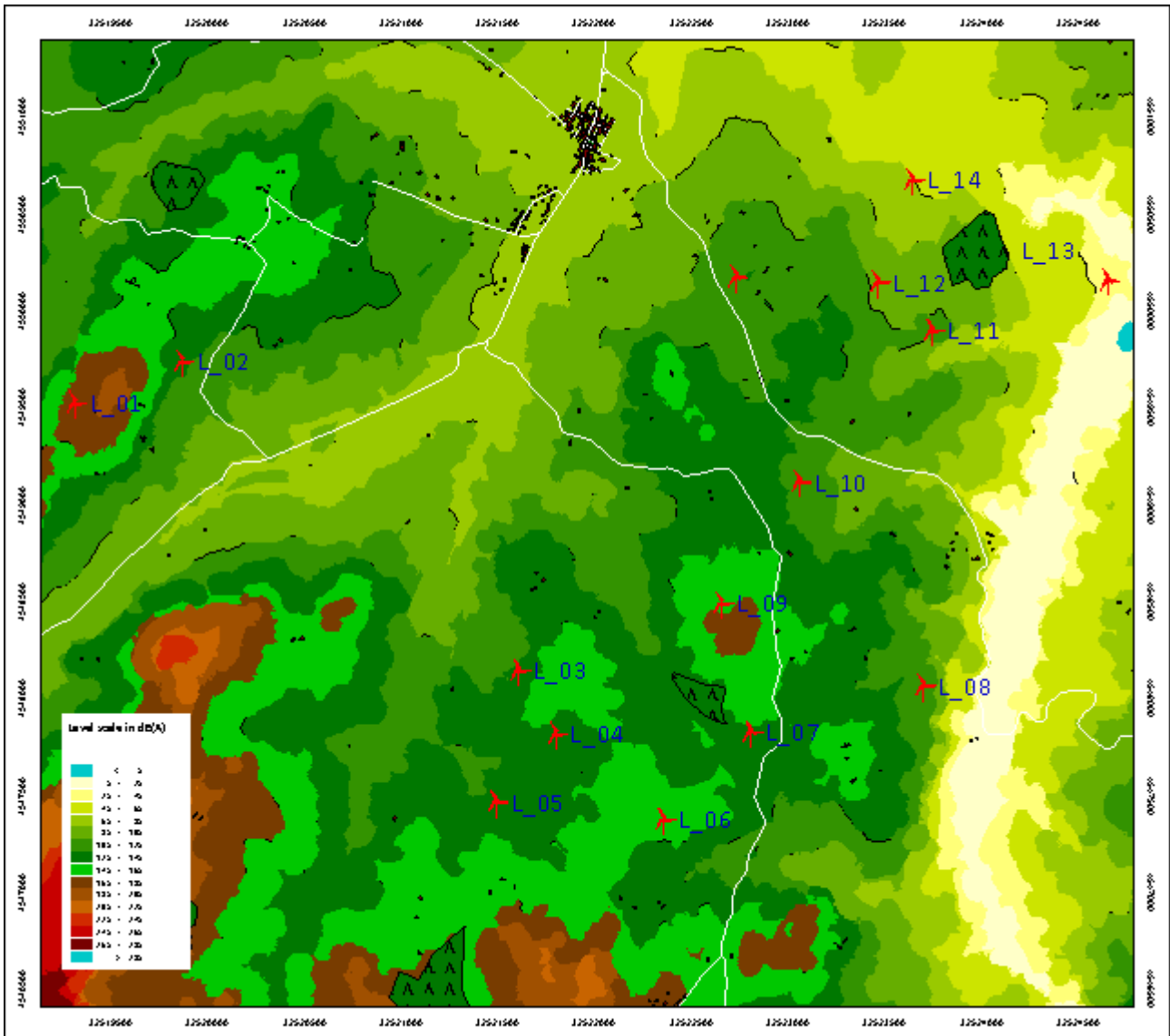


Figura 22 Mappa orografica del terreno di progetto

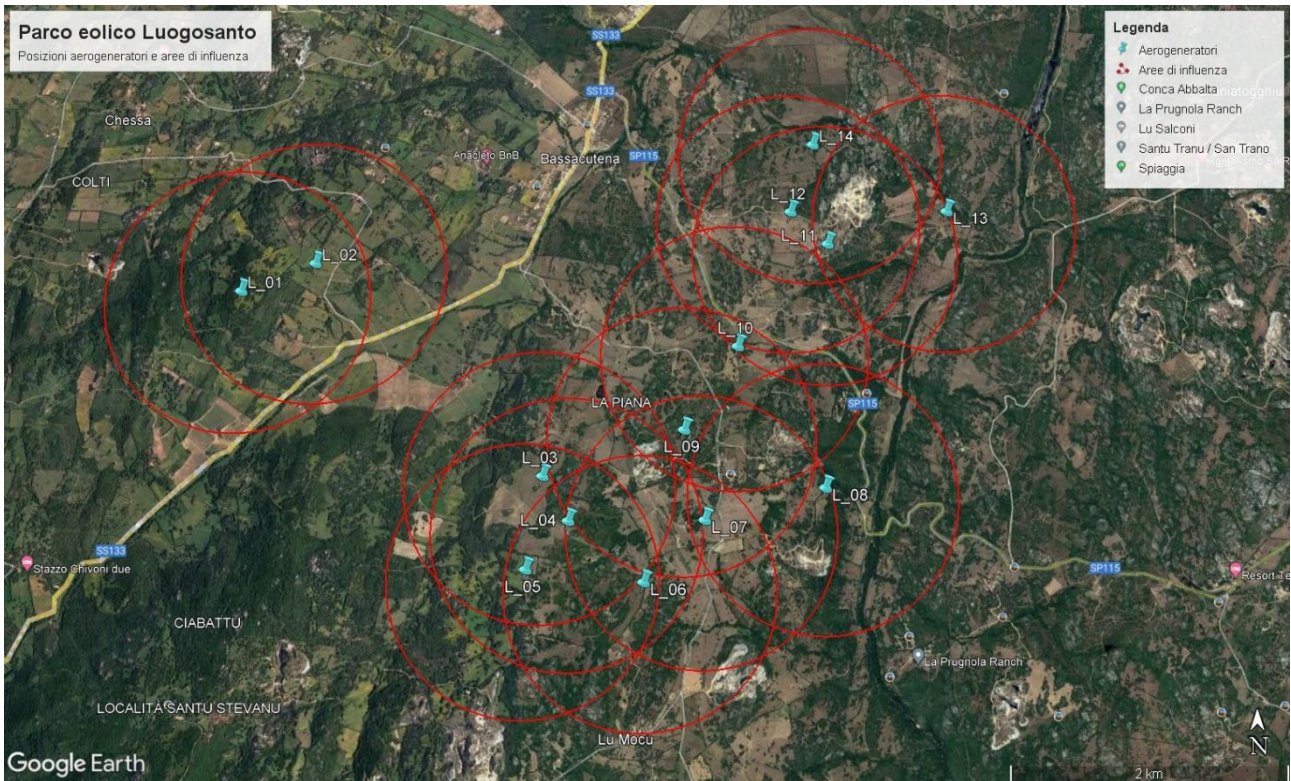


Figura 23 Particolare dell'area - vista di dettaglio satellitare.

12.2.1 Definizione del dominio di calcolo

Al fine di determinare l'area di influenza del progetto rispetto al territorio circostante è stata eseguita una simulazione singola utilizzando il software di calcolo **WindPro** che costituisce il riferimento modellistico mondiale per la progettazione e studio previsionale dei parchi eolici.

Il programma, rilasciato con licenza d'uso dalla società danese **EMD**, dispone di un modulo che implementa gli standard ISO 9613-2 per le emissioni rumorose.

Grazie alla collaborazione con un team di lavoro internazionale è stato possibile generare un report di emissioni sonore di una singola pala nelle condizioni di vento più gravose rispetto alla componente acustica.

È stato scelto l'aerogeneratore denominato **L_12** posto a est di Bassacutena. Le condizioni di vento sono state scelte sulla base delle curve Rumore vs Velocità Vento rilasciate dal costruttore, in particolare è stato fissato un valore costante di velocità pari a 10 m/s alla navetta.

Si è considerato il limite di 40 dB quale soglia al di sotto della quale ogni effetto del rumore sia da considerare trascurabile come asserito dall'art. 4 comma 2 del DPCM 14/11/97.

In queste condizioni si osserva che la distanza dall'aerogeneratore per cui il rumore risulti sotto la soglia imposta sia pari a circa 800 m.

Fissato questo valore come raggio di massima influenza, si è costruito un dominio di calcolo che comprenda interamente la somma delle aree di raggio 1000 m con centro in ciascun

aerogeneratore di progetto. L'ampliamento dell'area di influenza tiene conto della concorsualità delle sorgenti.

L'elaborazione ha richiesto l'uso di un software **GIS** che permettesse l'importazione, gestione e sovrapposizione di layer grafici. Per questo si è scelto il programma Open Source ampiamente utilizzato dalle pubbliche amministrazioni **QGIS nella versione 3.28**.

La determinazione del dominio di calcolo costituisce lo step preliminare e fondamentale per lo studio in quanto da questa dipendono:

- l'identificazione dei ricettori
- l'identificazione delle sorgenti esistenti rilevanti
- l'area di calcolo del modello di simulazione

12.2.2 Identificazione delle interferenze con altri progetti

In base alle ricerche effettuate ed alle informazioni ottenute, alla data di consegna dell'elaborato è possibile affermare che non sono presenti al momento altri progetti eolici in corso di approvazione nell'area, ad eccezione del progetto del "Parco eolico di Bassacutena" che lo stesso proponente presenterà successivamente al progetto di Luogosanto descritto e valutato in questa relazione.

13 DESCRIZIONE DELLE OPERE

13.1 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Il sistema scelto dal proponente è costituito da un modello di ultima generazione della società leader del settore Nordex Group. Si tratta dell'aerogeneratore N163/6.x.



Figura 24 Immagine del modello di pala scelto

Le pale descrivono una circonferenza di 163 metri di diametro, la navetta è posta all'apice del sostegno ad una quota sul piano di campagna di 118 metri.

I dati di targa della macchina riportano i seguenti valori operativi:

- Velocità del vento di cut-in = 3 m/s
- Velocità del vento di cut-out = 25 m/s

Il sistema elettromeccanico permette modalità di funzionamento multiple chiamate MODE.

Le emissioni dichiarate dal costruttore variano in funzione della modalità di funzionamento.

Questa particolarità permette di programmare, per ogni pala eolica installata, un profilo emissivo specifico in modo da garantire presso i ricettori il rispetto dei limiti di legge.

operating mode	rated power [kW]	maximum sound power level over the complete operating range of the wind turbine		available hub heights [m]						
		L _{WA} [dB(A)]	L _{WA} (STE) [dB(A)]	98	113	118	138	148	159	164
Mode 0	7000	108.6	106.6	●	●	●	●	●	●	●
Mode 1	6800	108.4	106.4	●	●	●	●	●	●	●
Mode 2	6690	108.0	106.0	●	●	●	●	●	●	●
Mode 3	6530	107.5	105.5	●	●	●	●	●	●	●
Mode 4	6370	107.0	105.0	●	●	●	—	—	●	●
Mode 5	6240	106.5	104.5	●	●	●	—	—	●	●
Mode 6	6080	106.0	104.0	●	●	●	—	—	—	●
Mode 7	5940	105.5	103.5	○	○	○	—	—	—	○
Mode 8	5820	105.0	103.0	○	○	○	—	○	—	○
Mode 9	5270	103.0	101.0	○	○	○	○	○	○	○
Mode 10	5180	102.5	100.5	○	○	○	○	○	○	○
Mode 11	4810	102.0	100.0	●	●	●	●	●	●	●
Mode 12	4520	101.5	99.5	●	●	●	●	●	●	●
Mode 13	4230	101.0	99.0	●	●	●	●	●	●	●
Mode 14	3870	100.5	98.5	●	●	●	●	●	●	●
Mode 15	3620	100.0	98.0	●	●	●	●	●	●	●
Mode 16	3380	99.5	97.5	●	●	●	●	●	●	●
Mode 17	3180	99.0	97.0	●	●	●	●	●	●	●

- mode available
- mode on request
- mode not available

Figura 25 Estratto del documento tecnico Nordex

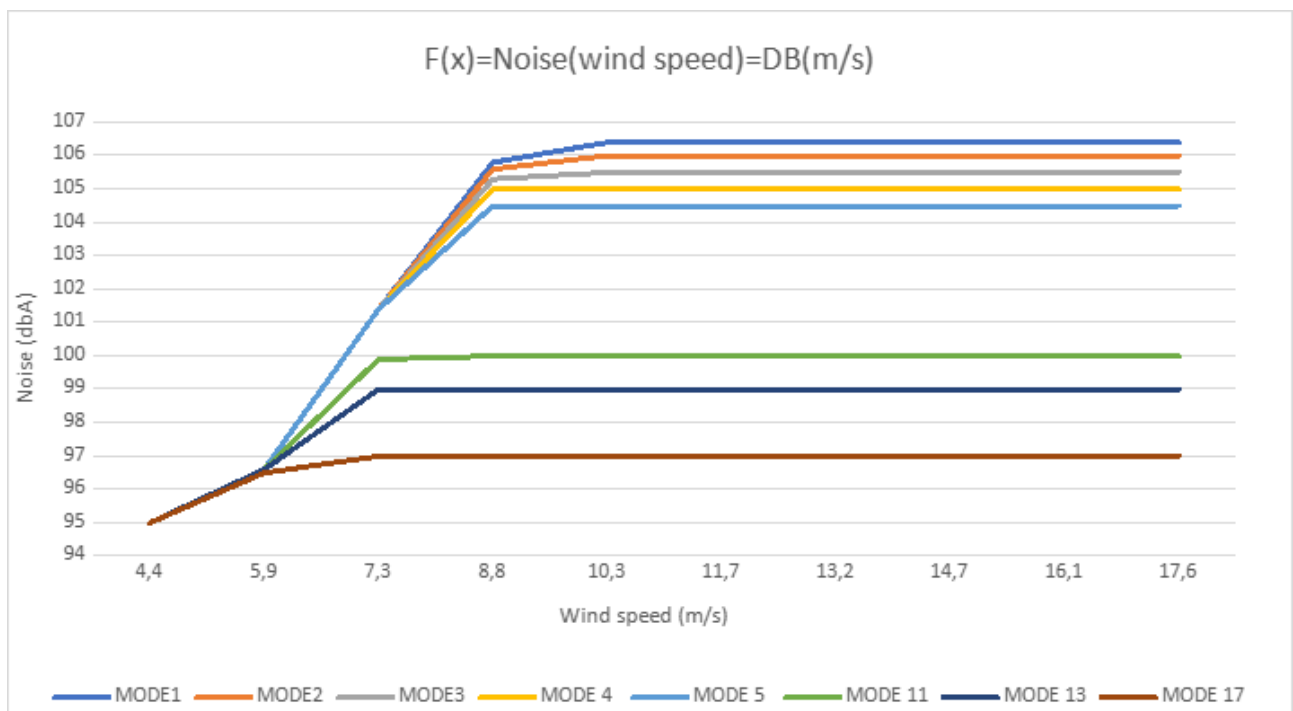


Figura 26 Emissione vs Wind Speed – param. MODE

Le curve di emissione sono state determinate in accordo con la norma tecnica **IEC 61400-12-1**.

Per una maggior precisione, si è scelto di lavorare utilizzando due strumenti di calcolo, i livelli di emissione alla sorgente sono stati determinati tramite il software **WindPRO** poiché possiede al suo interno librerie complete di dati aggiornati relativi alle specifiche macchine. Le simulazioni poi sono state trasferite all'interno del motore di calcolo **SoundPlan** che risulta più completo e versatile nel calcolo della propagazione del rumore nell'ambiente esterno e permette una migliore e precisa simulazione anche di altre tipologie di sorgenti.

I livelli di emissione nella breve distanza sono stati determinati tramite la norma tecnica ISO9613-2 nel software WindPRO mentre la propagazione ai ricettori è stata implementata in SoundPlan e calcolata con il metodo Nord 2000 che risulta più complesso e preciso nel campo lungo grazie alla migliore valutazione dei fenomeni generati dal vento.

Sono state necessarie numerose iterazioni nel calcolo della migliore soluzione in termini di emissioni rumorose e potenza elettrica prodotta.

In periodo diurno non sono emerse criticità rispetto ai limiti acustici assoluti e differenziali posti dalla vigente normativa.

In periodo notturno, al contrario, è stato necessario valutare per ogni caso di vento studiato (step) le specifiche modalità operative di ciascun aerogeneratore in modo da poter garantire il rispetto del limite differenziale.

La simulazione per il periodo notturno è stata infine impostata nel software di calcolo WindPRO con i seguenti modi di funzionamento.

Tabella 7 Dati di targa dell'aerogeneratore in piena potenza

Modello	PWR	D	H	Lw(dB)
NORDEX N163/6.X-6 800	6 800	163	118	106,6

I modi sono riferiti alla velocità del vento alla quota della navetta.

Tabella 8 Simulazione dei Modi di funzionamento in periodo notturno

ID	Uz=4,4m/s	Uz=5,9m/s	Uz=7,3m/s	Uz=8,8m/s	Uz=10,3m/s
L1	1	1	1	5	5
L2	1	1	OFF	OFF	OFF
L3	1	1	9	9	9
L4	1	1	1	5	5
L5	1	1	9	9	9
L6	1	1	1	9	9
L7	1	1	1	5	5
L8	1	1	9	OFF	OFF
L9	1	1	OFF	OFF	OFF
L10	1	1	9	9	9
L11	1	1	1	10	10
L12	1	1	1	9	9
L13	1	1	1	1	1
L14	1	1	1	1	1

Per ogni scenario di vento sono stati inseriti i corrispondenti valori di potenza sonora emessa.

13.1.1 Interventi di nuova edificazione

Il progetto prevede:

- Costruzione e installazione degli aerogeneratori
- Costruzione dei sistemi di supporto e trasmissione dell'energia prodotta
- Realizzazione dei sottoservizi necessari al sistema di produzione

Dal punto di vista acustico, gli interventi avranno impatto per quel che concerne la fase di cantiere e per le emissioni rumorose delle pale.

Per ogni dettaglio sulle opere di progetto si rimanda ai contributi specialistici.

13.1.2 Interventi viabilistici

Per quanto riguarda la viabilità dell'area interessata dal parco eolico in sede di progetto e validazione, durante la fase di installazione e cantiere si procederà ad interventi viabilistici di breve durata, che riguarderanno la viabilità esterna, al fine di poter effettuare gli scavi per l'interro della linea ad alta tensione di collegamento con la sottostazione.

Tali interventi verranno effettuati con cantieri mobili, seguendo le indicazioni riportate nel **Decreto del 22 gennaio 2019** dal titolo "Individuazione delle procedure di revisione, integrazione e

apposizione della segnaletica stradale destinata alle attività lavorative che si svolgono in presenza di traffico veicolare”, pubblicato in data 13 febbraio 2019 sulla Gazzetta Ufficiale n. 37.

Verrà quindi predisposta adeguata segnaletica ed un impianto semaforico o in alternativa un addetto alla gestione del traffico, in modo da mantenere un flusso di traffico alternato sulle careggiate, tale da garantire sempre il necessario passaggio dei veicoli ed un minimo impatto sulla viabilità ordinaria.

Una volta terminate le opere di rinterro, gli ulteriori interventi viabilistici riguarderanno solo ed esclusivamente la viabilità interna all'area, necessari per il raggiungimento dei vari Aerogeneratori dislocati sul territorio.

Si rimanda al **Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC)** allegato alla presente progettazione, ogni approfondimento circa le modalità realizzative e organizzative.

14 SORGENTI DI RUMORE E DEFINIZIONE DEGLI SCENARI

14.1 GENERALITÀ

Nei seguenti paragrafi verranno valutati gli effetti della propagazione acustica relativa alle sorgenti di rumore riconducibili alla realizzazione di un nuovo parco eolico.

Lo **Studio di Impatto Ambientale (SIA)** è stato sviluppato secondo le norme vigenti, pertanto, gli scenari ipotizzabili sono i seguenti:

- **Stato attuale senza interventi (alternativa zero)**
- **Stato attuale con previsione di intervento (ante operam)**
- **Fase di cantiere (corso d'opera)**
- **Fase di esercizio e fase di dismissione (post operam)**

Lo studio acustico è stato, pertanto, elaborato secondo i seguenti scenari e le seguenti fasi:

Tabella 9 Elenco scenari

Scenario	Fase	Descrizione	Sorgenti principali
Scenario 0	Nessun intervento	Nessun intervento	Traffico veicolare, rumore faunistico, attività agricole e di allevamento, attività ricettive e turistiche, qualche attività artigianale
Scenario 1	Ante operam	Stato di Fatto	Traffico veicolare, rumore faunistico, attività agricole e di allevamento, attività ricettive e turistiche, qualche attività artigianale
Scenario 2	Realizzazione	Costruzioni edili ed impiantistiche con movimento terra e realizzazione fondazioni	Macchine movimento terra, perforatrici, altre macchine tipiche del cantiere edile
Scenario 3	Esercizio	Produzione e trasporto energia elettrica	Turbine eoliche
Scenario 4	Dismissione	Demolizioni edilizie e impiantistiche	Macchine tipiche del cantiere edile

14.2 ANALISI DELLE CONDIZIONI METEOCLIMATICHE

Un elemento imprescindibile di uno studio per un progetto eolico è costituito dall'analisi dei dati meteoclimatici della zona. Per questo è stato acquistato un dataset validato di riferimento dal **Dipartimento Provinciale di ARPAS** per un intero anno di osservazione (2021).

La centralina più rappresentativa nell'area è nel Comune di Arzachena (Lat. N .410327; E 92032; Quota 119 slm).

RTS11 - STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO

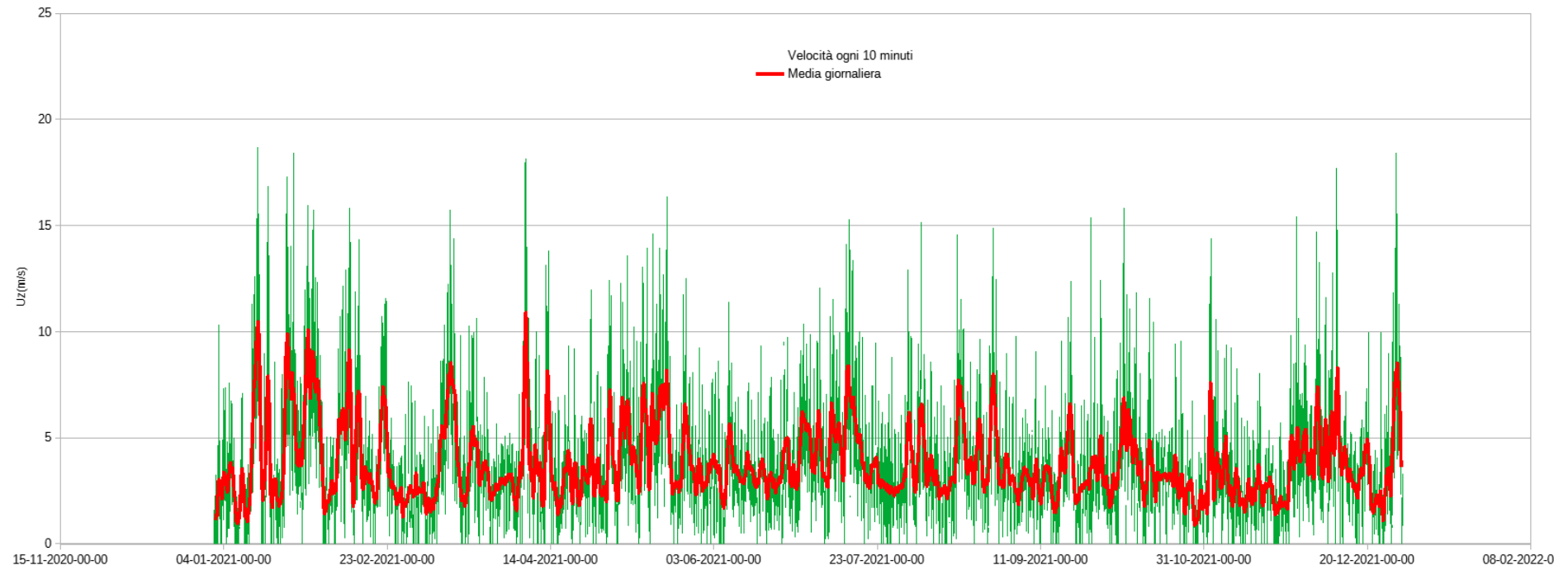


Figura 27 Storia temporale del vento: Stazione Arzachena ARPAS

I dati di velocità e direzione del vento sono stati rielaborati tramite il software statunitense della società **Lakes Environment WRPLOT VIEW** che permette l'analisi statistica e rappresentazione grafica delle medie.

Per l'elaborazione sono state considerate classi di vento specifiche e legate alla tipologia di studio in corso: è stata posta una soglia di calma corrispondente al valore di cut-in delle pale riportato a 10 m di quota e suddiviso il range di velocità in step da 1 a 5 fino al valore di cut-out delle pale (15 m/s riportato a 10 m di quota).

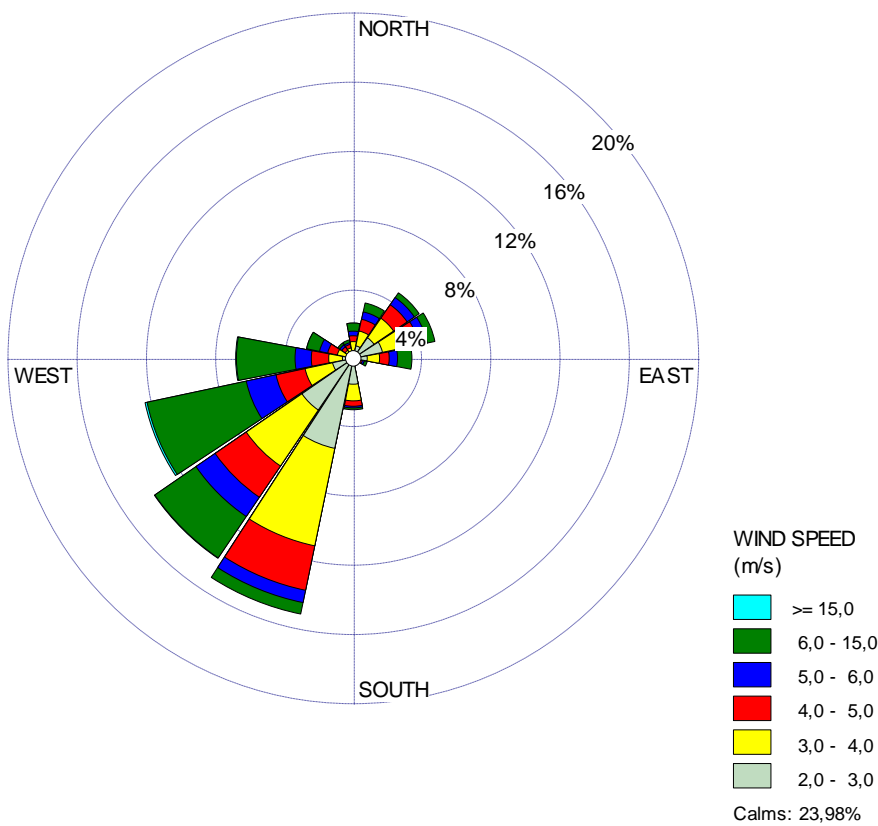


Figura 28 Rosa dei venti anno 2021 Arzachena ARPAS

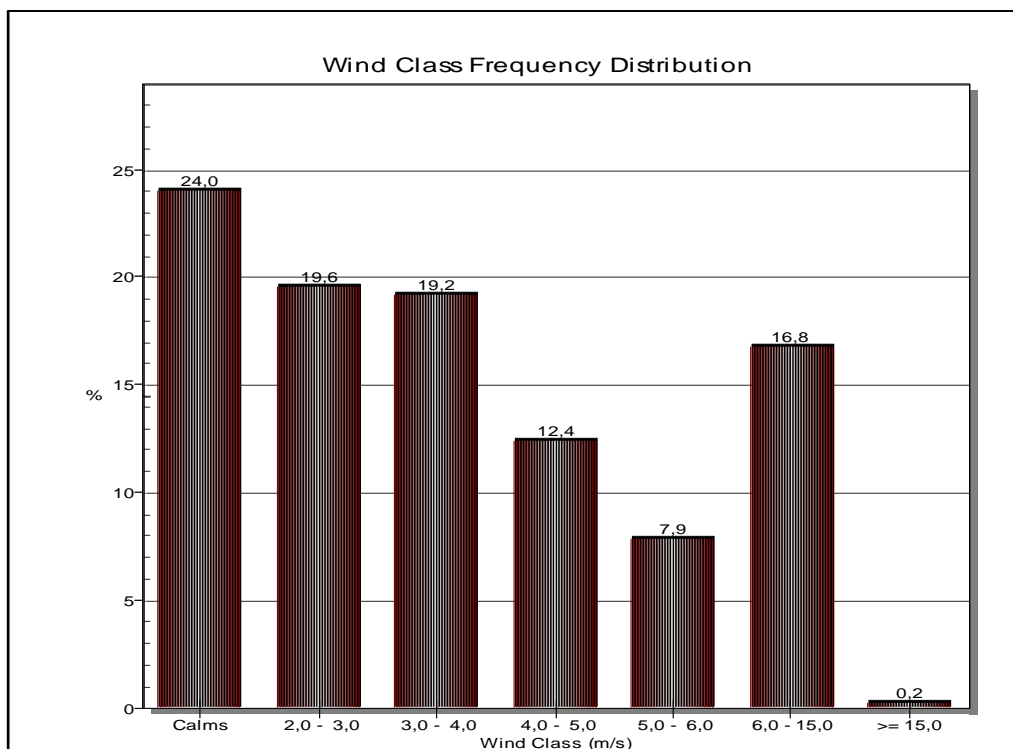


Figura 29 Distribuzione statistica anno 2021- Arzachena ARPAS

L'analisi progettuale ha utilizzato invece una libreria proprietaria disponibile tramite il software di sviluppo **WindPRO** che permette l'interpolazione di punti di misura e la generazione di casi meteorologici specifici in prossimità delle navette degli aerogeneratori. In questo modo è possibile prevedere, con sufficiente precisione, la produttività di ogni turbina durante l'anno. A titolo di esempio si riportano i dati estratti in corrispondenza di una turbina a 118 metri da terra.

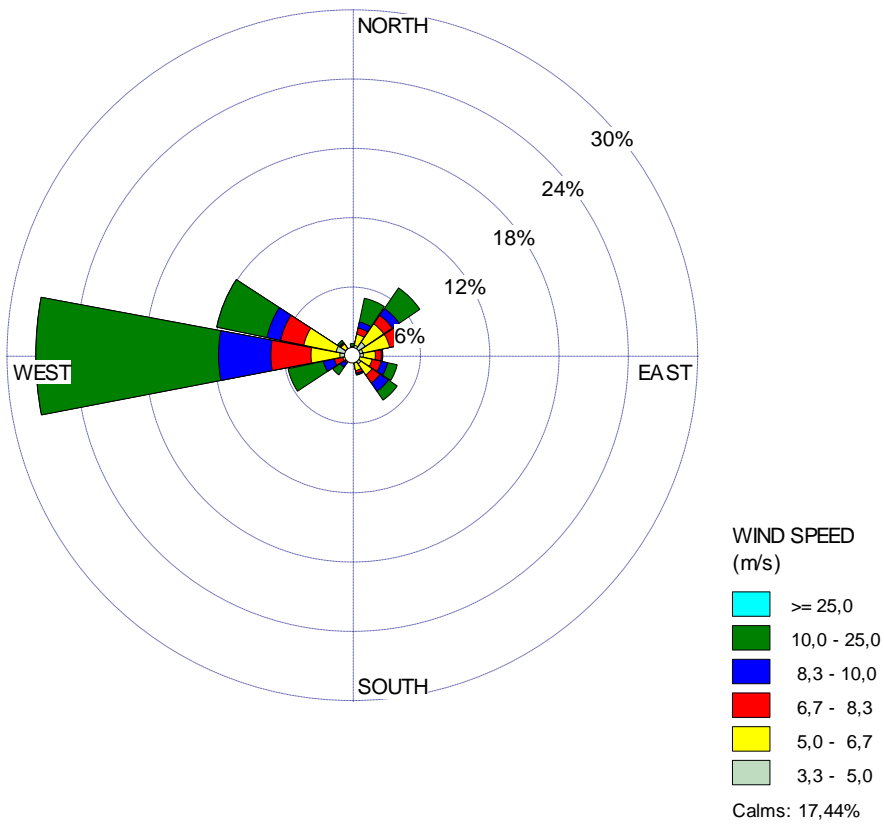


Figura 30: Rosa dei venti interpolata a 118m di quota

Le classi di vento scelte si riferiscono alla trasposizione degli step di vento da 2m/s a 6 m/s misurati a terra (H=10m). Questo per mantenere una coerenza tra i dataset meteo degli anemometri ARPA.

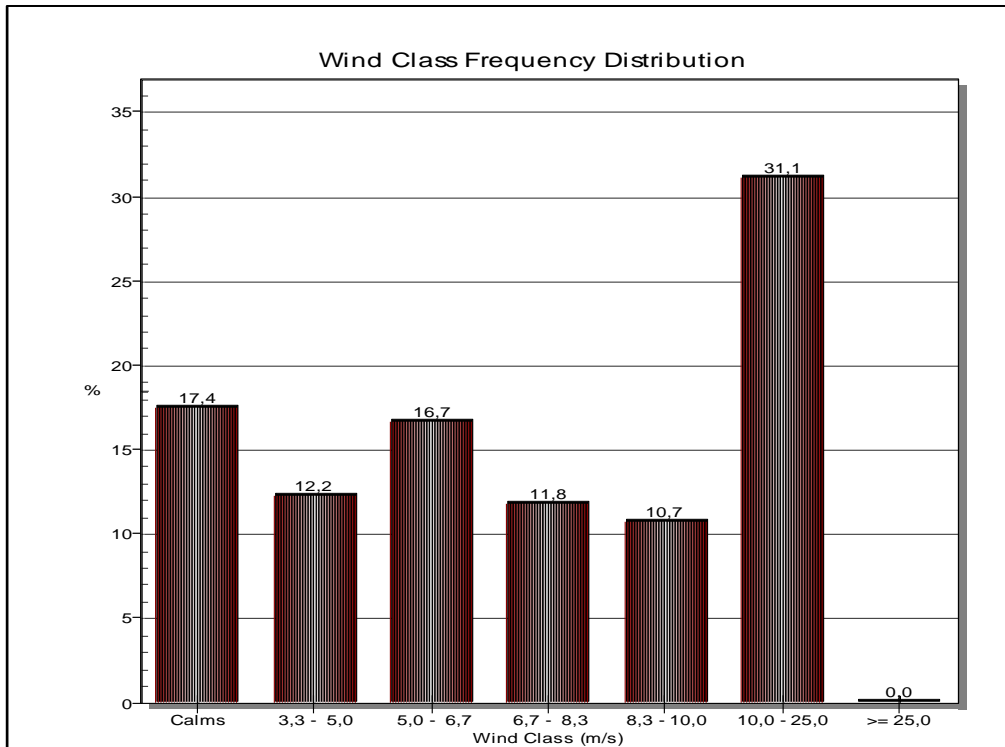


Figura 31: Analisi statistica anno 2021 in **B_7** (H 118m)

Considerando un limite di cut-in di circa 3 m/s, si nota come il parco in progetto non sarà in funzione per circa il 17% dell'anno. A terra (10m) tale valore di velocità corrisponde a 2m/s.

Dal raffronto tra i dati interpolati sull'aerogeneratore e quelli della centralina ARPAS risulta una differenza significativa sia per quel che riguarda la direzione prevalente che per la distribuzione statistica.

In concomitanza con le rilevazioni fonometriche sono stati acquisiti dati meteorologici da stazioni portatili da campo.

Sono state utilizzate n. 2 stazioni automatiche per la rilevazione della velocità e direzione del vento (PCE FWS 20 e Ecowitt GW1101). Le stazioni hanno avuto lo scopo di correlare sperimentalmente il livello di rumore residuo con la velocità del vento a terra. I dati di direzione e velocità del vento sono stati acquisiti con intervalli temporali di 10 minuti.



Figura 32 Sistema Ecowitt a controllo remoto

Le postazioni di osservazione sono state scelte nel territorio in ragione della migliore rappresentatività

Il periodo di osservazione ha coperto circa 15gg tra fine giugno 2023 e inizio luglio 2023.

Nel medesimo intervallo di tempo non sono state rilevate precipitazioni.



Figura 33 Estratto del campionamento meteo

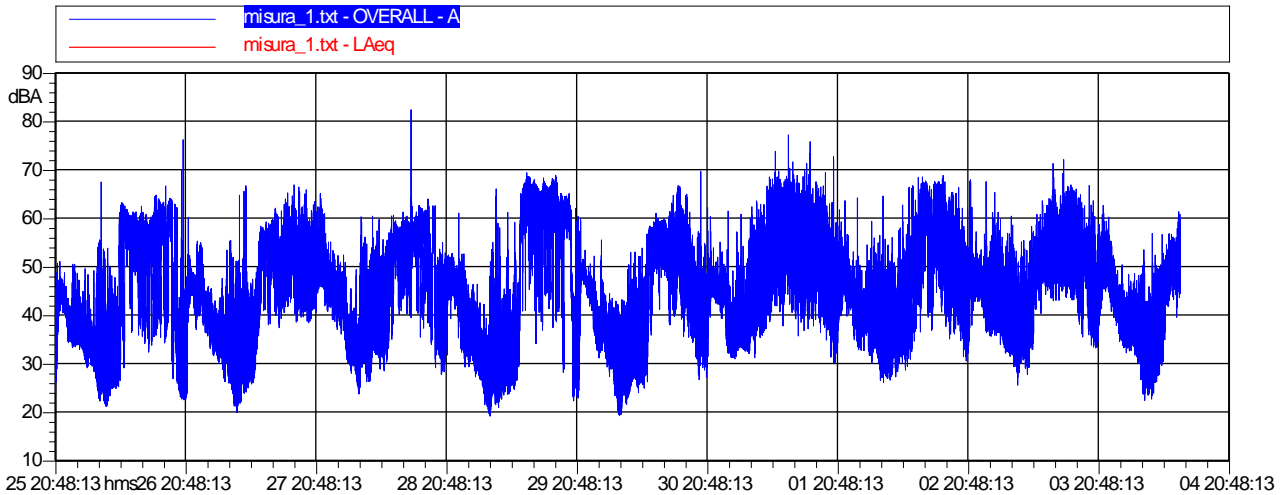


Figura 34 Time History del rumore in prossimità dell'anemometro

Nella posizione di rilievo presso l'Agriturismo “La striscia Larga”, le classi di vento, secondo la scala di Beaufort, sono rimaste tra la calma e brezza tesa (3,4-5,4 m/s).

La direzione prevalente è risultata con chiara evidenza da Ovest.

Durante il periodo di osservazione (inizio di luglio 2023), presso la posizione di osservazione in prossimità della “Casa Cantoniera” sulla SS133, sono state riscontrate condizioni meteorologiche particolari e differenti rispetto alle medie annuali. Il vento è risultato debole o moderato con prevalenza da Sud-Ovest. Non è stato possibile, di conseguenza, determinare una correlazione sperimentale tra velocità del vento e rumore per condizioni più gravose e superiori a 4 m/s.

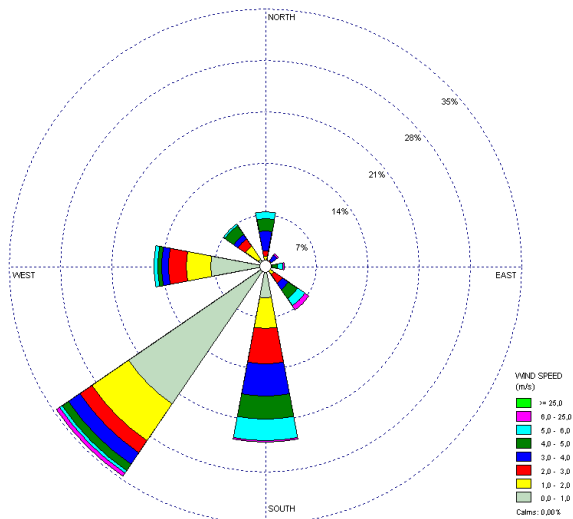


Figura 35 Rosa del vento stazione FWS20 Casa Cantoniera SS133

Confrontando gli andamenti di velocità del vento e del livello di rumore si osserva la seguente correlazione basata sugli indicatori statistici L_{95} (in ragione della significativa presenza di cicale).

	26/06/23	27/06/23	28/06/23	30/06/23	1/07/23
Uz	<2m/s	< 3,8 m/s	< 3m/s	<2,5 m/s	< 4 m/s
L95	33 dB	42,9 dB	35,6 dB	37,3	42.1

I valori sono stati estratti nel periodo diurno pomeridiano (tra le ore 12 e le ore 19).

Procedendo alla mappatura dei dati raccolti e all'analisi tramite regressione lineare (linea di tendenza), si ottiene la seguente correlazione.

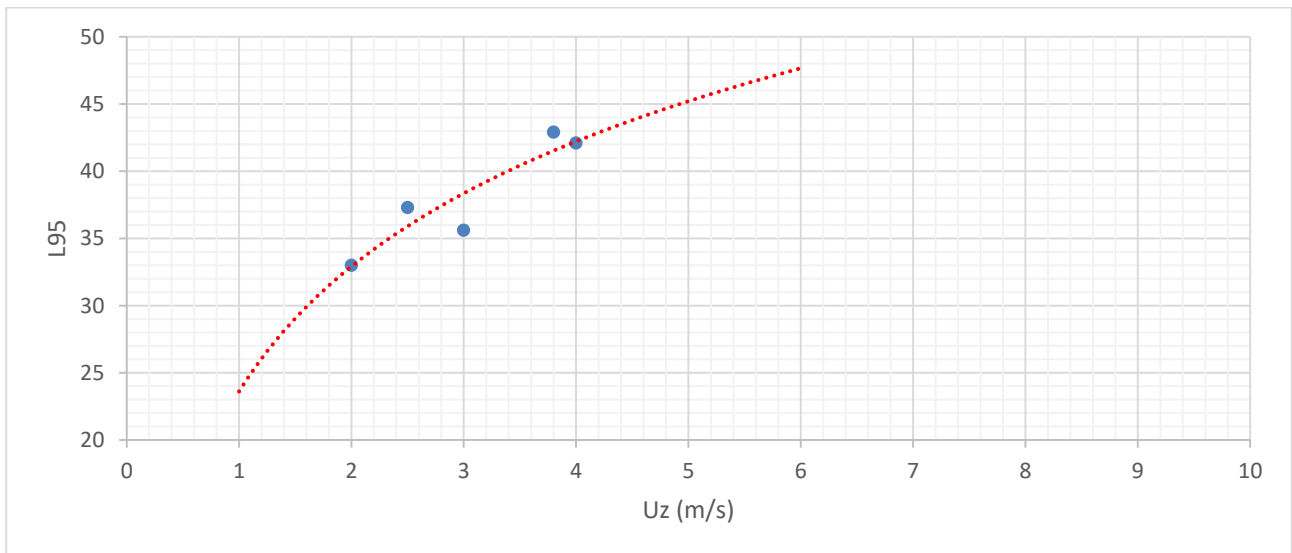


Figura 36 Correlazione Vento vs Rumore di fondo (dati sperimentali)

I dati sperimentali raccolti, depurati del contributo faunistico (cicale) mediante l'indicatore statistico L_{95} portano a ritenere che la rumorosità del vento sulla vegetazione, nell'area di indagine e presso un ricettore rappresentativo, produca, nell'intervallo tra 1 e 6 m/s una rumorosità compresa tra 30 e 50 dB. Si può dunque, in modo cautelativo, per il modello di calcolo del rumore, assumere i valori correttivi riportati nella seguente tabella.

Tabella 10 Rumore del vento per modello SoundPlan

	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5
Uz	2 m/s	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s
Lp	35	40	42	43,5	45

Confrontando la linea di tendenza dei dati sperimentali con quella proposta si vede come, al crescere della velocità del vento, la curva del modello resti al di sotto della previsione sperimentale. Si tratta dunque di un'assunzione più conservativa e vicina ai dati proposti dalle linee guida ISPRA.

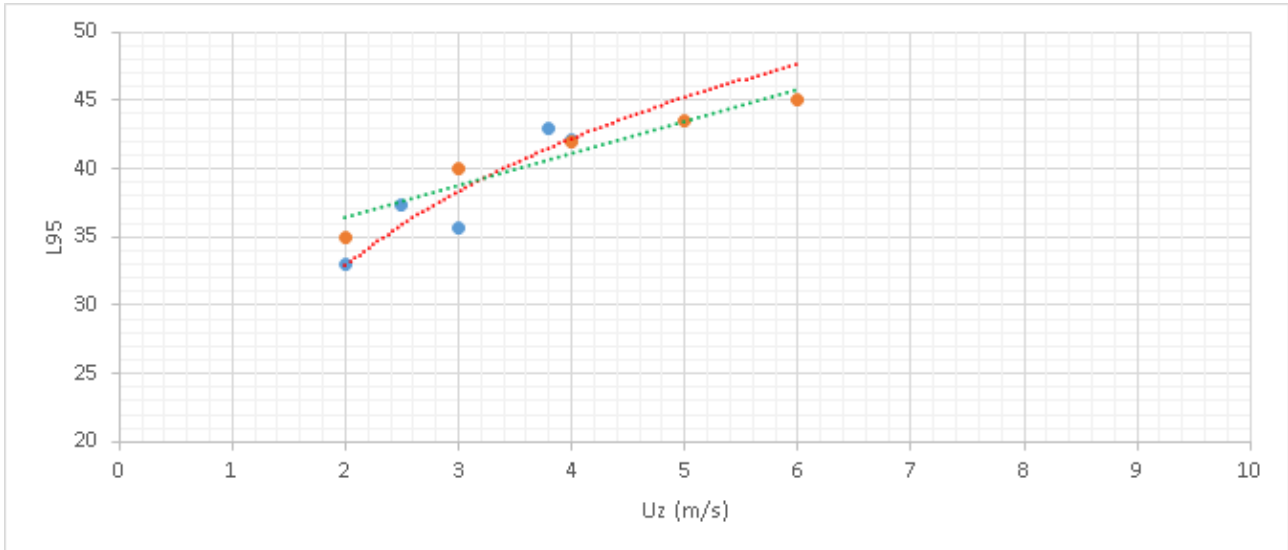


Figura 37 Confronto tra dati sperimentali e modello utilizzato

14.3 SCENARIO 0 – STATO ATTUALE SENZA INTERVENTI (ALTERNATIVA ZERO)

La mancata realizzazione delle opere di progetto produrrebbe conseguenze certe e ipotetiche.

Tra le conseguenze certe per la componente rumore abbiamo:

- invarianza delle sorgenti esistenti
- invarianza del rumore prodotto da traffico veicolare

Le conseguenze ipotetiche riguardano principalmente l'ammancio energetico e le modalità alternative di generazione della medesima potenza elettrica.

Possiamo individuare 3 possibili scenari:

1. acquisto dell'energia da paese straniero
2. generazione dell'energia in altro sito tramite fonti non rinnovabili
3. generazione dell'energia in altro sito tramite fonti rinnovabili

La prima ipotesi, sotto il profilo dell'impatto acustico, non produce conseguenze (le ricadute sarebbero di altra natura)

Nelle ipotesi n. 2 e 3 si avrebbero impatti sulla componente rumore di tipo concentrato (centrale elettrica tradizionale) ovvero distribuito (altro campo eolico o diversa tecnologia).

L'entità dell'impatto acustico sarebbe minore o uguale rispetto a quella di progetto poiché nel caso di centrale elettrica tradizionale si avrebbe un'area di interferenza certamente molto minore, nel caso di impianti fotovoltaici o a moto ondoso le emissioni rumorose sarebbero inferiori e nel caso di altro campo eolico le emissioni sarebbero le medesime.

La ricaduta dell'impatto sui ricettori invece potrebbe essere superiore in relazione al fatto che il sito del presente progetto risulta particolarmente favorevole rispetto alla scarsa densità abitativa.

Durante l'elaborazione del presente studio sono stati presi in considerazione numerosi scenari alternativi collaborando con i progettisti nella definizione della migliore soluzione. Nel paragrafo dedicato allo scenario di progetto si descrivono i risultati del lavoro svolto. Alcune configurazioni degli aerogeneratori sono state escluse per minimizzare l'impatto acustico sui ricettori e sono state suggerite modifiche al posizionamento di altre pale in funzione della distanza dalle abitazioni.

14.4 SCENARIO 1 – STATO ATTUALE CON PREVISIONE DI INTERVENTO (ANTE OPERAM))

I sopralluoghi eseguiti e le misure fonometriche hanno permesso la definizione di un modello realistico del clima acustico nell'area di interesse. Il dominio di studio considerato racchiude l'area propria del nuovo comparto e l'area circostante direttamente coinvolta in particolar modo dal traffico indotto da tale intervento.

La rumorosità presente nell'area di studio si origina principalmente dalle seguenti sorgenti:

- Attività agricole e pastorizia
- Traffico veicolare
- Rumore floro-faunistico

Il clima acustico *ante operam* è stato analizzato e rappresentato tramite il modello di calcolo **SoundPlan** che implementa gli standard tecnici riconosciuti (Direttiva 2002/49/CE) e recepiti dalla normativa italiana tramite il **D.Lgs n° 194 del 19/08/2005**.

I dati di input al modello sono stati determinati a partire dai rilievi fonometrici, dall'osservazione del traffico e dallo studio del territorio (identificazione delle sorgenti, dati di letteratura, dati rilasciati dagli enti territoriali e di controllo).

Nell'area di interesse sono state identificate pale eoliche già autorizzate. Tra queste alcune non erano in funzione durante i sopralluoghi ma non è possibile stabilire quali siano in ordinaria manutenzione e quali invece siano definitivamente spente malgrado non sia terminata la loro vita rispetto al quadro amministrativo approvato pertanto saranno valutate come accese senza alcuna distinzione.

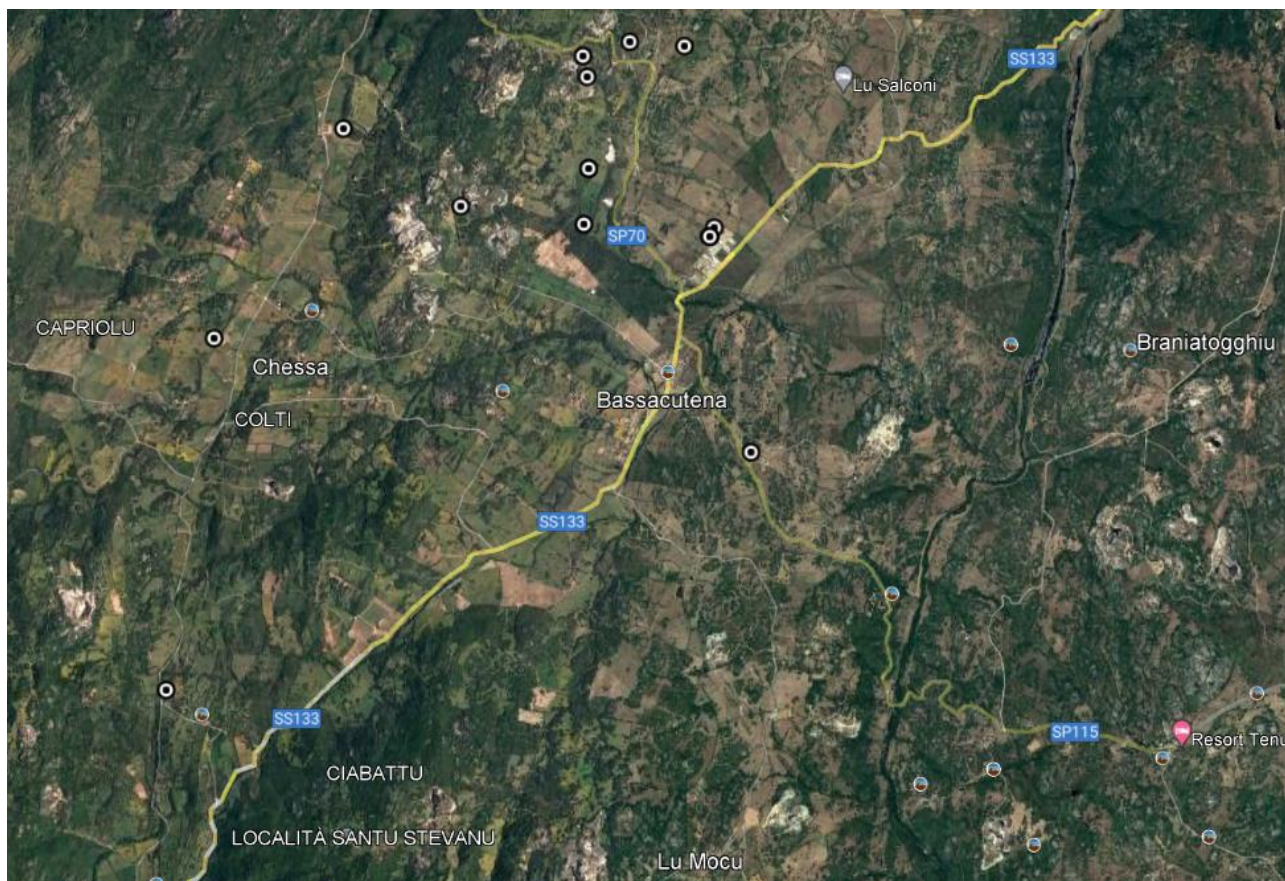


Figura 38 Distribuzione pale eoliche esistenti (cerchi bianchi)

Le pale sono raggruppate prevalentemente a Nord dell'area di progetto e non risulta abbiano alcuna rilevanza rispetto ai ricettori individuati. L'unica turbina esistente all'interno del dominio di calcolo e posta a distanza inferiore a 1000 m dai ricettori individuati, è ferma da anni; pertanto, non è stata inserita nel modello previsionale. Di conseguenza, nello scenario Stato di Fatto non vi sono sorgenti che abbiano una variabilità in funzione della velocità del vento. Le rappresentazioni grafiche saranno comunque prodotte per gli *step* di vento già definiti, inserendo il contributo energetico determinato dal rumore di fondo.

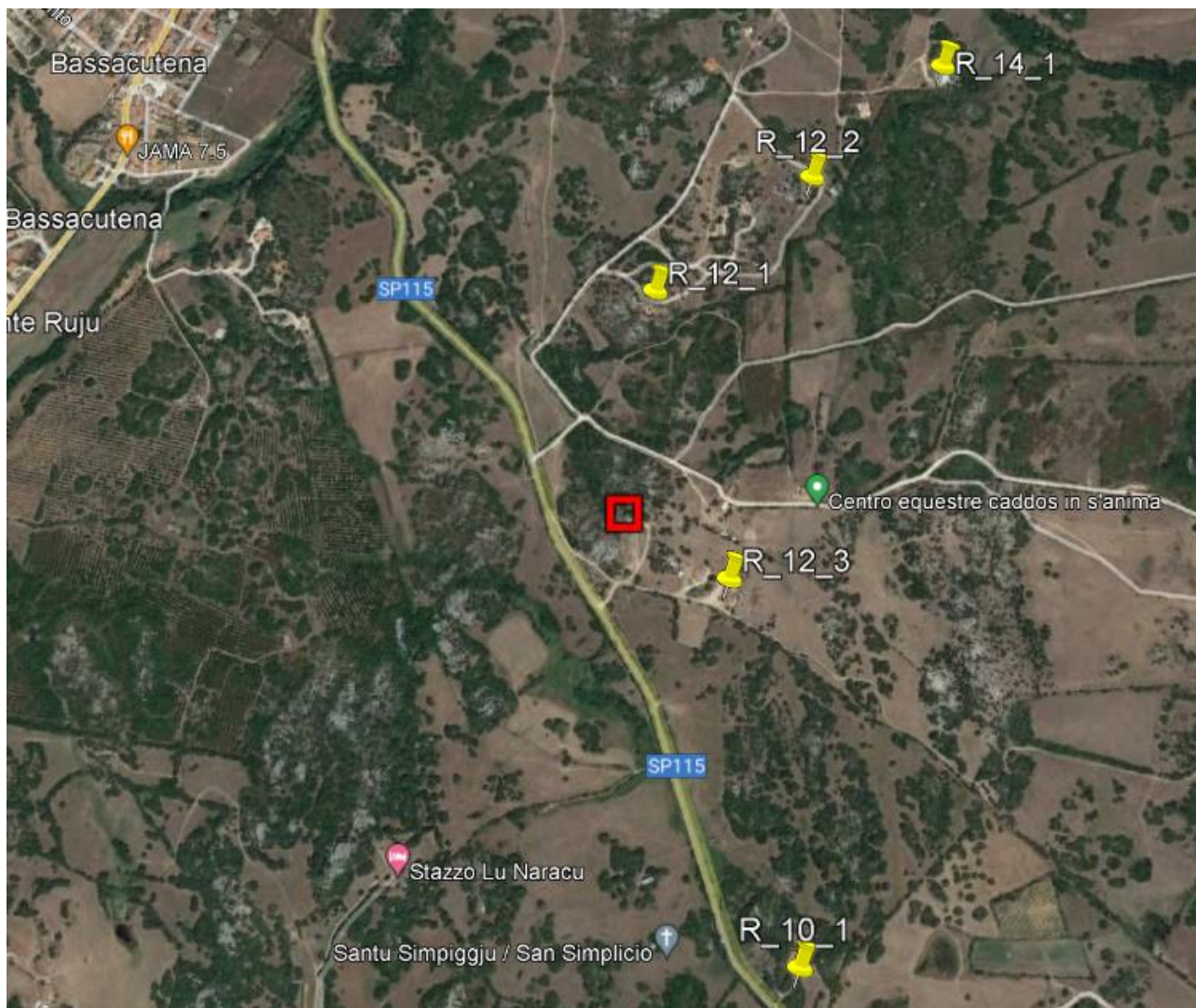


Figura 39 Turbina in prossimità di ricettori – non in funzione da anni

14.5 SCENARIO 2 - FASE DI CANTIERE (CORSO D'OPERA)

14.5.1 Fase di indagine e studio preliminare

Le attività correlate allo studio e approntamento delle opere è da considerarsi prevalentemente a carattere intellettuale. Potranno essere eseguiti carotaggi, piccoli sbancamenti del tutto insignificanti rispetto alla componente acustica dell'impatto.

14.5.2 Fase di cantiere

L'attività di cantiere presenta criticità specialmente per gli operai che utilizzano le attrezzature di lavoro e/o le macchine operatrici. Questo tipo di aspetto trova riscontro nel **D.Lgs 81/08** e sarà pertanto oggetto di apposita valutazione del rischio a cura dei datori di lavoro ovvero dei coordinatori per la sicurezza in fase di progetto ed in fase di cantiere anche mediante indagini fonometriche al fine di misurare il livello di esposizione dei lavoratori ed eventualmente fornire idonei dispositivi di protezione individuale. Ogni altro riferimento e dettaglio potrà essere reperito nel **Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC)**.

L'analisi condotta conferma la necessità di richiedere autorizzazione in deroga ai limiti assoluti e differenziali per attività a carattere temporaneo depositando apposita istanza presso gli uffici comunali competenti.

Restano comunque valide le prescrizioni generali per contenere la rumorosità delle lavorazioni e il loro disturbo percepito dalla cittadinanza:

- tutte le macchine, gli impianti e le attrezzature utilizzate nei cantieri dovranno essere conformi alle Direttive CE in materia di emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto, dovrà essere, comunque, privilegiato l'utilizzo delle attrezzature, impianti e macchine ad emissione acustica minore e dovranno essere attuati tutti gli accorgimenti tecnicamente disponibili per rendere meno rumoroso il loro uso (ad esempio carenature, oculati posizionamenti nel cantiere, ecc.). E' vietato l'uso di macchinari privi della dichiarazione CE di conformità;
- in attesa di norme specifiche gli avvisatori acustici potranno essere utilizzati solo se non sostituibili con altri di tipo luminoso, nel rispetto delle vigenti disposizioni in materia di sicurezza e salute sul luogo di lavoro;
- dovrà essere evitata la sovrapposizione di lavorazioni particolarmente rumorose;
- l'accensione delle macchine rumorose dovrà essere limitata all'esclusivo tempo di utilizzo;
- la collocazione delle attrezzature rumorose dovrà avvenire, quando possibile, nelle aree del cantiere più lontane dalle abitazioni limitrofe ed in posizioni schermate da strutture del cantiere;

- le macchine in uso nel cantiere, la cui emissione acustica sia direttiva, dovranno, se possibile, essere orientate in modo che l'onda acustica non incida direttamente o per riflessione primaria verso i recettori esposti;
- dovranno essere evitati tutti i rumori inutili, non strettamente connessi all'attività lavorativa del cantiere;
- la durata complessiva dell'attività rumorosa, nonché i relativi orari, devono essere resi noti alla popolazione mediante apposito e ben visibile avviso, da apporsi a cura del soggetto che effettua i lavori, all'ingresso del cantiere.

Per quanto riguarda i limiti acustici applicabili alle attività di cantiere (limiti in deroga a quanto previsto dal D.P.C.M. 14/11/1997) l'art. 25 del Regolamento di acustica prevede che per ricettori posti in classe I sia applicato un valore limite $Leq(A)$ di 65 dB, mentre per ricettori posti nelle classi II, III, IV e V il valore limite $Leq(A)$ è pari a 70 dB. Tali valori sono fissati in facciata agli edifici situati in prossimità del cantiere riferiti ad un tempo di misura uguale o maggiore a 10 minuti e comunque sufficiente a descrivere esaurientemente tutti i fenomeni acustici e le diverse sorgenti impiegate nel cantiere, nelle differenti condizioni d'esercizio.

In particolare, non si applicano i limiti differenziali di immissione, né le penalizzazioni previste dalla normativa tecnica per le componenti impulsive, tonali e/o a bassa frequenza.

Infine, per quello che concerne gli orari in cui sono previste attività di cantiere si sottolinea che l'attivazione di macchine rumorose e l'esecuzione di lavori rumorosi nei cantieri è consentita nei giorni feriali, escluso il sabato pomeriggio, nell'orario: dalle ore 8:00 alle ore 13:00 e dalle ore 14:30 alle ore 19:00.

Qualora, per motivate e comprovate esigenze, non sia in alcun modo possibile il rispetto dei valori limite e degli orari sopraindicati, in via eccezionale e solo per limitati periodi di tempo, potrà essere valutata la possibilità di concedere un'ulteriore deroga ai valori limite di emissione acustica e limitate e sporadiche deroghe all'orario, previa dimostrazione da parte del richiedente di aver messo in atto tutto quanto sia tecnicamente ed organizzativamente possibile per ridurre l'emissione acustica ai minimi livelli possibili e che non esistono soluzioni alternative più efficaci.

Eventuali modifiche o variazioni rispetto all'uso di macchine rumorose come batti pali e macchine di perforazione dovranno essere oggetto di approfondimento tramite strumenti quali il piano di monitoraggio da concordare con gli enti preposti.

14.6 SCENARIO 3 - FASE DI ESERCIZIO (POST OPERAM)

Lo scenario di esercizio si caratterizza per la presenza delle sorgenti indagate nello scenario ante operam sommate alle sorgenti di nuova introduzione. Il software previsionale **SoundPlan** permette di considerare gli effetti cumulativi dati dai contributi energetici di ciascuna sorgente nel dominio di calcolo.

Poiché le condizioni operative e le emissioni non hanno caratteristica di staticità né di ripetitività occorre stabilire un numero di sotto scenari fittizi relativi a particolari casi di studio. Le linee guida **ISPRA** per la valutazione del rumore da campi eolici, suggeriscono di suddividere i dati di misura raccolti in step crescenti per velocità del vento tra 0 e 5 m/s misurati a 10 metri dal suolo.

Lo scenario di calma di vento ovvero al di sotto della soglia di cut-in corrisponde in prima approssimazione all'*ante operam*.

Sono stati definiti i seguenti step operativi corrispondenti a velocità del vento crescenti:

Utilizzando la formulazione già introdotta, si può calcolare la velocità del vento all'altezza della navetta a partire da velocità crescenti alla quota di riferimento (10m).

Tabella 11 Velocità del vento a terra e in quota

U _{z10}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
U _{z118}	1,7	3,3	5,0	6,7	8,3	10,0	11,7	13,4	15,0	16,7	18,4	20,0	21,7	23,4	25,

Il rumore residuo associato alle diverse velocità del vento rappresenta la variabile a maggiore incertezza. Nella seguente tabella sono raffrontati schematicamente i livelli riferiti da varie fonti e quelli misurati strumentalmente sul campo durante le misure fonometriche.

Fonte	U _{z10}	L _A	U _{z10}	L _A
Linee guida ISPRA	<3,5m/s	<35 dB	>4m/s	>40 dB
Letteratura (Bolin)	<3,5m/s	<40dB	>4m/s	>45dB
Dati sperimentali	<3,5m/s	<42dB	>4m/s	>45dB

I dati spali raccolti tramite centraline meteo e fonometri presso Agriturismo La Striscia Larga e presso la Casa Cantoniera di Bassacutena hanno restituito valori in linea con quelli proposti da Bolin e significativamente superiori a quelli proposti dalle linee guida ISPRA.

Questi ultimi, anche confrontati con altre fonti presenti in letteratura, appaiono sottostimare il rumore residuo di almeno 3 dB.

Per valori del vento a terra superiori a 5 m/s il **DM 16/03/98** non considera valide le misure fonometriche. Si può peraltro assumere verosimile che la situazione più critica rispetto alla componente rumore sia proprio per valori del vento a terra compresi tra 5 e 7 m/s a cui corrispondono alla quota della navetta velocità comprese tra 8,5 e 11,5 m/s. La ragione di questa ipotesi risiede nell'aumento pseudo lineare del rumore di fondo e nella crescita asintotica orizzontale dell'emissione. Il rumore prodotto infatti raggiunge il suo livello massimo a circa 10 m/s di velocità del vento alla navetta per poi rimanere praticamente costante fino al limite di cut-out a 25 m/s.

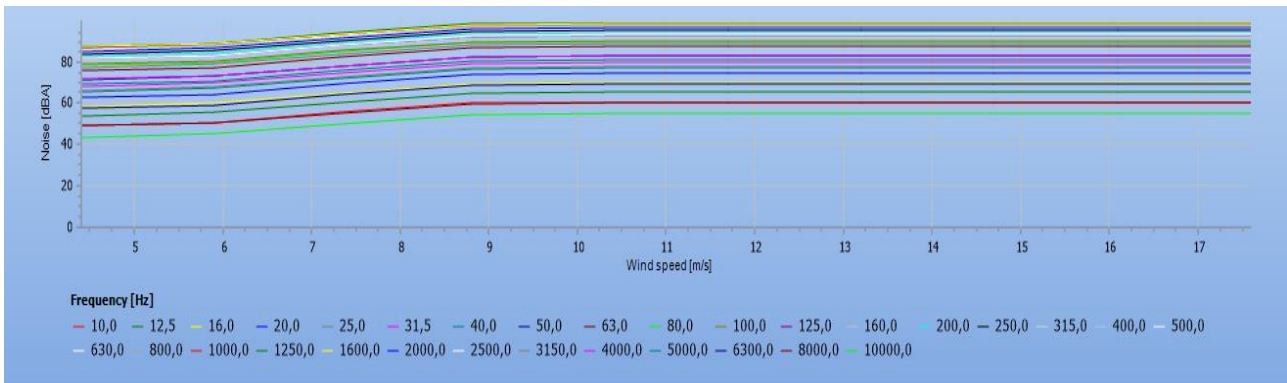


Figura 40 Livelli di emissione in frequenza - MODE 1

Nella simulazione dei sub scenari si procederà ad aumentare step by step la velocità del vento d 2 a 6 m/s a terra e verificando la variazione di rumore a sorgenti accese e sorgenti spente. Si verrà a costruire così una matrice di impatti che avranno una distribuzione statistica nell'anno paragonabile a quella del vento per l'anno preso a riferimento.

Il rumore residuo del vento sarà inserito come contributo energetico sullo scenario *ante operam* tarato a sua volta sui rilievi fonometrici.

L'emissione è stata implementata nel software di calcolo in termini di spettro in 1/3 d'ottava.

La pressione in termini di potenza emessa in funzione della velocità del vento è riportata nella seguente tabella per il modo di funzionamento a piena potenza (MODE 1 – Modella STE)

Tabella 12 Rapporto tra velocità del vento e livello emesso

Uz(m/s)	4,4	5,9	7,3	8,8	10,3	11,7	13,2	14,7	16,1	17,6
Mode 1	95,0	96,6	101,4	105,8	106,4	106,4	106,4	106,4	106,4	106,4

RTS11 - STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO

Sono stati evidenziati i livelli di emissione utilizzati negli step della simulazione. Non vi è una perfetta corrispondenza tra i livelli di velocità del vento scelti in Tabella 11 e in Tabella 12 ma costituisce un'approssimazione lievemente cautelativa e pertanto accettabile.

Come anticipato nei precedenti paragrafi, limitatamente al periodo notturno, si prevede la programmazione delle turbine in modo da ridurre la potenza e moderare il disturbo ai ricettori.

La modalità "silenziosa" si attiva automaticamente per velocità del vento in quota superiori alla soglia definita. Nella presente simulazione si avrà, nel periodo notturno e per gli step da 3 a 5, un'emissione ridotta e differenziata per tutte le turbine.

Uz(m/s)	4,4	5,9	7,3	8,8	10,3	11,7	13,2	14,7	16,1	17,6
Mode 5	95,0	96,6	101,4	104,5	104,5	104,5	104,5	104,5	104,5	104,5
Mode 9	95,0	96,6	100,8	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0
Mode 10	95,0	96,6	100,3	100,5	100,5	100,5	100,5	100,5	100,5	100,5

Lo schema di funzionamento, per il periodo notturno, è riportato nella seguente tabella.

Tabella 13 Schema emissivo notturno

ID	MODE	Step 3 Lw(dB)	MODE	Step 4 Lw(dB)	MODE	Step 5 Lw(dB)
L1	1	101,4	5	104,5	5	104,5
L2	OFF	-	OFF	-	OFF	-
L3	9	100,8	9	101	9	101
L4	1	101,4	5	104,5	5	105,5
L5	9	100,8	9	101	9	101
L6	1	101,4	9	101	9	101
L7	1	101,4	5	104,5	5	104,5
L8	9	100,8	OFF	-	OFF	-
L9	OFF	-	OFF	-	OFF	-
L10	9	100,8	9	101	9	101
L11	1	101,4	10	100,5	10	100,5
L12	1	101,4	9	101	9	101
L13	1	101,4	1	105,8	1	106,4
L14	1	101,4	1	105,8	1	106,4

Nelle mappe e tabelle riassuntive si troveranno dunque n. 5 sotto scenari di calcolo per ciascun periodo di riferimento (diurno e notturno) nelle ipotesi emissive e di rumore residuo sopra determinate.

14.6.1 Sorgenti derivanti da attività manutentiva

Gli impianti sono soggetti ad attività manutentiva programmata e, naturalmente su guasto. La sorgente oggetto di intervento viene portata in condizioni di sicurezza e di fermo prima di qualsiasi attività elettrica o meccanica. Le operazioni di manutenzione, di norma, non introducono sorgenti rilevanti di rumore. Solo in presenza di guasti disastrosi ed eventi imprevedibili, è possibile che siano necessari interventi assimilabili alle attività di cantiere già analizzate nello Scenario 2.

14.7 SCENARIO 4 - FASE DI DISMISSIONE (POST OPERAM)

L'impatto acustico generato dalla dismissione e rimozione dei manufatti al termine del ciclo di vita del progetto (25 anni) è assimilabile allo Scenario 2 (fase di cantiere) anche se con la scelta di non rimuovere i cavidotti e la cabina di trasformazione, tale similitudine è ad ampio margine di sicurezza.

La componente acustica dell'impatto risulta completamente reversibile e il ripristino della condizione *ante operam* è integrale: l'eliminazione delle sorgenti riportano l'ambiente allo stato antecedente dell'agente fisico oggetto di indagine. Si rimanda all'apposito studio specialistico, ogni approfondimento circa il ripristino floro-faunistico della fase di dismissione del progetto.

15 DEFINIZIONE DEI RICETTORI

15.1 CARATTERISTICHE DEI RICETTORI

L'art. 1 comma 1 lettera l) del DPR 142/04 definisce:

“ricettore: qualsiasi edificio adibito ad ambiente abitativo comprese le relative aree esterne di pertinenza, o ad attività lavorativa o ricreativa; aree naturalistiche vincolate, parchi pubblici ed aree esterne destinate ad attività ricreative ed allo svolgimento della vita sociale della collettività; aree territoriali edificabili già individuate dai piani regolatori generali e loro varianti generali, vigenti al momento della presentazione dei progetti di massima relativi alla costruzione delle infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 2, lettera B, ovvero vigenti alla data di entrata in vigore del presente decreto per le infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 2, lettera A;”

I ricettori censiti si collocano per lo più all'interno delle fasce di pertinenza delle infrastrutture viarie e, in alcuni casi, hanno accesso direttamente sulla sede stradale.

L'art. 6 del DPR 142/04 dispone che gli interventi finalizzati al rispetto dei limiti di legge dovranno garantire:

“1. Per le infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 3, il rispetto dei valori riportati dall'allegato 1 e, al di fuori della fascia di pertinenza acustica, il rispetto dei valori stabiliti nella tabella C del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 280 del 1° dicembre 1997, è verificato in facciata degli edifici ad 1 metro dalla stessa ed in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione nonché dei ricettori.

2. Qualora i valori limite per le infrastrutture di cui al comma 1, ed i valori limite al di fuori della fascia di pertinenza, stabiliti nella tabella C del citato decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997, non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzii l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

- a) 35 dB(A) Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;*
- b) 40 dB(A) Leq notturno per tutti gli altri ricettori di carattere abitativo;*
- c) 45 dB(A) Leq diurno per le scuole.”*

15.2 IDENTIFICAZIONE DEI RICETTORI

I ricettori identificati sono sostanzialmente riconducibili alle seguenti categorie:

- edifici residenziali /o ad uso turistico

Il software di calcolo **SoundPlan** permette l'analisi e la quantificazione della pressione sonora in facciata agli edifici considerando anche i fenomeni di riflessione e diffrazione.

Non esistono invece modelli accreditati per il calcolo del differenziale, così come definito dalla vigente normativa, essendo questo riferito al rumore interno agli edifici. In ogni caso è ragionevole presumere che, se la differenza valutata ad un metro dalla facciata dei ricettori risulta inferiore ai limiti imposti dalla normativa cogente, anche all'interno si abbia il rispetto degli stessi.

Tabella 14 Elenco ricettori potenzialmente più disturbati

ID	NOME	Classe	Dir.	UTM x	UTM y	Lim. (06-22)	Lim. (22-06)
1	R_1_1	Z6	SE	32519672	4549336	70	70
2	R_1_2	Z6	N	32519668	4549523	70	70
3	R_1_3	Z6	NE	32518696	4549051	70	70
4	R_1_4	Z6	S	32518939	4549447	70	70
5	R_2_1	Z6	NW	32520346	4549832	70	70
6	R_2_2	Z6	SE	32519691	4550036	70	70
7	R_2_3	Z6	SE	32520214	4550321	70	70
8	R_2_4	Z6	SW	32520360	4550459	70	70
9	R_2_5	Z6	S	32520301	4550520	70	70
10	R_3_1	Z6	SE	32521735	4548607	70	70
11	R_3_2	Z6	SW	32521993	4548417	70	70
12	R_3_3	Z6	SE	32521684	4548564	70	70
13	R_5_1	Z6	N	32521098	4546981	70	70
14	R_5_2	Z6	N	32521524	4547075	70	70
15	R_6_1	Z6	N	32522201	4546932	70	70
16	R_6_2	Z6	W	32522573	4546658	70	70

RTS11 - STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO

ID	NOME	Classe	Dir.	UTM x	UTM y	Lim. (06-22)	Lim. (22-06)
17	R_6_3	Z6	NW	32522347	4546933	70	70
18	R_7_1	Z6	SW	32523287	4547764	70	70
19	R_8_1	Z6	S	32523865	4548846	70	70
20	R_8_10	Z6	W	32523936	4547788	70	70
21	R_8_11	Z6	W	32523811	4548679	70	70
22	R_8_2	Z6	SW	32523838	4548799	70	70
23	R_8_3	Z6	S	32523850	4548764	70	70
24	R_8_4	Z6	W	32523390	4548213	70	70
25	R_8_5	Z6	W	32523813	4548735	70	70
26	R_8_6	Z6	SW	32523946	4548715	70	70
27	R_8_7	Z6	NW	32524046	4548776	70	70
28	R_8_8	Z6	W	32524034	4548808	70	70
29	R_8_9	Z6	SW	32524040	4548842	70	70
30	R_9_1	Z6	N	32522941	4548360	70	70
31	R_9_2	Z6	SW	32523082	4548241	70	70
32	R_9_3	Z6	N	32523015	4548218	70	70
33	R_9_4	Z6	SW	32522843	4548751	70	70
34	R_9_5	Z6	SW	32523002	4548747	70	70
35	R_10_1	Z6	S	32522989	4549535	70	70
36	R_10_2	Z6	NW	32523617	4549473	70	70
37	R_12_1	Z6	S	32522754	4550506	70	70
38	R_12_2	Z6	W	32522995	4550696	70	70
39	R_12_3	Z6	SE	32522846	4550095	70	70
40	R_13_1	Z6	S	32524597	4551114	70	70
41	R_14_1	Z6	W	32523201	4550886	70	70

Nella Tavola 1 - "*Mappa Ricettori*" (Allegato 2) sono riassunte le informazioni principali per ogni ricettore individuato. In particolare, viene indicata la classe acustica di appartenenza con i relativi limiti di immissione, la distanza minima del ricettore dall'area di intervento e la descrizione dello stesso.

16 CARATTERIZZAZIONE DELLO STATO DI FATTO (ANTE OPERAM)

16.1 METODI DI MISURAZIONE

16.1.1 Strumentazione utilizzata

L'indagine fonometrica è stata realizzata con sette catene di misura parallele composte ciascuna di analizzatore in frequenza con relativo microfono munito di cuffia antivento - avente le caratteristiche stabilite dal DM 16.03.1998 (per il sistema di misura conformità alle norme EN 60652/1994 e EN 60804/1994 relativamente alla classe 1; per il microfono alle norme EN 61094-2/1993, EN 61094-3/1995 e EN 61094-4/1995; per i filtri alle norme EN 61260/1995 (IEC 1260) e EN 61094-1/1994). La calibrazione è stata eseguita con uno strumento conforme alle norme CEI 29-14 e IEC 942/1998. L'elaborazione delle misure eseguite è stata effettuata utilizzando i programmi direttamente acquisiti dei fornitori degli strumenti di misurazione ovvero fogli di calcolo. Di seguito sono riportati i dati identificativi della strumentazione utilizzata.

Tabella 15: Strumenti di misura.

Strumento	Codice Ident.	Marca e modello	N. Serie
Fonometro integratore di Classe I	F1	Larson Davis – LD831C	11547
Microfono e preamplificatore		PCB – PRM831	15173
Fonometro integratore di Classe I	F2	01dB – Solo	11814
Microfono e preamplificatore		01dB - MCE212 - PRE21S	17391
Fonometro integratore di Classe I	F3	01dB – Solo Blu	61933
Microfono e preamplificatore		01dB - MCE212 - PRE21S	103530
Fonometro integratore di Classe I	F4	Larson Davis – LD831C	11205
Microfono e preamplificatore		PCB – PRM831	063853
Fonometro integratore di Classe I	F5	01dB – Solo	11607
Microfono e preamplificatore		01dB - MCE212 – PRE21S	57617
Fonometro integratore di Classe I	F6	AWA USB+OS MS Windows 11	22120578
Microfono e preamplificatore		iSV1611	501007
Fonometro integratore di Classe I	F7	Larson Davis – LD831	1890
Microfono e preamplificatore		PCB – PRM831	71132
Calibratore di Classe I		Digitek ND9	N219943
Calibratore di Classe I		01dB - CAL21	34323972
Calibratore di Classe I		01dB - CAL21	51031035

La calibrazione della catena strumentale è stata eseguita prima e dopo le misure, non riscontrando scostamenti nei livelli di taratura (scostamenti inferiori a 0,5 dB).

16.1.2 Incertezza strumentale

Questo contributo dipende esclusivamente dalla classe della strumentazione utilizzata per le misurazioni (compreso il calibratore). In base a quanto riportato al punto 5 della norma UNI/TR 11326 per strumentazione di classe 1, il contributo complessivo dell'incertezza strumentale (comprendente la procedura di calibrazione) per misure di L_{Aeq} in banda larga può essere posto $u_{str} = 0,5$ dB(A). Tale contributo dovrà comunque essere aggiunto, come contributo indipendente di incertezza, anche nei casi in cui la stima dell'incertezza si riferisca a misurazioni ripetute (incertezza di categoria A).

16.1.3 Modalità di rilievo

Con l'obiettivo di descrivere e caratterizzare compiutamente lo scenario acustico *ante operam* dell'area interessata dal parco eolico attualmente in fase di progetto, le misurazioni fonometriche sono state organizzate ed effettuate al fine di garantire la copertura dell'intero periodo diurno e notturno (TR 06:00-22:00 e 22:00-06:00) nelle seguenti date:

- Martedì 4 luglio 2023
- Mercoledì 5 luglio 2023
- Giovedì 6 luglio 2023
- Venerdì 7 luglio 2023

La campagna è stata eseguita con scansioni di 1 o 2 secondi valutando e ricavando il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata in curva A L_{Aeq} , lo spettro in frequenza in 1/3 di ottava e gli indici statistici L_{95} , L_{90} , L_{50} , L_{10} ed L_5 .

Eventuali fenomeni atmosferici di rilievo sono stati opportunamente mascherati.

I dati raccolti sono stati elaborati attribuendo, ove necessario, le correzioni relative alla presenza di componenti tonali e/o impulsive.

16.2 INDIVIDUAZIONE DELLE POSTAZIONI DI MISURA

Le sessioni di rilievo strumentale sono state organizzate ed effettuate posizionando 7 fonometri rilevatori (con identificazione F per fonometro ed un numero progressivo da 1 a 7) e 2 centraline meteo (con identificazione C ed un numero progressivo 1 e 2), prendendo in considerazione un'area di dimensioni tali da garantire la necessaria copertura di tutti i ricettori sensibili posti all'interno del dominio di influenza delle postazioni in cui sorgeranno i 14 impianti eolici, distribuiti secondo il layout rappresentato nell'immagine seguente.

I rilievi strumentali sono stati suddivisi in 3 distinte tipologie di durata, in misure fisse (oltre 72 ore), misure di lunga durata (circa 48 ore) e misure più brevi (circa 24 ore), a seconda della posizione rispetto ai ricettori ritenuti sensibili e ad altre sorgenti sonore potenzialmente in grado di apportare contributi rilevanti sul clima acustico (quali strade e sorgenti sonore già presenti nell'area oggetto di indagine strumentale).

Il posizionamento dei fonometri è stato effettuato in modo che questi fossero nella condizione di operare senza schermature fornite da altri edifici che potessero in qualche modo influenzare negativamente le rilevazioni e ad un'altezza tale da garantire l'assenza di riflessioni derivanti dal suolo.

Le posizioni di misura individuate per la determinazione del clima acustico *ante operam* sono state denominate secondo la seguente codifica:

L_C_n – F_n: Luogosanto_Centralina_numero – Fonometro_numero

L_L_n – F_n: Luogosanto_misura di Lunga durata_numero – Fonometro_numero

L_B-n – F_n: Luogosanto_misura di Breve durata_numero – Fonometro_numero

Nella Tavola 2 – “*Mappa Rilievi fonometrici*” (**Allegato 3**) sono riportati i punti microfonicici scelti nel territorio.

A nord dell’area di progetto in posizione con caratteristiche del tutto analoghe a quelle destinate ad ospitare i nuovi impianti, è stata posta una centralina denominata **B_C_1**. Qui è stato eseguito anche il monitoraggio delle condizioni meteorologiche di vento (velocità e direzione).

Nell’abitato di Bassacutena è stata posta una catena strumentale (**L_L_3**) in prossimità dell’istituto scolastico che è risultato l’unico ricettore sensibile dell’intero dominio di calcolo. La sua distanza dalla turbina più vicina è di circa 1,7 km (**L_12** e **L_14**).

All’interno **dell’Allegato 1** “*Schede misure fonometriche, attestati e certificati*” sono riportate le schede di misura di dettaglio, riferite allo scenario *ante operam*, mentre di seguito vengono inserite le immagini del posizionamento dei fonometri, scattate durante le sessioni di rilievo effettuate ai primi di luglio, secondo la codifica dei fonometri prima descritta.



L_L_1-F_4



L_L_2-F_5



L_C_1-F_6



L_L_3-F_7



L_C_2-F_3



L_B_1-F_4



L_B_2-F_7



L_B_3-F_5

Di seguito si riassumono i risultati della campagna fonometrica, inserendo in tabella, per ogni punto di misura, i livelli di rumore rilevati (L_{Aeq}), corretti secondo DM 16/03/98 (L_C) ed il livello percentile L_{95} .

RTS11 - STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO

Tabella 16 Risultati dei rilievi fonometrici

N. misura	Identif. misura	Periodo	LA _{Eq} [dB]	LC [dB]	L95 [dB]
1	L_B_1-F_4	Notturmo	48,1	48	27
2	L_B_1-F_4	Diurno	60,1	60	33
3	L_B_2-F_7	Diurno	53,3	53,5	41.5
4	L_B_3-F_5	Diurno	55.5	55.5	26.0
5	L_B_3-F_5	Notturmo	53.0	53.0	21.4
6	L_C_1-F_6	Diurno	48.7	48.5	34
7	L_C_1-F_6	Notturmo	40.5	40.5	30.5
8	L_C_1-F_6	Diurno	49.2	49	36
9	L_C_1-F_6	Notturmo	41.7	41.5	30
10	L_C_1-F_6	Diurno	54	54	37.5
11	L_C_1-F_6	Notturmo	40	40	28
12	L_C_2 - F_3	Diurno	54,2	54,0	30,6
13	L_C_2 - F_3	Notturmo	43,0	43,0	26,0
14	L_C_2 - F_3	Diurno	58,4	58,5	61,3
15	L_L_2 - F_5	Diurno	53.7	53.7	33.5
16	L_L_2 - F_5	Notturmo	43.7	43.7	32.1
17	L_L_2 - F_5	Diurno	55.3	55.3	35.2
18	L_L_2 - F_5	Notturmo	46.2	46.2	40.4
19	B_C_1-F-6	Diurno	55.9	56	25.9
20	B_C_1-F-6	Notturmo	43.9	44	28.4
21	B_C_1-F-6	Diurno	51.9	52	27.8
22	B_C_1-F-6	Notturmo	45.1	45	30
23	B_C_1-F-6	Diurno	53.2	53	33
24	B_C_1-F-6	Notturmo	41.7	41.5	24
25	B_C_1-F-6	Diurno	60	60	26.8
26	B_C_1-F-6	Notturmo	41.9	42	23.7
27	B_C_1-F-6	Diurno	52.9	53	29.5
28	B_C_1-F-6	Notturmo	44.3	44.5	34.3
29	B_C_1-F-6	Diurno	54.2	54	39.9
30	B_C_1-F-6	Notturmo	43.1	43	31.4
31	B_C_1-F-6	Diurno	57.9	58	33.1
32	B_C_1-F-6	Notturmo	45	45	34

Se si riportano in grafico i dati raccolti presso la centralina **B_C_1** (Agriturismo “*La Striscia Larga*”), si osservano alcuni interessanti fenomeni:

- I livelli equivalenti diurni e notturni presentano una differenza significativa e pari a circa 10 dB (tra 45 e 55 dB)
- Il rumore di fondo L_{95} invece risulta quasi sovrapponibile tra il periodo diurno e quello notturno

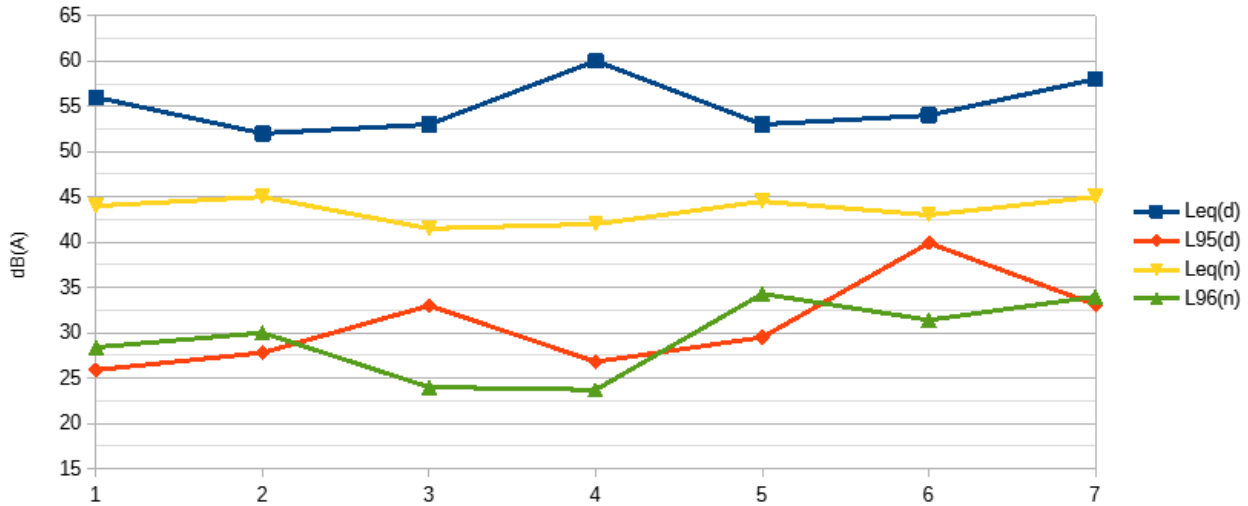


Figura 41 Livelli presso B_C_1

La posizione di misura risultava lontana da sorgenti di rumore stradali e/o agricole. La variazione del livello equivalente è imputabile in gran parte al rumore faunistico diurno (cicale) ma anche alla diversa velocità del vento registrata durante il giorno (fino a 4 m/s) rispetto alla notte (prevalenza di calma di vento).

Il livello equivalente sull'intero periodo di riferimento non è mai sceso al di sotto dei 40 dB.

16.2.1 Rumore eolico

I risultati della campagna di misure in correlazione con le informazioni meteorologiche, considerati e visti gli studi disponibili in letteratura sul rumore prodotto dal vento sulla vegetazione, hanno portato a concludere che, nell'habitat di indagine sia ragionevole utilizzare i seguenti valori di riferimento.

Tabella 17 Rumorosità indotta dal vento

$U_z(\text{m/s}) - 10\text{m}$	Rumore fondo (Lp)
<2	<35
3	40
4	42
5	43,5
>6	>45

Dove U_z è la velocità del vento all'anemometro standard alla quota di 10m sul livello del terreno.

17 CALCOLO PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO

17.1 SCOPO DELLA VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO

Scopo del presente capitolo è la valutazione qualitativa e quantitativa dell'impatto acustico prodotto e riconducibile, direttamente e indirettamente, al progetto.

Il metodo utilizzato considera i principi e le indicazioni previste dalla norma tecnica **UNI ISO 9613-2**; in particolare sono stati analizzati:

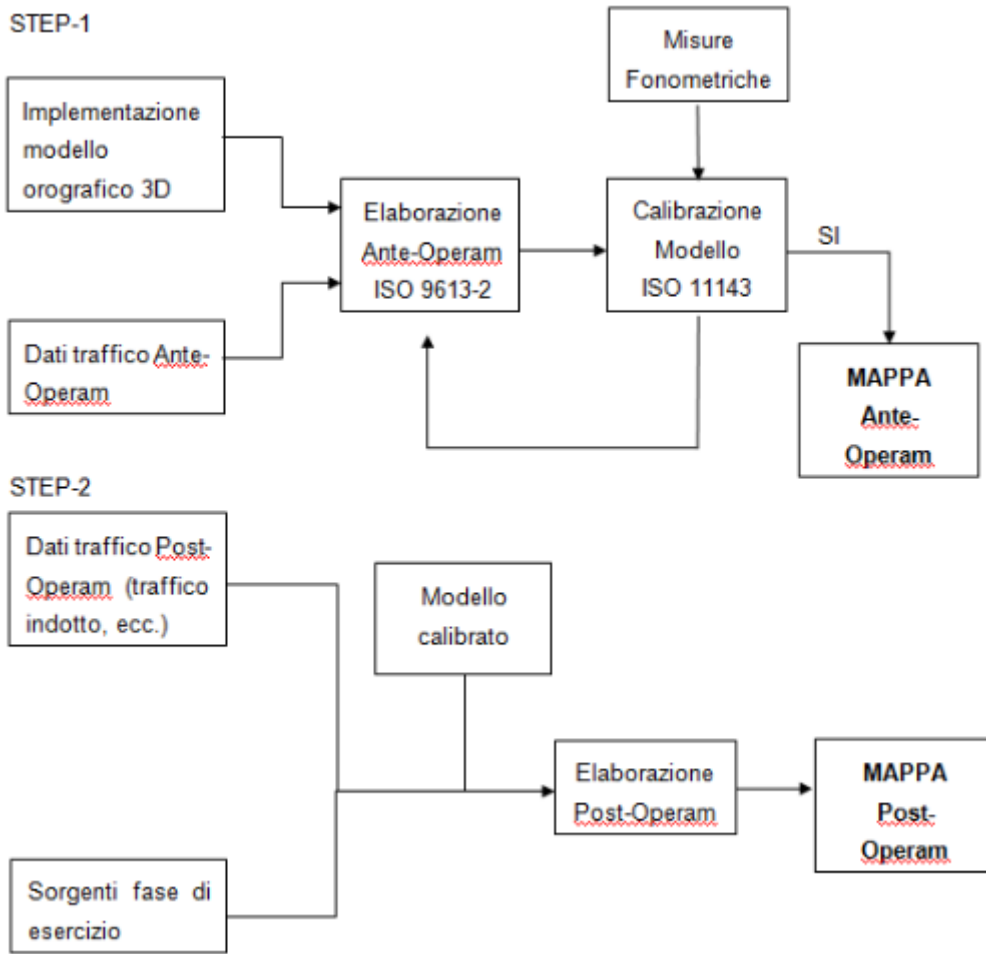
- Il contesto territoriale;
- La presenza e tipologia dei ricettori;
- I fenomeni di propagazione sonora;
- Le sorgenti esistenti e introdotte dal progetto;
- Elementi di riflessione e rifrazione e assorbimento.

L'analisi ha considerato l'impatto acustico sui ricettori potenzialmente più disturbati, complessivamente prodotto dalle attività in oggetto, verificando l'entità dell'impatto acustico e confrontando i valori attesi con i limiti previsti dalla normativa vigente ed in particolare dal **D.P.C.M. 14/11/97**.

Il calcolo dei complessi fenomeni di diffusione del rumore e dei fenomeni ondulatori connessi è stato eseguito avvalendosi di un potente sistema software che implementa gli standard europei accreditati (*SoundPlan 9*).

I risultati ottenuti tramite il modello di calcolo non sono esenti da incertezza ma si ritiene che, con le premesse ed assunzioni adottate questi siano cautelativi rispetto alle condizioni reali e comunque l'errore commesso nell'analisi *ante operam* sarà identico nel calcolo *post operam*.

17.2 SCHEMA A BLOCCHI DEL PROCESSO DI VALUTAZIONE



17.3 PROCESSO DI CALIBRAZIONE DEL MODELLO

La calibrazione del modello è stata condotta a partire dai dati di emissione disponibili (flussi di traffico, livelli di sorgente, ecc) tratti dalla letteratura tecnica ovvero misure e informazioni raccolte dai progettisti e dall'esperienza diretta. Successivamente sono stati confrontati i livelli di calcolo con le misure fonometriche eseguite sul campo in vari punti rappresentativi dell'area. Infine, sono stati aggiornati i dati di input del modello (livelli di sorgente o posizione del check-point) in modo tale da minimizzare l'errore nelle condizioni note (*ante operam*). Raggiunto un livello di accuratezza accettabile, secondo i criteri raccomandati dalla norma **UNI 11143-1:2005**, il modello è stato considerato affidabile e calibrato. Infine, sono stati calcolati i valori di pressione sonora presso tutti i ricettori individuati e nei vari scenari di indagine evidenziando eventuali superamenti.

I livelli calcolati dal software si riferiscono all'intero periodo diurno e notturno, pertanto, non si può escludere che la rumorosità percepita al ricettore possa variare anche sensibilmente rispetto al valore medio secondo la normale e caratteristica fluttuazione nella storia temporale del livello equivalente.

17.4 STATO ATTUALE CON PREVISIONE DI INTERVENTO (ANTE OPERAM)

Nel paragrafo “**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. - Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**” sono state definite le sorgenti identificate durante i sopralluoghi.

La quantificazione di queste è stata valutata tramite i rilievi fonometrici di cui al precedente capitolo e tramite dati di letteratura.

Le emissioni, durante il periodo di osservazione, restano legate e fortemente influenzate dalla stagione (estate). Le caratteristiche del periodo estivo, per la componente acustica, producono genericamente le seguenti conseguenze:

- il frinire delle cicale in periodo diurno e dei grilli in periodo notturno
- cinguettio di piccoli uccelli all'alba
- velocità del vento mediamente moderata
- traffico veicolare da presenza turistica
- intensificazione delle attività agricole e di pastorizia

Alla luce di tali considerazioni si può certamente concludere che la rumorosità dello **Stato di Fatto** (SdF) subisca stagionalmente variazioni rilevanti sia dal punto di vista dei livelli che della qualità acustica.

Ai fini del presente studio di impatto, si è ritenuto ragionevole, escludere alcuni contributi al rumore residuo determinati esclusivamente dal particolare periodo stagionale. Non sono state considerate le emissioni faunistiche generate da cicale e grilli.

Lo sviluppo dello scenario *SdF* è stato declinato in 5 sotto scenari così come già descritto nel paragrafo “14.6 - *Scenario 3 - fase di esercizio (post operam)*”. Le variazioni negli step di simulazione riguardano il contributo al rumore residuo prodotto dalla velocità del vento sulla vegetazione.

Tabella 18 Emissioni sorgenti variabili SdF/SdP

Step	Uz(m/s)	Rumore fondo (Lp)
1	2	35
2	3	40
3	4	42
4	5	43,5
5	6	45

Negli Allegati **5** e **6** (Tavole grafiche n. **4** e **5**) si riportano i risultati ottenuti dal modello di calcolo per lo *Stato di Fatto (ante operam)* simulati presso i ricettori individuati come potenzialmente più disturbati e descritti al *Capitolo 15 ("Definizione dei ricettori")*. Poiché le turbine eoliche esistenti sono posizionate a distanze tali da rendere ininfluyente il valore delle loro emissioni rumorose, le mappe ed i valori di calcolo si distinguono solo per il rumore di fondo generato dal vento sulla vegetazione.

La colonna **ID** rappresenta l'identificativo del ricettore; la zona acustica è il riferimento al corrispondente limite da Zonizzazione acustica ovvero ai limiti imposti dal D.P.R. 142/2004 relativi ai limiti applicabili all'interno delle fasce di pertinenza stradale; il piano e la direzione descrivono la posizione del punto ricevitore in facciata al ricettore.

I valori ricavati dal modello di calcolo per lo scenario 1 sono da confrontarsi con i limiti della classe acustica di appartenenza ovvero con i limiti imposti dal decreto strade (D.P.R. 142/2004)

17.5 SCENARIO 2 – FASE DI CANTIERE (CORSO D’OPERA)

Un aerogeneratore è costituito essenzialmente da un sostegno (torre di tipo a traliccio, tubolare o ad aste strallate) che ospita alla sua sommità la gondola o navicella, costituita da un involucro esterno solitamente costruito in materiale metallico, che ospita i sistemi di trasformazione dell'energia; al suo interno si trovano l'albero di trasmissione lento, il moltiplicatore di giri, l'albero veloce, il generatore elettrico e i dispositivi ausiliari.

All'estremità dell'albero lento e all'esterno della gondola è fissato il rotore, costituito da un mozzo, sul quale sono montate le pale, che hanno il compito di raccogliere l'energia cinetica del vento. Quando soffia il vento, le pale si mettono a girare e l'energia cinetica è trasformata in energia elettrica dal generatore della navicella. L'energia così prodotta viene convogliata su un trasformatore che ne innalza la tensione prima che venga immessa nella linea di trasmissione.

Le opere di cantiere sono strettamente legate alla taglia ed alle dimensioni degli Aerogeneratori impiegati, oltre all'estensione ed alla tipologia di territorio interessato dal progetto del parco eolico; per una corretta crono-programmazione del cantiere è indispensabile considerare che ogni società impegnata nel progetto di realizzazione degli impianti, necessita di specifiche condizioni cantieristiche al momento della collocazione dei vari componenti delle turbine nella loro sede definitiva.

La descrizione dettagliata dei mezzi e dell'organizzazione dei cantieri è riportata nel documento **PSC** (*Piano di Sicurezza e Coordinamento*).

È stata eseguita una simulazione della fase più critica (la fase n. 2) inserendo le seguenti sorgenti a funzionamento diurno (fonte: *portale agenti fisici INAIL*)

n. 1 escavatore (Lw = 104dB)

n. 1 trivella (Lw = 112dB)

n. 1 pala gommata (Lw = 98dB)

n. 1 autocarro (Lw = 95dB)

n. 1 gruppo elettrogeno (Lw = 88dB)

Lo studio ha considerato la presenza contemporanea di n. 2 cantieri in prossimità delle aree più critiche per la presenza di ricettori.

I limiti di riferimento restano quelli individuati anche per il funzionamento degli aerogeneratori e cioè il valore di immissione diurno pari a 70 dB. Si prevede di richiedere al Comune di Luogosanto e di Tempio Pausania, nei modi e tempi stabiliti, la deroga ai limiti previsti dal criterio differenziale ex art. 4 del DPCM 14/11/97.

17.6 SCENARIO 3 – FASE DI ESERCIZIO E FASE DI DISMISSIONE (POST OPERAM)

La simulazione dello stato di progetto è stata condotta considerando tutte le sorgenti direttamente e indirettamente riconducibili all'attività logistica che si andrà ad insediare.

Lo sviluppo dello scenario *SdP (Stato di Progetto)* è stato declinato in 5 sotto scenari così come già descritto nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** “Scenario 3 - fase di esercizio (post operam)”.

Le variazioni negli step di simulazione riguardano il contributo al rumore residuo prodotto dalla velocità del vento sulla vegetazione.

Tabella 19 Emissioni sorgenti variabili SdF/SdP

Step	Uz(m/s)	Emissione WTG (Lw) ⁵	Rumore fondo (Lp)
1	2	95	35
2	3	96.6	40
3	4	101.4	42
4	5	105.8	43,5
5	6	106.4	45

Nelle **Tavole grafiche** allegate N. **6** e **7** si riportano i risultati ottenuti dal modello di calcolo per lo Stato di Progetto (*post operam*) simulati presso i ricettori individuati come potenzialmente più disturbati e descritti al Capitolo 15 “Definizione dei ricettori”.

Poiché il Comune di Luogosanto non ha ancora provveduto ad approvare il Piano di Zonizzazione acustica del territorio, si assumono per tutti i ricettori i limiti previsti dal DPCM 1 Marzo 1991 e pari a 70 dB in periodo diurno e 60 dB in periodo notturno.

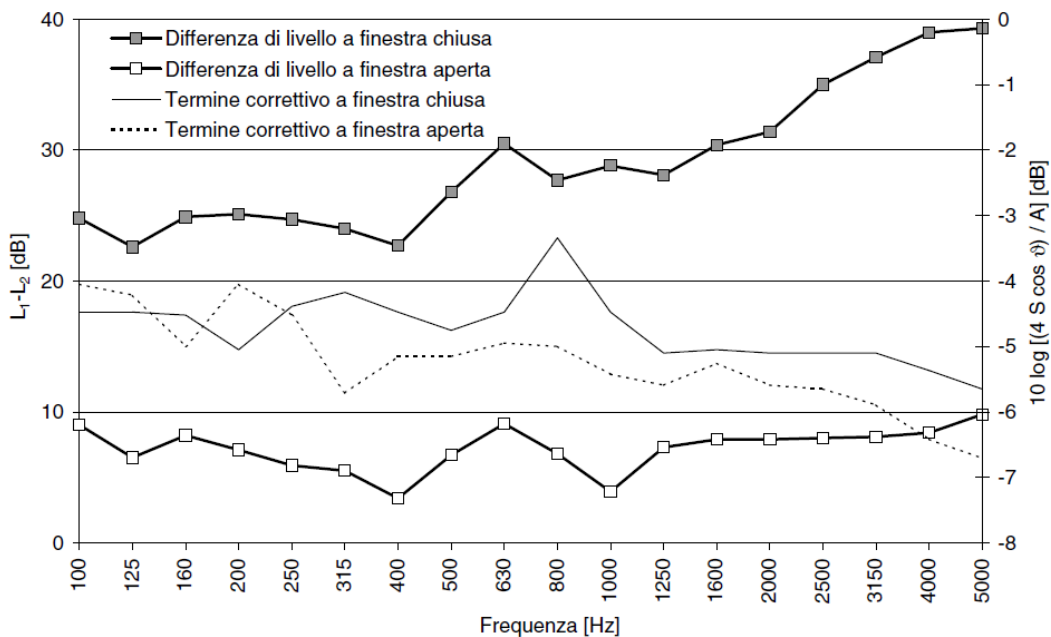
Per tutti i ricettori, i limiti di immissione risultano rispettati nelle ipotesi di progetto riportate nel presente studio.

⁵ Livello di emissione riferito alla singola pala

17.7 VALUTAZIONE DEL LIMITE DIFFERENZIALE

Ai fini della verifica del valore differenziale, non avendo a disposizione strumenti di calcolo atti alla verifica della rumorosità interna ad un edificio, si è proceduto al computo della pressione sonora attesa sulla facciata più esposta, potendo ragionevolmente affermare che i livelli calcolati in facciata saranno sempre superiori a quelli misurabili all'interno, con una differenza stimata di 3 dB con finestre aperte.

Tale parametro è stato ricavato dalla bibliografia di settore (Dipartimento di fisica tecnica dell'Università di Padova) che mette in relazione il decremento tra rumore ambientale esterno rispetto al livello interno a finestre aperte e chiuse.



Le curve mostrano un decremento medio di 5-6 dB a finestre aperte.

Il DM 1 Giugno 2022 all'art. 5 comma 1 dichiara: *“b) agli impianti eolici si applica il disposto di cui all'art. 4 del decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 14 novembre 1997, recante valori limite differenziali di immissione. In deroga alla richiamata disposizione, nel caso del rumore eolico le valutazioni vengono eseguite unicamente in facciata agli edifici e, pertanto, non trovano applicazione al verificarsi della sola condizione contenuta nella lettera a) del comma 2 dello stesso;”*

Il Decreto non chiarisce se la misura del limite di applicabilità debba essere anch'essa eseguita in facciata o all'interno del ricettore. La differenza non è di poco conto alla luce di quanto precedentemente esposto. Con una variazione tra interno ed esterno di 4/5 dB si avrebbe che

l'applicabilità del criterio differenziale notturno posto a 40 dB in facciata corrisponderebbe ad appena 35/36 dB all'interno. In attesa di interpretazioni o modifiche al Decreto si ritiene di adottare un approccio "letterale" alla norma, prevedendo, per uniformità con le altre sorgenti, che il limite di applicabilità resti da misurare all'interno degli ambienti abitativi esclusivamente a finestre aperte, mentre il criterio differenziale si misuri con le tecniche esposte nell'Allegato 1 e 2 del DM 1 Giugno 2022 ovvero in ambiente esterno. Si ritiene infatti che, se la differenza tra i livelli Ambientale e Residuo misurati all'interno e all'esterno di un edificio possano essere paragonabili, in termini assoluti vi siano gravi ed imprevedibili variazioni tra interno ed esterno sia per quel che riguarda il rumore Residuo che per il rumore Ambientale.

Di seguito si riporta il confronto con i limiti del criterio differenziale. Il criterio è stato posto "applicabile" a tutti i ricettori che abbiano un livello ambientale in facciata maggiore o uguale a 53 dB in periodo diurno e 43 dB in periodo notturno considerando una differenza cautelativa e ragionevole di 3 dB tra interno e esterno all'edificio.

Ciascuna tabella riassume e confronta i livelli calcolati negli **step** di calcolo da **1** a **5** che rappresentano livelli di vento a 10 metri dal suolo, da 2 a 6 m/s. Questo parametro interviene sia sul livello emissivo delle turbine che sul modello di dispersione Nord2000.

A fianco di ogni simulazione, sono riportati anche i livelli corretti con il rumore generato dal vento secondo lo schema già descritto nei precedenti paragrafi. La correzione è eseguita come semplice contributo energetico. Il risultato che si ottiene è un progressivo innalzamento dei livelli calcolati sia nel periodo *ante operam* che *post operam*. Negli **step 4** e **5**, il contributo del solo rumore del vento è sufficiente per raggiungere la soglia di applicabilità del criterio differenziale notturno.

STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO

STEP 1 (Uz = 2m/s)					Senza correzione vento								Correzione rumore del vento							
Num	Ricettore	DIR	Lim (06-22)	Lim (06-22)	ANTE		POST		D(d)	D(n)	Applicab.		ANTE		POST		D(d)	D(n)	Applicab.	
1	R_1_1	SE	70	70	40,1	34,3	40,6	35,9	0,5	1,6	NA	NA	41,3	37,7	41,7	38,5	0,4	0,8	NA	NA
2	R_1_2	N	70	70	36,4	29,2	39,7	37,7	3,3	8,5	NA	NA	38,8	36,0	41,0	39,6	2,2	3,6	NA	NA
3	R_1_3	NE	70	70	30,1	25,1	32,5	30,4	2,4	5,3	NA	NA	36,2	35,4	36,9	36,3	0,7	0,9	NA	NA
4	R_1_4	S	70	70	17,8	12,3	23,4	22,5	5,6	10,2	NA	NA	35,1	35,0	35,3	35,2	0,2	0,2	NA	NA
5	R_2_1	NW	70	70	36,6	29,9	38	34,4	1,4	4,5	NA	NA	38,9	36,2	39,8	37,7	0,9	1,6	NA	NA
6	R_2_2	SE	70	70	33,1	28,1	38,3	37,3	5,2	9,3	NA	NA	37,2	35,8	40,0	39,3	2,8	3,5	NA	NA
7	R_2_3	SE	70	70	48,8	41,3	48,8	41,6	0,1	0,3	NA	NA	49,0	42,2	49,0	42,5	0,0	0,2	NA	NA
8	R_2_4	SW	70	70	42,9	36,1	43	36,5	0,1	0,5	NA	NA	43,6	38,6	43,6	38,8	0,1	0,2	NA	NA
9	R_2_5	S	70	70	50,9	43,5	50,9	43,6	0	0,1	NA	0,1	51,0	44,1	51,0	44,2	0,0	0,1	NA	0,1
10	R_3_1	SE	70	70	28,3	22,1	36,2	35,6	7,8	13,5	NA	NA	35,8	35,2	38,7	38,3	2,8	3,1	NA	NA
11	R_3_2	SW	70	70	26,1	21,2	35,1	34,7	9,1	13,6	NA	NA	35,5	35,2	38,1	37,9	2,5	2,7	NA	NA
12	R_3_3	SE	70	70	25,8	19,7	36,5	36,3	10,8	16,6	NA	NA	35,5	35,1	38,8	38,7	3,3	3,6	NA	NA
13	R_5_1	N	70	70	21,8	16,2	32,3	32,1	10,6	15,9	NA	NA	35,2	35,1	36,9	36,8	1,7	1,7	NA	NA
14	R_5_2	N	70	70	25,8	20,3	36,3	36	10,4	15,6	NA	NA	35,5	35,1	38,7	38,5	3,2	3,4	NA	NA
15	R_6_1	N	70	70	26	20,3	35,8	35,5	9,8	15,2	NA	NA	35,5	35,1	38,4	38,3	2,9	3,1	NA	NA
16	R_6_2	W	70	70	36,3	29,7	37,5	33,5	1,2	3,8	NA	NA	38,7	36,1	39,4	37,3	0,7	1,2	NA	NA
17	R_6_3	NW	70	70	25,3	20,1	35,8	35,5	10,5	15,3	NA	NA	35,4	35,1	38,4	38,3	3,0	3,1	NA	NA
18	R_7_1	SW	70	70	35,4	29,9	37,8	35,4	2,4	5,6	NA	NA	38,2	36,2	39,6	38,2	1,4	2,0	NA	NA
19	R_8_1	S	70	70	40,6	32,4	40,8	33,8	0,2	1,4	NA	NA	41,7	36,9	41,8	37,5	0,2	0,5	NA	NA
20	R_8_2	SW	70	70	36,5	28,6	37,4	32,5	0,9	3,9	NA	NA	38,8	35,9	39,4	36,9	0,5	1,0	NA	NA

STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO

21	R_8_3	S	70	70	39,4	31,5	39,9	33,7	0,4	2,2	NA	NA	40,7	36,6	41,1	37,4	0,4	0,8	NA	NA
22	R_8_4	W	70	70	30,3	25,2	34,5	33,2	4,2	8	NA	NA	36,3	35,4	37,8	37,2	1,5	1,8	NA	NA
23	R_8_5	W	70	70	34,6	27,1	36,4	33	1,8	5,9	NA	NA	37,8	35,7	38,8	37,1	1,0	1,5	NA	NA
24	R_8_6	SW	70	70	45,6	36,2	45,7	36,9	0,1	0,7	NA	NA	46,0	38,7	46,1	39,1	0,1	0,4	NA	NA
25	R_8_7	NW	70	70	49,7	40,3	49,8	40,6	0	0,3	NA	NA	49,8	41,4	49,9	41,7	0,1	0,2	NA	NA
26	R_8_8	W	70	70	50,3	40,6	50,3	40,9	0	0,3	NA	NA	50,4	41,7	50,4	41,9	0,0	0,2	NA	NA
27	R_8_9	SW	70	70	48,1	38,3	48,2	38,9	0,1	0,6	NA	NA	48,3	40,0	48,4	40,4	0,1	0,4	NA	NA
28	R_8_10	W	70	70	28,2	19,5	36,8	36,3	8,6	16,8	NA	NA	35,8	35,1	39,0	38,7	3,2	3,6	NA	NA
29	R_8_11	W	70	70	29,9	22,2	34,1	32,4	4,2	10,3	NA	NA	36,2	35,2	37,6	36,9	1,4	1,7	NA	NA
30	R_9_1	N	70	70	42,9	36	44,6	41,2	1,7	5,2	NA	NA	43,6	38,5	45,1	42,1	1,5	3,6	NA	NA
31	R_9_2	SW	70	70	37,9	32,3	40,3	38	2,4	5,7	NA	NA	39,7	36,9	41,4	39,8	1,7	2,9	NA	NA
32	R_9_3	N	70	70	39,7	33,7	40,8	37,1	1,1	3,4	NA	NA	41,0	37,4	41,8	39,2	0,8	1,8	NA	NA
33	R_9_4	SW	70	70	37,2	31,8	39,9	37,7	2,6	6	NA	NA	39,2	36,7	41,1	39,6	1,9	2,9	NA	NA
34	R_9_5	SW	70	70	48,2	40,9	48,3	41,8	0,2	0,9	NA	NA	48,4	41,9	48,5	42,6	0,1	0,7	NA	NA
35	R_10_1	S	70	70	48,1	39,5	48,3	40,8	0,2	1,3	NA	NA	48,3	40,8	48,5	41,8	0,2	1,0	NA	NA
36	R_10_2	NW	70	70	38,8	31,4	40,6	37,2	1,8	5,8	NA	NA	40,3	36,6	41,7	39,2	1,3	2,7	NA	NA
37	R_12_1	S	70	70	43,3	35,8	43,4	36,5	0,1	0,7	NA	NA	43,9	38,4	44,0	38,8	0,1	0,4	NA	NA
38	R_12_2	W	70	70	31,9	24,7	32,2	26	0,3	1,3	NA	NA	36,7	35,4	36,8	35,5	0,1	0,1	NA	NA
39	R_12_3	SE	70	70	41,1	32,4	41,8	36,2	0,7	3,8	NA	NA	42,1	36,9	42,6	38,7	0,6	1,7	NA	NA
40	R_13_1	S	70	70	26,1	19,4	31,4	30,3	5,3	10,9	NA	NA	35,5	35,1	36,6	36,3	1,0	1,1	NA	NA
41	R_14_1	W	70	70	33,8	27,1	34,2	28,5	0,3	1,4	NA	NA	37,5	35,7	37,6	35,9	0,2	0,2	NA	NA

STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO

STEP 1 (Uz = 3m/s)					Senza correzione vento								Correzione rumore del vento							
Num	Ricettore	DIR	Lim (06-22)	Lim (06-22)	ANTE		POST		D(d)	D(n)	Applicab.		ANTE		POST		D(d)	D(n)	Applicab.	
1	R_1_1	SE	70	70	40,1	34,3	40,8	36,4	0,7	2,2	NA	NA	43,1	41,0	43,4	41,6	0,4	0,5	NA	NA
2	R_1_2	N	70	70	36,4	29,2	40,7	39,1	4,3	9,9	NA	NA	41,6	40,3	43,4	42,6	1,8	2,2	NA	NA
3	R_1_3	NE	70	70	30,1	25,1	33,3	31,5	3,2	6,4	NA	NA	40,4	40,1	40,8	40,6	0,4	0,4	NA	NA
4	R_1_4	S	70	70	17,8	12,3	24,6	23,9	6,9	11,7	NA	NA	40,0	40,0	40,1	40,1	0,1	0,1	NA	NA
5	R_2_1	NW	70	70	36,6	29,9	38,5	35,5	1,9	5,6	NA	NA	41,6	40,4	42,3	41,3	0,7	0,9	NA	NA
6	R_2_2	SE	70	70	33,1	28,1	39,4	38,7	6,3	10,6	NA	NA	40,8	40,3	42,7	42,4	1,9	2,1	NA	NA
7	R_2_3	SE	70	70	48,8	41,3	48,8	41,7	0,1	0,4	NA	NA	49,3	43,7	49,3	43,9	0,0	0,2	NA	0,2
8	R_2_4	SW	70	70	42,9	36,1	43	36,7	0,1	0,6	NA	NA	44,7	41,5	44,8	41,7	0,1	0,2	NA	NA
9	R_2_5	S	70	70	50,9	43,5	50,9	43,7	0	0,2	NA	0,2	51,2	45,1	51,2	45,2	0,0	0,1	NA	0,1
10	R_3_1	SE	70	70	28,3	22,1	37,5	37,1	9,2	15,1	NA	NA	40,3	40,1	41,9	41,8	1,7	1,7	NA	NA
11	R_3_2	SW	70	70	26,1	21,2	36,8	36,5	10,7	15,3	NA	NA	40,2	40,1	41,7	41,6	1,5	1,5	NA	NA
12	R_3_3	SE	70	70	25,8	19,7	38	37,8	12,3	18,2	NA	NA	40,2	40,0	42,1	42,0	2,0	2,0	NA	NA
13	R_5_1	N	70	70	21,8	16,2	33,8	33,5	12	17,4	NA	NA	40,1	40,0	40,9	40,9	0,9	0,9	NA	NA
14	R_5_2	N	70	70	25,8	20,3	37,7	37,5	11,9	17,2	NA	NA	40,2	40,0	42,0	41,9	1,8	1,9	NA	NA
15	R_6_1	N	70	70	26	20,3	37,3	37	11,2	16,8	NA	NA	40,2	40,0	41,9	41,8	1,7	1,7	NA	NA
16	R_6_2	W	70	70	36,3	29,7	37,9	34,5	1,6	4,9	NA	NA	41,5	40,4	42,1	41,1	0,5	0,7	NA	NA
17	R_6_3	NW	70	70	25,3	20,1	37,2	37	12	16,9	NA	NA	40,1	40,0	41,8	41,8	1,7	1,7	NA	NA
18	R_7_1	SW	70	70	35,4	29,9	38,5	36,6	3,1	6,8	NA	NA	41,3	40,4	42,3	41,6	1,0	1,2	NA	NA
19	R_8_1	S	70	70	40,6	32,4	41	34,4	0,4	2	NA	NA	43,3	40,7	43,5	41,1	0,2	0,4	NA	NA
20	R_8_2	SW	70	70	36,5	28,6	37,8	33,5	1,3	4,9	NA	NA	41,6	40,3	42,0	40,9	0,4	0,6	NA	NA

STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO

21	R_8_3	S	70	70	39,4	31,5	40	34,4	0,6	2,9	NA	NA	42,7	40,6	43,0	41,1	0,3	0,5	NA	NA
22	R_8_4	W	70	70	30,3	25,2	35,6	34,6	5,3	9,4	NA	NA	40,4	40,1	41,3	41,1	0,9	1,0	NA	NA
23	R_8_5	W	70	70	34,6	27,1	37	34,2	2,4	7,1	NA	NA	41,1	40,2	41,8	41,0	0,7	0,8	NA	NA
24	R_8_6	SW	70	70	45,6	36,2	45,7	37,2	0,1	1	NA	NA	46,7	41,5	46,7	41,8	0,1	0,3	NA	NA
25	R_8_7	NW	70	70	49,7	40,3	49,8	40,7	0,1	0,4	NA	NA	50,1	43,2	50,2	43,4	0,1	0,2	NA	0,2
26	R_8_8	W	70	70	50,3	40,6	50,3	41	0	0,4	NA	NA	50,7	43,3	50,7	43,5	0,0	0,2	NA	0,2
27	R_8_9	SW	70	70	48,1	38,3	48,2	39,1	0,1	0,8	NA	NA	48,7	42,2	48,8	42,6	0,1	0,3	NA	NA
28	R_8_10	W	70	70	28,2	19,5	38,3	37,9	10	18,4	NA	NA	40,3	40,0	42,2	42,1	2,0	2,0	NA	NA
29	R_8_11	W	70	70	29,9	22,2	35,2	33,9	5,3	11,8	NA	NA	40,4	40,1	41,2	41,0	0,8	0,9	NA	NA
30	R_9_1	N	70	70	42,9	36	45,1	42,3	2,2	6,3	NA	NA	44,7	41,5	46,3	44,3	1,6	2,9	NA	2,9
31	R_9_2	SW	70	70	37,9	32,3	41,1	39,2	3,1	6,9	NA	NA	42,1	40,7	43,6	42,6	1,5	1,9	NA	NA
32	R_9_3	N	70	70	39,7	33,7	41,2	38,1	1,6	4,3	NA	NA	42,9	40,9	43,7	42,2	0,8	1,2	NA	NA
33	R_9_4	SW	70	70	37,2	31,8	40,7	38,9	3,4	7,2	NA	NA	41,8	40,6	43,4	42,5	1,5	1,9	NA	NA
34	R_9_5	SW	70	70	48,2	40,9	48,4	42,1	0,3	1,2	NA	NA	48,8	43,5	49,0	44,2	0,2	0,7	NA	0,7
35	R_10_1	S	70	70	48,1	39,5	48,4	41,2	0,3	1,7	NA	NA	48,7	42,8	49,0	43,7	0,3	0,9	NA	NA
36	R_10_2	NW	70	70	38,8	31,4	41,2	38,5	2,4	7,1	NA	NA	42,5	40,6	43,7	42,3	1,2	1,8	NA	NA
37	R_12_1	S	70	70	43,3	35,8	43,5	36,7	0,2	0,9	NA	NA	45,0	41,4	45,1	41,7	0,1	0,3	NA	NA
38	R_12_2	W	70	70	31,9	24,7	32,3	26,4	0,4	1,8	NA	NA	40,6	40,1	40,7	40,2	0,1	0,1	NA	NA
39	R_12_3	SE	70	70	41,1	32,4	42,1	37,2	1	4,8	NA	NA	43,6	40,7	44,2	41,8	0,6	1,1	NA	NA
40	R_13_1	S	70	70	26,1	19,4	32,6	31,8	6,5	12,4	NA	NA	40,2	40,0	40,7	40,6	0,6	0,6	NA	NA
41	R_14_1	W	70	70	33,8	27,1	34,3	29	0,5	1,8	NA	NA	40,9	40,2	41,0	40,3	0,1	0,1	NA	NA

STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO

STEP 1 (Uz = 4m/s)					Senza correzione vento							Correzione rumore del vento								
Num	Ricettore	DIR	Lim (06-22)	Lim (06-22)	ANTE		POST		D(d)	D(n)	Applicab.		ANTE		POST		D(d)	D(n)	Applicab.	
1	R_1_1	SE	70	70	40,1	34,3	41,9	35,6	1,8	1,3	NA	NA	44,2	42,7	45,0	42,9	0,8	0,2	NA	NA
2	R_1_2	N	70	70	36,4	29,2	44,2	31,2	7,8	2	NA	NA	43,1	42,2	46,2	42,3	3,2	0,1	NA	NA
3	R_1_3	NE	70	70	30,1	25,1	36,3	34,8	6,2	9,7	NA	NA	42,3	42,1	43,0	42,8	0,8	0,7	NA	NA
4	R_1_4	S	70	70	17,8	12,3	28,7	28,2	11	15,9	NA	NA	42,0	42,0	42,2	42,2	0,2	0,2	NA	NA
5	R_2_1	NW	70	70	36,6	29,9	40,9	33,7	4,3	3,8	NA	NA	43,1	42,3	44,5	42,6	1,4	0,3	NA	NA
6	R_2_2	SE	70	70	33,1	28,1	43,9	36,6	10,8	8,5	NA	NA	42,5	42,2	46,1	43,1	3,5	0,9	NA	0,9
7	R_2_3	SE	70	70	48,8	41,3	49	41,6	0,2	0,3	NA	NA	49,6	44,7	49,8	44,8	0,2	0,1	NA	0,1
8	R_2_4	SW	70	70	42,9	36,1	43,3	36,3	0,4	0,2	NA	NA	45,5	43,0	45,7	43,0	0,2	0,0	NA	NA
9	R_2_5	S	70	70	50,9	43,5	51	43,7	0,1	0,2	NA	0,2	51,4	45,8	51,5	45,9	0,1	0,1	NA	0,1
10	R_3_1	SE	70	70	28,3	22,1	42	40,9	13,6	18,8	NA	NA	42,2	42,0	45,0	44,5	2,8	2,5	NA	2,5
11	R_3_2	SW	70	70	26,1	21,2	41,1	40,6	15	19,4	NA	NA	42,1	42,0	44,6	44,4	2,5	2,3	NA	2,3
12	R_3_3	SE	70	70	25,8	19,7	42,7	41,8	16,9	22,1	NA	NA	42,1	42,0	45,4	44,9	3,3	2,9	NA	2,9
13	R_5_1	N	70	70	21,8	16,2	38,3	37,7	16,5	21,5	NA	NA	42,0	42,0	43,5	43,4	1,5	1,4	NA	1,4
14	R_5_2	N	70	70	25,8	20,3	42,4	41,8	16,6	21,5	NA	NA	42,1	42,0	45,2	44,9	3,1	2,9	NA	2,9
15	R_6_1	N	70	70	26	20,3	41,9	41,5	15,8	21,2	NA	NA	42,1	42,0	45,0	44,8	2,9	2,7	NA	2,7
16	R_6_2	W	70	70	36,3	29,7	40	38	3,7	8,3	NA	NA	43,0	42,2	44,1	43,5	1,1	1,2	NA	1,2
17	R_6_3	NW	70	70	25,3	20,1	41,9	41,6	16,6	21,5	NA	NA	42,1	42,0	45,0	44,8	2,9	2,8	NA	2,8
18	R_7_1	SW	70	70	35,4	29,9	41,7	40,4	6,3	10,5	NA	NA	42,9	42,3	44,9	44,3	2,0	2,0	NA	2,0
19	R_8_1	S	70	70	40,6	32,4	41,6	36,1	1	3,7	NA	NA	44,4	42,5	44,8	43,0	0,4	0,5	NA	NA
20	R_8_2	SW	70	70	36,5	28,6	39,6	36,6	3,1	8	NA	NA	43,1	42,2	44,0	43,1	0,9	0,9	NA	0,9

STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO

21	R_8_3	S	70	70	39,4	31,5	41	36,8	1,6	5,3	NA	NA	43,9	42,4	44,5	43,1	0,6	0,8	NA	0,8
22	R_8_4	W	70	70	30,3	25,2	39,5	37,5	9,2	12,3	NA	NA	42,3	42,1	43,9	43,3	1,7	1,2	NA	1,2
23	R_8_5	W	70	70	34,6	27,1	39,7	37,6	5,1	10,5	NA	NA	42,7	42,1	44,0	43,3	1,3	1,2	NA	1,2
24	R_8_6	SW	70	70	45,6	36,2	45,9	38,4	0,4	2,2	NA	NA	47,2	43,0	47,4	43,6	0,2	0,6	NA	0,6
25	R_8_7	NW	70	70	49,7	40,3	49,9	41,4	0,2	1,1	NA	NA	50,4	44,2	50,6	44,7	0,2	0,5	NA	0,5
26	R_8_8	W	70	70	50,3	40,6	50,4	41,7	0,1	1,1	NA	NA	50,9	44,4	51,0	44,9	0,1	0,5	NA	0,5
27	R_8_9	SW	70	70	48,1	38,3	48,4	40,1	0,3	1,8	NA	NA	49,1	43,5	49,3	44,2	0,2	0,6	NA	0,6
28	R_8_10	W	70	70	28,2	19,5	42,8	42	14,6	22,5	NA	NA	42,2	42,0	45,4	45,0	3,3	3,0	NA	3,0
29	R_8_11	W	70	70	29,9	22,2	39	37,8	9,2	15,6	NA	NA	42,3	42,0	43,8	43,4	1,5	1,4	NA	1,4
30	R_9_1	N	70	70	42,9	36	47,7	38,9	4,8	2,9	NA	NA	45,5	43,0	48,7	43,7	3,3	0,8	NA	0,8
31	R_9_2	SW	70	70	37,9	32,3	44,2	41,1	6,3	8,8	NA	NA	43,4	42,4	46,2	44,6	2,8	2,1	NA	2,1
32	R_9_3	N	70	70	39,7	33,7	43,3	37,4	3,7	3,7	NA	NA	44,0	42,6	45,7	43,3	1,7	0,7	NA	0,7
33	R_9_4	SW	70	70	37,2	31,8	43,9	37,5	6,7	5,7	NA	NA	43,2	42,4	46,1	43,3	2,8	0,9	NA	0,9
34	R_9_5	SW	70	70	48,2	40,9	48,9	42	0,7	1,1	NA	NA	49,1	44,5	49,7	45,0	0,6	0,5	NA	0,5
35	R_10_1	S	70	70	48,1	39,5	48,9	42,9	0,8	3,4	NA	NA	49,1	43,9	49,7	45,5	0,7	1,5	NA	1,5
36	R_10_2	NW	70	70	38,8	31,4	43,9	42,5	5,1	11,1	NA	NA	43,7	42,4	46,1	45,3	2,4	2,9	NA	2,9
37	R_12_1	S	70	70	43,3	35,8	43,8	38,3	0,5	2,5	NA	NA	45,7	42,9	46,0	43,5	0,3	0,6	NA	0,6
38	R_12_2	W	70	70	31,9	24,7	33	30,9	1,1	6,2	NA	NA	42,4	42,1	42,5	42,3	0,1	0,2	NA	NA
39	R_12_3	SE	70	70	41,1	32,4	43,7	40,8	2,6	8,4	NA	NA	44,6	42,5	45,9	44,5	1,4	2,0	NA	2,0
40	R_13_1	S	70	70	26,1	19,4	36,7	36,4	10,6	17	NA	NA	42,1	42,0	43,1	43,1	1,0	1,0	NA	1,0
41	R_14_1	W	70	70	33,8	27,1	35,1	32,6	1,3	5,5	NA	NA	42,6	42,1	42,8	42,5	0,2	0,3	NA	NA

STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO

STEP 1 (Uz = 5m/s)					Senza correzione vento								Correzione rumore del vento							
Num	Ricettore	DIR	Lim (06-22)	Lim (06-22)	ANTE		POST		D(d)	D(n)	Applicab.		ANTE		POST		D(d)	D(n)	Applicab.	
1	R_1_1	SE	70	70	40,1	34,3	43,9	36,1	3,8	1,8	NA	NA	46,2	45,4	47,7	45,5	1,5	0,2	NA	0,2
2	R_1_2	N	70	70	36,4	29,2	48,1	31,7	11,7	2,5	NA	NA	45,6	45,1	50,2	45,2	4,7	0,1	NA	0,1
3	R_1_3	NE	70	70	30,1	25,1	40	37,5	9,9	12,4	NA	NA	45,1	45,0	46,3	45,7	1,2	0,7	NA	0,7
4	R_1_4	S	70	70	17,8	12,3	33	30,3	15,2	18	NA	NA	45,0	45,0	45,3	45,1	0,3	0,1	NA	0,1
5	R_2_1	NW	70	70	36,6	29,9	44,2	35,5	7,6	5,6	NA	NA	45,6	45,1	47,9	45,5	2,3	0,3	NA	0,3
6	R_2_2	SE	70	70	33,1	28,1	48	39,2	14,9	11,1	NA	NA	45,3	45,1	50,2	46,0	4,9	0,9	NA	0,9
7	R_2_3	SE	70	70	48,8	41,3	49,4	41,9	0,6	0,6	NA	NA	50,3	46,5	50,8	46,7	0,5	0,2	NA	0,2
8	R_2_4	SW	70	70	42,9	36,1	44	36,4	1,1	0,3	NA	NA	47,1	45,5	47,5	45,6	0,5	0,0	NA	NA
9	R_2_5	S	70	70	50,9	43,5	51,2	43,9	0,3	0,4	NA	0,4	51,9	47,3	52,1	47,5	0,2	0,2	NA	0,2
10	R_3_1	SE	70	70	28,3	22,1	46,2	42,1	17,9	20	NA	NA	45,1	45,0	49,0	46,8	3,9	1,8	NA	1,8
11	R_3_2	SW	70	70	26,1	21,2	45,7	42,2	19,7	21	NA	NA	45,1	45,0	48,8	46,9	3,7	1,9	NA	1,9
12	R_3_3	SE	70	70	25,8	19,7	47	42,9	21,3	23,2	NA	NA	45,1	45,0	49,5	47,1	4,5	2,1	NA	2,1
13	R_5_1	N	70	70	21,8	16,2	42,6	38,4	20,8	22,2	NA	NA	45,0	45,0	47,2	45,9	2,1	0,9	NA	0,9
14	R_5_2	N	70	70	25,8	20,3	46,7	42,7	20,9	22,4	NA	NA	45,1	45,0	49,3	47,0	4,3	2,0	NA	2,0
15	R_6_1	N	70	70	26	20,3	46,2	42,1	20,2	21,8	NA	NA	45,1	45,0	49,0	46,8	3,9	1,8	NA	1,8
16	R_6_2	W	70	70	36,3	29,7	43,1	38,9	6,8	9,2	NA	NA	45,5	45,1	47,4	46,0	1,8	0,8	NA	0,8
17	R_6_3	NW	70	70	25,3	20,1	46,2	42,4	21	22,3	NA	NA	45,0	45,0	49,0	46,9	4,0	1,9	NA	1,9
18	R_7_1	SW	70	70	35,4	29,9	45,5	42,9	10,1	13	NA	NA	45,5	45,1	48,6	47,1	3,1	2,0	NA	2,0
19	R_8_1	S	70	70	40,6	32,4	43	34,6	2,4	2,2	NA	NA	46,3	45,2	47,3	45,4	0,9	0,2	NA	0,2
20	R_8_2	SW	70	70	36,5	28,6	42,3	33	5,8	4,4	NA	NA	45,6	45,1	47,0	45,3	1,5	0,2	NA	0,2

STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO

21	R_8_3	S	70	70	39,4	31,5	42,9	33,4	3,5	1,9	NA	NA	46,1	45,2	47,2	45,3	1,1	0,1	NA	0,1
22	R_8_4	W	70	70	30,3	25,2	43,5	39,6	13,2	14,4	NA	NA	45,1	45,0	47,6	46,1	2,4	1,1	NA	1,1
23	R_8_5	W	70	70	34,6	27,1	43,2	35,4	8,6	8,3	NA	NA	45,4	45,1	47,5	45,5	2,1	0,4	NA	0,4
24	R_8_6	SW	70	70	45,6	36,2	46,6	37	1	0,8	NA	NA	48,3	45,5	48,9	45,7	0,6	0,1	NA	0,1
25	R_8_7	NW	70	70	49,7	40,3	50,2	41,3	0,4	1	NA	NA	51,0	46,3	51,3	46,5	0,4	0,3	NA	0,3
26	R_8_8	W	70	70	50,3	40,6	50,7	41,4	0,4	0,8	NA	NA	51,4	46,3	51,8	46,6	0,4	0,3	NA	0,3
27	R_8_9	SW	70	70	48,1	38,3	48,8	39,5	0,7	1,2	NA	NA	49,8	45,8	50,4	46,1	0,6	0,3	NA	0,3
28	R_8_10	W	70	70	28,2	19,5	47,1	30,4	18,9	10,9	NA	NA	45,1	45,0	49,6	45,2	4,5	0,1	NA	0,1
29	R_8_11	W	70	70	29,9	22,2	43,1	33,6	13,3	11,4	NA	NA	45,1	45,0	47,4	45,3	2,3	0,3	NA	0,3
30	R_9_1	N	70	70	42,9	36	51,1	39,2	8,2	3,2	NA	NA	47,1	45,5	52,5	46,0	5,4	0,5	NA	0,5
31	R_9_2	SW	70	70	37,9	32,3	47,8	42,7	9,9	10,4	NA	NA	45,8	45,2	50,0	47,0	4,3	1,8	NA	1,8
32	R_9_3	N	70	70	39,7	33,7	46,3	37,8	6,7	4,1	NA	NA	46,1	45,3	49,0	45,8	2,9	0,5	NA	0,5
33	R_9_4	SW	70	70	37,2	31,8	47,7	39,2	10,4	7,4	NA	NA	45,7	45,2	49,9	46,0	4,2	0,8	NA	0,8
34	R_9_5	SW	70	70	48,2	40,9	50	42,5	1,8	1,6	NA	NA	49,9	46,4	51,3	46,9	1,4	0,5	NA	0,5
35	R_10_1	S	70	70	48,1	39,5	50	43	1,9	3,5	NA	NA	49,8	46,1	51,4	47,1	1,6	1,0	NA	1,0
36	R_10_2	NW	70	70	38,8	31,4	47,4	42,4	8,6	11	NA	NA	45,9	45,2	49,7	46,9	3,8	1,8	NA	1,8
37	R_12_1	S	70	70	43,3	35,8	44,6	38,2	1,3	2,4	NA	NA	47,2	45,5	47,9	45,8	0,6	0,3	NA	0,3
38	R_12_2	W	70	70	31,9	24,7	35,5	31,7	3,6	7	NA	NA	45,2	45,0	45,5	45,2	0,3	0,2	NA	0,2
39	R_12_3	SE	70	70	41,1	32,4	46,3	41,6	5,2	9,2	NA	NA	46,5	45,2	48,9	46,7	2,5	1,5	NA	1,5
40	R_13_1	S	70	70	26,1	19,4	40,9	39,4	14,8	20	NA	NA	45,1	45,0	46,6	46,2	1,5	1,2	NA	1,2
41	R_14_1	W	70	70	33,8	27,1	37,3	33,1	3,5	6	NA	NA	45,3	45,1	45,7	45,3	0,4	0,2	NA	0,2

17.8 ANALISI DEI RISULTATI

La simulazione, nelle ipotesi di lavoro, permette di trarre le seguenti conclusioni:

1. i limiti assoluti di immissione sono ovunque rispettati sia in periodo diurno che in periodo notturno
2. il rumore, presso tutti i ricettori, non raggiunge mai il valore minimo di applicabilità del criterio differenziale in periodo diurno nemmeno con l'applicazione del correttivo dato dal vento
3. presso una larga maggioranza dei ricettori non si raggiunge nemmeno la soglia di applicabilità nel periodo notturno (se si esclude il rumore generato dal vento sulla vegetazione)
4. presso alcuni ricettori (**R-3-3, R-5-2, R-6-4 e R-8-10**) nelle condizioni operative previste per lo **step 3**, si calcolano incrementi significativi o elevati e prossimi al limite differenziale per cui sarà opportuno concentrare verifiche di collaudo ed eventualmente modificare la configurazione delle turbine riducendo ulteriormente l'emissione.

In sostanza si può affermare che l'impatto determini, con elevata affidabilità e precisione, il rispetto di tutti i limiti acustici definiti dalla vigente normativa. I risultati, nella configurazione di funzionamento impostata e considerando le cautele adottate, sono confortanti e si può rimandare al piano di monitoraggio ogni eventuale affinamento delle modalità operative (*MODE*) riservandosi la possibilità di aumentare la produzione energetica ove i livelli di collaudo lo permetteranno.

17.9 MAPPE ISOFONICHE

Il software di calcolo **SoundPLAN 9** permette rappresentazioni grafiche del modello di propagazione acustica generando mappe isofoniche delle aree di interesse. In allegato al presente studio, sono riportate le immagini realistiche calcolate ad 1,5 m di quota e i livelli in facciata ai ricettori per ogni piano degli stessi.

Le mappe isofoniche in allegato permettono di visualizzare le seguenti situazioni:

- Scenario 1 – Stato attuale con previsione di intervento (ante operam) - periodo diurno (**Allegato 5 - Tavola 4**)
- Scenario 1 – Stato attuale con previsione di intervento (ante operam) - periodo notturno (**Allegato 6 - Tavola 5**)
- Scenario 3 - Fase di esercizio (post operam) – periodo diurno (**Allegato 7 – Tavola 6**)
- Scenario 3 - Fase di esercizio (post operam) – periodo notturno (**Allegato 8 – Tavola 7**)

18 PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

18.1 FASE DI CANTIERE (CORSO D'OPERA)

18.1.1 Misure mitigative

Durante la gestione del cantiere si dovranno adottare tutti gli accorgimenti atti a ridurre la produzione di fonti rumorose.

Si elencano di seguito le misure di mitigazione da mettere in pratica:

- attuare idonea limitazione della velocità dei mezzi sulle strade di cantiere (tipicamente 20 km/h);
- uso di macchinari silenziati
- spegnimento delle sorgenti quando non utilizzate
- rispetto degli orari e prescrizioni previste dal Regolamento comunale per i cantieri temporanei o mobili

18.1.2 Monitoraggio inquinanti

Durante la fase di cantiere si dovranno identificare le attività a più elevato impatto acustico che prevedibilmente saranno riferibili alle operazioni di scavo e movimentazione terra, alle opere di perforazione per la successiva attività di palificazione ("infilamenti") ed al traffico derivante dai mezzi pesanti che transiteranno presso il cantiere.

18.1.3 Cronoprogramma

Al fine di limitare l'impatto riferibile alle opere di cantiere, la costruzione dell'impianto eolico è stata organizzata e suddivisa in 3 fasi:

- **Fase 1:** Costituzione di una centrale di betonaggio, con annessa area cantiere e stoccaggio materiali, definita **Area di cantiere principale** in prossimità dell'area riferita al punto di rilievo **L_B_3**, a poca distanza la Cava di inerti in Località Lu Rimedio, dove verrà installata anche la cabina di trasformazione;
- **Fase 2:** Preparazione delle **Aree di cantiere secondarie** e delle piazzole di stoccaggio e seguente montaggio riferite agli Aerogeneratori posti nelle vicinanze, tale attività di cui non è ancora disponibile un cronoprogramma definitivo, si suddividerà in 4 distinti blocchi come di seguito riportato:
 - **Blocco 1:** Aerogeneratori **L_01 e L_02**;
 - **Blocco 2:** Aerogeneratori **L_03, L_04, L_05 e L_06**;
 - **Blocco 3:** Aerogeneratori **L_07, L_08, L_09 e L_10**;
 - **Blocco 4:** Aerogeneratori **L_11, L_12, L_13 e L_14**;

- **Fase 3:** Dopo aver eseguito i cablaggi necessari al collegamento dell'impianto alla cabina di trasformazione, si procederà all'ultimo passo, procedendo all'allacciamento alla rete di distribuzione nazionale.

Le opere di scavo, perforazione, costituzione delle gabbie di armatura, realizzazione dei basamenti di fondazione, costruzione delle torri ed ultimazione degli Aerogeneratori, verranno eseguite in base al programma di lavori sopra riportato.

Di seguito verranno effettuati gli scavi per l'alloggiamento dei cavidotti elettrici e da ultimo verranno eseguiti gli allacciamenti alla sottostazione che verrà ricavata all'interno dell'area limitrofa alla Cava, in Località Lu Rimediù, da qui si procederà per circa 3 km fino ad innestarsi in prossimità della S.S. 133 di Palau.

Per eventuali ulteriori informazioni e dettagli si suggerisce di prendere visione di quanto inserito all'interno del *Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC)* contenuto nel *Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PTFE)*.

18.1.4 Punti di misura

I punti di rilevazione saranno stabiliti andando ad individuare uno o due ricettori posti in prossimità dei cantieri, in base alle 3 fasi del cronoprogramma di massima prima descritto.

Per ogni ricettore individuato verrà predisposto un punto di rilevazione fonometrica fisso, posizionato ad 1 m dalla facciata del ricettore o in caso non fosse concesso di accedere all'interno della proprietà, al confine tra la proprietà del ricettore e l'area di cantiere.

Le rilevazioni verranno effettuate in periodo diurno, privilegiando le giornate con lavorazioni potenzialmente maggiormente rumorose, per una durata tale da garantire l'intervallo temporale giornaliero dedicato alle opere di cantiere, rilevando il *Livello sonoro equivalente L_{Aeq}* e gli indici statistici percentili.

Al termine di ogni giornata di lavoro verrà effettuata la post-elaborazione dei dati in modo da monitorare eventuali superamenti e provvedere ad immediati interventi mitigativi, qualora ne sorgesse la necessità.

A conclusione delle opere di costruzione dell'intero parco eolico e dei relativi monitoraggi, verrà redatta una Relazione contenente i risultati di tutti i monitoraggi effettuati e tale documento verrà inviato agli Enti preposti.

Per quanto riguarda la determinazione del posizionamento dei punti di rilievo, si procederà con la seguente modalità:

Fase 1: Per quanto riguarda la costituzione dell'**Area di cantiere principale** in prossimità dell'area riferita al punto di rilievo **L_B_3**, a poca distanza la Cava di inerti in Località Lu Rimedio, verranno individuati i ricettori posti in vicinanza e precisamente i ricettori **R_5_1** ed **R_6_1**, evidenziati nella

mappa di seguito riportata, rappresentativa di tutte le postazioni degli Aerogeneratori e di tutti i ricettori.

Fase 2: Per quanto concerne l'attività di lunga durata di preparazione delle **Aree di cantiere secondarie** e delle piazzole di stoccaggio e seguente montaggio riferite agli Aerogeneratori posti nelle vicinanze, suddivise in 4 distinti blocchi come di seguito riportato:

- **Aerogeneratori L_01 e L_02;**
- **Aerogeneratori L_03, L_04, L_05 e L_06;**
- **Aerogeneratori L_07, L_08, L_09 e L_10;**
- **Aerogeneratori L_11, L_12, L_13 e L_14;**

verranno individuati i ricettori posti in vicinanza e precisamente:

- **Blocco 1:** ricettori R_1_2 e R_2_2 per gli Aerogeneratore L_01 e L_02
- **Blocco 2:** ricettori R_5_1, R_6_1 (già utilizzati per il monitoraggio dell'Area di cantiere principale) ed R_3_1 per gli Aerogeneratori L_03, L_04, L_05 e L_06
- **Blocco 3:** ricettori R_7_1, R_8_4, R_9_1 e R_10_1 per gli Aerogeneratore L_07, L_08, L_09 e L_10
- **Blocco 4:** ricettori R_10_1, R_12_3, R_13_1 e R_14_1 per gli Aerogeneratore L_11, L_12, L_13 e L_14

evidenziati nell'**Allegato 4** – Tavola 3 “*Mappa Piano di Monitoraggio Ambientale*”, rappresentativa di tutte le postazioni degli Aerogeneratori e di tutti i ricettori.

18.2 FASE DI ESERCIZIO (POST OPERAM)

La valutazione dell'impatto acustico prodotto dagli aerogeneratori verrà effettuata seguendo le “Norme tecniche per l'esecuzione delle misure” riportate all'Allegato 1 del Decreto Ministeriale 1 giugno 2022 “*Determinazione dei criteri per la misurazione del rumore emesso dagli impianti eolici e per il contenimento del relativo inquinamento acustico*”, pubblicato il 16 giugno 2022 sulla Gazzetta Ufficiale n. 139.

La strumentazione di misura per le rilevazioni acustiche sarà dotata di catene fonometriche conformi a quanto indicato dal D.M. 16/03/1998 ed a quanto riportato al punto 1 dell'Allegato 1 del DM 1 Giugno 2022; i dati meteorologici verranno rilevati da una centralina apposita, in grado consentire l'acquisizione dei parametri indicati al punto 2 dell'Allegato 1 del DM 1 Giugno 2022.

I parametri da acquisire con la strumentazione saranno per l'impatto acustico:

- Il Livello sonoro equivalente ponderato in curva A su base di campionamento 1 s (L_{Aeq})
- Il livello sonoro equivalente ponderato in curva A, considerando intervalli temporali di 10 minuti ($L_{Aeq,10\ min}$)

- Lo spettro sonoro del parametro $L_{Aeq,10\text{ min}}$ in bande di terzi d'ottava tra 20 Hz e 20000 Hz

Mentre per quanto riguarda i dati meteorologici:

- La media del modulo della velocità del vento considerando intervalli temporali di 10 minuti
- La direzione del vento considerando intervalli temporali di 10 minuti
- La presenza di eventi di precipitazioni su intervalli di 10 minuti
- La temperatura media su intervalli di 10 minuti

Le misure verranno effettuate posizionando i fonometri rilevatori ad 1 m di distanza dalla facciata dei ricettori o, qualora non fosse concesso l'accesso, al confine tra la proprietà del ricettore e l'area interessata dalla presenza dell'aerogeneratore e a 5 m di distanza da altre superfici riflettenti, alberi o altre sorgenti che potrebbero interferire con la misura.

L'altezza del microfono sarà di 4 m o comunque tale da garantire la reale o ipotizzata posizione del ricettore; per quanto invece riguarda la posizione della centralina meteo, questa sarà posizionata il più vicino possibile al microfono e ad un'altezza minima dal suolo di 3 m, come richiesta dal punto 4 dell'Allegato 1 del DM 1 Giugno 2022.

La procedura di misura seguirà le indicazioni riportate al punto 1 dell'Allegato 2 del DM 1 Giugno 2022, andando dapprima a rilevare il livello sonoro ambientale L_A , con la sorgente (aerogeneratore) in funzione, per un tempo di osservazione tale da garantire una corretta rappresentazione della variabilità dei parametri di vento-rumore tipici di queste sorgenti, per poi procedere allo spegnimento della sorgente per 24 ore ed alla seguente rilevazione del livello sonoro residuo L_R , in condizioni di velocità del vento tali da garantire, per almeno 12 ore, una velocità compresa tra quella minima di attivazione delle pale (cut-in) e quella massima di spegnimento delle stese per questioni di sicurezza (cut-off).

L'elaborazione dei dati ottenuti dalla compagna di misura, verrà effettuato seguendo quanto riportato al punto 2 dell'Allegato 2 del DM 1 Giugno 2022, andando ad eliminare tutti gli eventi anomali e/o accidentali e scartando anche tutti i periodi in cui non sono state soddisfatte le condizioni sopra esposte e considerando che la misura nel periodo di 10 minuti può essere ritenuta accettabile se la frazione di tempo per cui sono stati ottenuti risultati validi è maggiore al 50% del tempo complessivo ed inoltre che la misura deve sempre essere corredata anche dagli altri parametri necessari all'elaborazione ed ai raffronti.

I dati ricavati per il livello di rumore ambientale, rilevati separatamente per il periodo diurno e per quello notturno e per un tempo di osservazione di 7 giorni, per ogni postazione di misura, verranno riorganizzati in tabelle riassuntive che riportino oltre ai valori dei livelli sonori, anche la velocità media del vento a terra, la velocità media del vento al mozzo e la direzione prevalente del vento, per ogni aerogeneratore oggetto di indagine strumentale, in modo da disporre di 672 valori in riferimento al periodo diurno e altri 336 valori per quanto riguarda il periodo notturno.

I dati ricavati per il livello di rumore residuo, rilevati separatamente per il periodo diurno e per quello notturno e per un tempo di osservazione di 24 ore, per ogni postazione di misura, verranno riorganizzati in tabelle riassuntive che riportino oltre ai valori dei livelli sonori, anche la velocità media del vento a terra, la velocità media del vento al mozzo e la direzione prevalente del vento, per ogni aerogeneratore oggetto di indagine strumentale, in modo da disporre di 96 valori in riferimento al periodo diurno e altri 48 valori per quanto riguarda il periodo notturno.

Una volta ultimata l'inserimento dei dati nelle tabelle, sarà possibile procedere ad un riordino dei valori ottenuti secondo distinte classi di vento (da 0 a 1, da 1 a 2, da 2 a 3, da 3 a 4 e da 4 a 5 m/s), ed operando la media aritmetica dei valori $L_{Aeq,10\text{ min}}$ per le 5 classi di velocità del vento, al fine di ottenere un valore del Livello di rumore residuo L_R ($L_{Aeq,10\text{ min}}$ medio) per ogni periodo di riferimento e per ogni classe di velocità del vento.

Dai dati ottenuti sarà infine possibile ricavare il Livello di immissione specifico L_E , procedendo alla differenza energetica fra i singoli valori $L_{Aeq,10\text{ min}}$ del Livello di rumore ambientale e la media aritmetica della corrispondente classe di vento del Livello di rumore residuo, secondo la seguente formula:

$$L_E = 10 \cdot \log[10^{L_A/10} - 10^{(\text{media } L_R/10)}]$$

Una volta ottenuti i valori L_{Aeq} sui periodi di riferimento diurni $L_{Ed,i}$ e notturni $L_{En,j}$ (dove i e j stanno ad indicare la variabilità su più giorni) si prenderà il valore massimo e tale valore verrà confrontato con i limiti normativi.

18.2.1 Punti di misura

Per la determinazione dei punti misura, si procederà adottando un criterio cautelativo nei confronti dei ricettori più esposti, adottando come discriminate il *Livello Differenziale* maggiormente elevato tra tutti i ricettori censiti e già rappresentati in tabella e contributi grafici.

Di seguito si riporta per comodità, una tabella recante i ricettori oggetto dei rilievi strumentali, estratti dalla tabella ottenuta dalle elaborazioni effettuate con il modello di calcolo nello scenario *post operam*, riportata tra gli allegati a questa relazione.

Tabella 20 Elenco ricettori oggetto di monitoraggio

NOME	UTM x	UTM y	QUOTA	DIR.	Lim. (06-22)	Lim. (22-06)
R_1_2	32519672	4549336	133,75	SE	70	70
R_2_2	32519691	4550036	151,7	SE	70	70
R_3_1	32521735	4548607	141,7	SE	70	70
R_5_1	32521098	4546981	156,7	N	70	70
R_6_1	32522201	4546932	141,7	N	70	70
R_7_1	32523287	4547764	161,7	SW	70	70
R_8_4	32523390	4548213	129,17	W	70	70
R_9_1	32522941	4548360	161,52	N	70	70
R_10_1	32522989	4549535	131,64	S	70	70
R_12_3	32522846	4550095	126,7	SE	70	70
R_13_1	32524597	4551114	91,7	S	70	70
R_14_1	32523201	4550886	71,7	W	70	70

18.2.2 Cronoprogramma

Per quanto concerne la programmazione dei rilievi strumentali *post operam*, al fine di ridurre al massimo il potenziale impatto sulla produzione di energia, si ritiene opportuno fissare la sessione di rilievo dopo un primo periodo di messa in funzione a regime dell'impianto eolico, ipotizzando di concentrare l'attività di monitoraggio durante un fermo degli aerogeneratori per opere di manutenzione di almeno 24 ore.

Noto il giorno della manutenzione programmata, in cui verranno effettuati i rilievi del Livello di rumore residuo con le modalità previste dalla vigente normativa, sarà possibile effettuare i rilievi del Livello di rumore ambientale durante la settimana precedente o seguente la data della manutenzione, lasciando la possibilità di scegliere tra le due finestre possibili, quella dotata di previsioni meteo più stabili.

18.3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'esecuzione delle attività di monitoraggio e il necessario coordinamento delle diverse fasi si richiedono le figure professionali descritte di seguito.

SOGGETTO	RUOLO
Ing. Carlo Peruzzi	Responsabile del coordinamento del Gruppo di Lavoro
Ing. Giovanni Spellini	Responsabile componente Rumore
Ing. Cristiano Vassanelli	Collaboratore componente Rumore

Le campagne di rilevazioni saranno condotte da tecnici competenti in acustica che si avvarranno della seguente strumentazione.

L'indagine fonometrica verrà realizzata con un adeguato numero di catene strumentali parallele composte ciascuna di analizzatore in frequenza con relativo microfono munito di cuffia antivento - avente le caratteristiche stabilite dal DM 16.03.1998 (per il sistema di misura conformità alle norme EN 60652/1994 e EN 60804/1994 relativamente alla classe 1; per il microfono alle norme EN 61094-2/1993, EN 61094-3/1995 e EN 61094-4/1995; per i filtri alle norme EN 61260/1995 (IEC 1260) e EN 61094-1/1994). La calibrazione è stata eseguita con uno strumento conforme alle norme CEI 29-14 e IEC 942/1998. L'elaborazione delle misure eseguite è stata effettuata utilizzando i programmi direttamente acquisiti dai fornitori degli strumenti di misurazione ovvero fogli di calcolo.

In concomitanza con le rilevazioni fonometriche ed in prossimità dei microfoni, verranno acquisiti dati meteorologici da stazioni portatili da campo.

Verranno utilizzate n. 2 stazioni automatiche per la rilevazione della velocità e direzione del vento (PCE FWS 20 e Ecowitt GW1101). Le stazioni hanno avuto lo scopo di correlare sperimentalmente il livello di rumore residuo con la velocità del vento a terra. I dati di direzione e velocità del vento sono stati acquisiti con intervalli temporali di 10 minuti.

19 COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO

Lo studio di impatto acustico ha valutato l'incidenza sulla componente fisica **Rumore** del progetto di installazione, utilizzo e dismissione di un nuovo parco eolico da realizzarsi nel Comune di Luogosanto.

L'area oggetto dell'intervento è sita in un'area collinare ubicata a Sud dell'abitato di Bassacutena.

La valutazione acustica è stata effettuata recuperando i dati territoriali e meteorologici della zona di riferimento. Il Comune di Luogosanto non risulta abbia approvato il Piano di Zonizzazione Acustica. Sono stati dunque identificati i ricettori potenzialmente più disturbati presso cui valgono i limiti previsti per tutto il territorio nazionale definiti nel DPCM 1 marzo 1991 e pari rispettivamente a 70 e 60 dB per il periodo diurno e notturno.

Il parco eolico si prevede abbia una vita operativa di **25 anni** e sarà programmato con differenti "modi" per il periodo diurno e notturno e in funzione della velocità del vento alla navetta così da minimizzare il disturbo arrecato alla popolazione residente e alla fauna.

Sono stati effettuati numerosi rilievi fonometrici per la caratterizzazione del rumore residuo in corrispondenza delle infrastrutture stradali e presso alcuni ricettori. L'indagine acustica è stata condotta durante la stagione estiva e risente gravemente della presenza di rumore faunistico (cicale e grilli).

Nel dominio di calcolo sono presenti altri impianti eolici ma che sono stati considerati ininfluenti rispetto alla componente acustica dell'inquinamento.

Le sorgenti di rumore (pale eoliche) sono state caratterizzate a partire dai dati forniti dal progettista e produttore. Il calcolo previsionale è stato eseguito in conformità alla norma tecnica ISO 9613-2 e tramite il modello Nord2000 mediante il software di calcolo SoundPlan 9.

Recependo il recente DM 16 Giugno 2022, sono stati sviluppati numerosi scenari di esercizio con differenti condizioni di vento e valutati i limiti diurni e notturni per ogni situazione in modo da poter escludere con ragionevole certezza il superamento dei limiti.

I risultati ottenuti dimostrano la compatibilità dell'opera rispetto ai limiti assoluti presso tutti i ricettori identificati.

Per quanto riguarda il criterio differenziale, nella maggior parte dei casi non si raggiunge la soglia di applicabilità così come previsto dall'art. 4 comma 2 del D.P.C.M. 14/11/97.

In conclusione, il presente studio mostra che, rispettando le modalità operative previste dal progetto, il nuovo parco eolico non determinerà incrementi alla componente acustica dell'inquinamento tali da mutare sostanzialmente l'ambiente circostante.

Il Giudizio che emerge dalla valutazione dell'impatto è **POCO SIGNIFICATIVO**.

20 ELENCO DEGLI ALLEGATI

- 20.1 ALLEGATO 1. SCHEDE MISURE FONOMETRICHE, ATTESTATI E CERTIFICATI**
- 20.2 ALLEGATO 2. TAVOLA 1: MAPPA RICETTORI**
- 20.3 ALLEGATO 3. TAVOLA 2: MAPPA RILIEVI FONOMETRICI**
- 20.4 ALLEGATO 4. TAVOLA 3: MAPPA PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE**
- 20.5 ALLEGATO 5. TAVOLA 4: SCENARI STATO DI FATTO - MAPPE DIURNE**
- 20.6 ALLEGATO 6: TAVOLA 5: SCENARI STATO DI FATTO - MAPPE NOTTURNE**
- 20.7 ALLEGATO 7: TAVOLA 6: SCENARI STATO DI PROGETTO - MAPPE DIURNE**
- 20.8 ALLEGATO 8: TAVOLA 7: SCENARI STATO DI PROGETTO - MAPPE NOTTURNE**