

Comune di: BERCHIDDA

Provincia di: SASSARI

Regione: SARDEGNA



Provincia di Sassari



Regione Autonoma
della Sardegna



PROPONENTE



OPERA

PROGETTO IMPIANTO EOLICO DI BERCHIDDA

OGGETTO

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE TECNICA DI IMPATTO AUSTICO PREVISIONALE

DATA: GIUGNO 2023

N°/CODICE ELABORATO

SCALA:

SI

Folder:

Tipologia: R

Lingua: ITALIANO

N° REVISIONE

DATA

OGGETTO DELLA REVISIONE

ELABORAZIONE. D. PISU

Regione Autonoma della Sardegna



PROVINCIA DI SASSARI



COMUNE DI BERCHIDDA



IVPC POWER

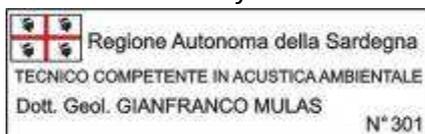


PROGETTO DEFINITIVO
PARCO EOLICO "BERCHIDDA"

STUDIO DI V.I.A.A.
VALUTAZIONE IMPATTO ACUSTICO AMBIENTALE
PREVISIONALE

Committente: IVPC Power
Opera: Impianto eolico 5 WPT 5MW
Ubicazione: Berchidda
Data: Ottobre 2023

Il Tecnico abilitato
Dott. Geol. Gianfranco Mulas





PREMESSA e LAVORI IN PROGETTO

Il presente elaborato viene esteso dallo scrivente, geologo Gianfranco Mulas, in qualità di esperto in materia di acustica ambientale, su incarico della società IVPC Power 8, nell'ambito della progettazione dei lavori necessari per realizzazione di un parco eolico che sarà composto da 5 aerogeneratori, ciascuno con una potenza di 5.6 MW, da porre in essere negli agri di Berchidda, in provincia di Sassari, ed ha lo scopo di fornire una valutazione preventiva degli effetti che l'attuazione dell'intervento proposto avrà sul clima acustico locale.

Di fatto si intende verificare la conformità del progetto con la normativa vigente, nazionale e regionale, ovvero alle nuove linee guida nazionali per lo svolgimento del procedimento di autorizzazione unica, di cui al comma 3 dell'art.12 del D.LGS. 29 Dicembre 2003 n° 387, in merito all'installazione ed al corretto inserimento sul territorio di impianti per la produzione di energia da fonte rinnovabile.

In particolare è richiesto: "la relazione di previsione di impatto acustico ai sensi della L.447/95, DPCM 14/11/97, DPCM01/03/91, a firma di tecnico abilitato, riportante le caratteristiche tecniche delle sorgenti sonore nell'area di progetto, l'individuazione dei recettori sensibili, le misure di fondo acustico ante operam dell'area e rispetto ai recettori sensibili, il calcolo previsionale di impatto acustico con verifica dei valori assoluti (emissione/immissione) alla sorgente e presso i recettori, nonché la verifica del criterio differenziale presso i recettori sensibili".

Nello specifico, per definire correttamente il rumore residuo, la stima previsionale ha comportato l'esecuzione di una serie di misurazioni del clima acustico nello status ante operam, considerando anche l'effetto del vento che però, è stato valutato sulla base di risultati bibliografici e, in particolare, è stato considerata valida la proposta elaborata dall'ISPRA.

Il valore residuo ricavato è stato utilizzato anche per definire l'entità del differenziale presso i recettori.

A tale proposito si significa che tutte le sei installazioni ricadono in siti comprese nella zona agricola dell'agro comunale di Bessude, e nel loro intorno immediato sono del tutto assenti edifici a destinazione abitativa, anche solo temporanea, e i soli fabbricati presenti sono costituiti da edifici rurali con destinazione di uso per lo più riconducibile a depositi agricoli, a stalle e fienili, o a strutture equivalenti.

Gli edifici a destinazione residenziale più prossimi sono quelli localizzati nella periferia nordorientale dell'abitato di Berchidda, a distanza poco superiore a otto chilometri dal generatore n° 1, e quelli posti nella periferia occidentale del paese di Monti, a circa sette chilometri dal generatore n° 3.

E' evidente che queste distanze precludono assolutamente la possibilità che il disturbo acustico prodotto dalle torri eoliche in esame possa, in alcun modo, superare i limiti massimi previsti dalla norma vigente, anche in condizioni di propagazione estremamente svantaggiose.



Tutti gli edifici presenti nell'ambito esaminato sono rappresentati da manufatti rurali a destinazione principalmente agricola, e sono posti a distanze sempre superiori a 480 metri rispetto all'aerogeneratore più prossimo, distanza che intercorre tra la torre eolica n°5 e un edificio utilizzato come stalla, fienile e ricovero attrezzature agricole, identificato come recettore n° 1, mentre un manufatto poco distante, posto a 700 metri rispetto allo stesso generatore, presenta caratteristiche di una casa colonica che consente la permanenza ed il pernottamento, anche prolungato.

A questo recettore è stato assegnato il n° 2.

A favore della sicurezza, tutte le considerazioni e le valutazioni su cui si basa il presente studio sono sviluppate in riferimento al recettore n° 1 in quanto quello più prossimo, e quindi più facilmente suscettibile di inquinamento acustico, anche se lo stesso non può essere considerato un recettore sensibile ai sensi della normativa vigente, non possedendo alcuna caratteristica specifica per poter essere considerato un ambiente abitativo.



DEFINIZIONI

Di seguito si fornisce una spiegazione sintetica delle definizioni tecniche principali riportate nello studio:

Sorgente sonora: elemento generatore di rumore chiaramente ed univocamente identificabile che costituisce causa di potenziale inquinamento acustico.

Tempo di riferimento (TR): è la fascia oraria della giornata in cui la sorgente sonora è attiva. Le fasce giornaliere sono due : quella diurna compresa tra le ore 06:00 e le ore 22:00 e quella notturna compresa tra le ore 22:00 e le ore 06:00.

Tempo di osservazione (TO): è un periodo di tempo compreso in TR nel quale si verificano le attività di produzione di rumore oggetto di valutazione.

Tempo di misura (TM): si intende ciascun singolo intervallo temporale in cui si opera ogni misura della grandezza sonora, ed è compreso all'interno di ciascun tempo di osservazione, di durata pari o minore dello stesso in funzione delle caratteristiche di variabilità del rumore ed in modo tale che la misura sia rappresentativa del fenomeno.

Livello di rumore ambientale (LA): è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un tempo ben definito. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti inquinanti, con l'esclusione degli eventi sonori, singolarmente identificabili, di natura eccezionale rispetto al valore ambientale della zona. È il livello che si confronta con i limiti massimi di esposizione:

- 1) nel caso dei limiti differenziali, e riferito a **TM**
- 2) nel caso di limiti assoluti e riferito a **TR**

Livello di rumore residuo (LR): è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", misurato quando si esclude la specifica sorgente disturbante. Deve essere misurato con le identiche modalità adottate per la misura del rumore ambientale e non deve essere influenzato da eventi sonori atipici

Livello differenziale di rumore (LD): rappresenta la differenza tra livello di rumore ambientale (LA) e quello di rumore residuo (LR):

$$L_D = (L_A - L_R)$$

Livello di emissione: è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", dovuto alla sorgente specifica. È il valore che si pone a confronto con i limiti di emissione.

Livello di rumore corretto (LC): è definito dalla relazione

$$L_C = L_A + K_1 + K_T + K_B$$



In modo particolare in questa fase previsionale di stima lo studio intende valutare i valori caratteristici di tre parametri fondamentali individuati dalla normativa, le emissioni, le immissioni ed i differenziali.

- A) Valore limite di emissione: si intende con questo termine il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente e in corrispondenza degli spazi contigui, riferendoli a quelli massimi ammissibili, variabili in funzione della classificazione del territorio comunale. Il DPCM 14 novembre 1997 fissa valori limite di emissione correlati alla zonizzazione acustica del territorio; tali limiti, per le sorgenti fisse, di cui all'art.2, comma 1, lett.c), della legge quadro 447/95, sono provvisori, qualora non sia stata emanata la specifica norma UNI sulla quale basare le metodologie per la caratterizzazione dell'emissione sonora, mentre le sorgenti mobili e componenti di sorgenti fisse convivono con i limiti stabiliti dai regolamenti di omologazione e certificazione, dove questi sono previsti. Al comma 3 dell'art.2 il Decreto prevede che i rilevamenti e le verifiche siano effettuati in corrispondenza degli spazi utilizzati da persone e comunità.
- B) Valore limite assoluto di immissione: è il limite di zona, riferito all'ambiente esterno in prossimità del ricettore; esso è definito all'art.2, comma 1, lettera f), comma 2 e comma 3, lettera a) della Legge n° 447/95 e all'art. 3 del D.P.C.M. 14 Novembre 1997 ed indicato alla Tabella C dell'Allegato al DPCM medesimo; è riferito al rumore immesso nell'ambiente esterno dall'insieme di tutte le sorgenti ad eccezione delle infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime e aeroportuali.
- C) Valore limite differenziale di immissione: viene determinato calcolando la differenza tra il livello del rumore ambientale e il livello del rumore residuo, ed è definito dall'art. 4 del DPCM 14 Novembre 1997. Sono ammessi, all'interno degli ambienti abitativi, incrementi del rumore residuo rispettivamente di 5 dBA nel periodo diurno e 3 dBA nel periodo notturno. Il limite differenziale non si applica nelle aree esclusivamente industriali, ed in tutti i casi non si applica quando il livello di rumore ambientale misurato in periodo diurno è inferiore a 50 dBA a finestre aperte e 35 dBA a finestre chiuse, ovvero in periodo notturno quando il livello di rumore ambientale è inferiore a 40 dBA misurato a finestre aperte e 25 dBA a finestre chiuse. Tali limiti non trovano applicazione per la rumorosità prodotta dalle infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime, o da attività e comportamenti non connessi ad esigenze produttive, commerciali e professionali, o da servizi e impianti fissi dell'edificio, adibiti ad uso comune, limitatamente al disturbo provocato all'interno dell'edificio stesso. Nel caso in esame pertanto, ai sensi dell'art.4, comma 2 del D.P.C.M. 14/11/97, il valore limite differenziale di immissione non in quanto il valore del rumore ambientale, o rumore residuo, come misurato nei siti di installazione delle torri eoliche, è nettamente inferiore a 40 dB(A), sia in periodo notturno che in periodo diurno.



NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le valutazioni di carattere acustico si basano fondamentalmente sui criteri stabiliti dalle Linee Guida emanate dalla Regione Autonoma Sardegna con Deliberazione R.A.S. n. 62/9 del 14/11/2008, "Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale", in accordo con le disposizioni della Legge 447/1995 "Legge Quadro sull'inquinamento acustico", art.8 com.5.

Altre norme specifiche di cui si è tenuto conto sono:

La normativa di riferimento posta alla base dello studio è la seguente:

- *D.P.C.M. 1 marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno";*
- *Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico";*
- *D.M. 11/12/96 "Applicazione del criterio differenziale per gli Impianti a ciclo produttivo continuo". Poiché il parco eolico in progetto è un impianto con funzionamento a ciclo continuo, che si può fermare soltanto per condizioni di calma di vento con $V < 2$ m/s o per venti eccezionali con $V > 25$ m/s, rientra nell'ambito del Decreto del Ministero dell'Ambiente del 11/12/1996 in merito alla "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo" che attua il disposto dell'art.15 com.4 della legge n. 447/1995. L'art.3 com.1 stabilisce che gli impianti a ciclo produttivo continuo ubicati in zone non esclusivamente industriali (o in zone esclusivamente industriali ma che producano effetti acustici in zona diversa da quella esclusivamente industriale), oltre all'obbligo del rispetto del valore limite di zona per LAeq,TR, devono anche rispettare il criterio del limite differenziale negli ambienti abitativi (ex art.2 com.2 del DPCM 01/03/1991 e art.4 del DPCM 14/11/1997);*
- *D.P.C.M. 14/11/1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore" ;*
- *D.M. 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico";*
- *Deliberazione G.R.A.S. n. 28/56 del 26/07/2007 - Linee guida per gli impianti eolici "Studio per l'individuazione delle aree in cui ubicare gli impianti eolici (art.112 delle NTA del PPR – art.18, com.1, L.R. 29/05/2007, n.2);*
- *UNI/TS 11143-7 "Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti. Parte 7: Rumore degli aerogeneratori";*
- *L.R. n. 3/2002 "Norme di indirizzo per il contenimento e la riduzione dell'inquinamento acustico";*

Il DPCM 1/3/91 costituisce la prima normativa italiana di tutela della popolazione dall'inquinamento acustico e in esso si definisce rumore "qualunque emissione sonora che provochi sull'uomo effetti



indesiderati, disturbanti o dannosi o che determini un qualsiasi deterioramento qualitativo dell'ambiente".

Per tale motivo opera una "classificazione in zone ai fini della determinazione di limiti massimi dei livelli sonori equivalenti fissati in relazione alla diversa destinazione d'uso", cioè una suddivisione dei territori comunali in sei tipologie di zone cui vengono attribuiti valori massimi di livello equivalente di rumore, diversificati per il periodo di riferimento diurno e quello notturno.

Il periodo diurno è quello compreso tra le h 6,00 e le h 22,00, mentre il periodo notturno è compreso tra le h 22,00 e le h 6,00.

- Il DM 11/12/96 dispone l'applicabilità o meno del criterio differenziale in presenza di sorgenti a ciclo produttivo continuo. Il decreto definisce così un impianto a ciclo produttivo continuo: a) quello di cui non è possibile interrompere l'attività senza provocare danni all'impianto stesso, pericolo di incidenti o alterazioni del prodotto o per necessità di continuità finalizzata a garantire l'erogazione di un servizio pubblico essenziale; b) quello il cui esercizio è regolato da contratti collettivi nazionali di lavoro o da norme di legge, sulle 24 ore per cicli settimanali, fatte salve le esigenze di manutenzione. Il decreto stabilisce due casi per l'applicabilità del criterio differenziale: 1. gli impianti a ciclo produttivo continuo esistenti alla data di entrata in vigore dello stesso decreto sono soggetti all'applicazione del differenziale quando non sono rispettati i valori assoluti di immissione 2. gli impianti a ciclo produttivo continuo realizzati dopo l'entrata in vigore del decreto sono sempre soggetti all'applicazione del criterio differenziale

- La L.Q. n°447/95 "legge quadro sull'inquinamento acustico" stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico. In particolare l'art. 8 fissa le disposizioni in materia di impatto acustico ed i casi in cui debba essere predisposta una documentazione di impatto acustico. Su richiesta dei Comuni, i soggetti titolari dei progetti o delle opere predispongono una documentazione di impatto acustico relativa alla realizzazione, modifica o potenziamento delle seguenti opere: a) aeroporti, avio superfici, eliporti; b) strade di tipo A (autostrade), B (strade extraurbane principali), C (strade extraurbane secondarie), D (strade urbane di scorrimento), E (strade urbane di quartiere), F (strade locali) secondo la classificazione di cui al D.L. 30/04/1992 n. 285 e successive modificazioni; c) discoteche d) circoli privati e pubblici esercizi ove sono installati macchinari o impianti rumorosi; e) impianti sportivi e ricreativi; f) ferrovie ed altri sistemi di trasporto collettivo su rotaia. Lo stesso art. 8 prevede inoltre che la documentazione di impatto acustico accompagni le domande per il rilascio delle concessioni edilizie, dei provvedimenti comunali di abilitazione all'uso degli immobili ed infrastrutture, della licenza o autorizzazione all'esercizio relative a nuovi impianti e infrastrutture adibiti ad attività produttive, sportive, ricreative e postazioni di servizi commerciali polifunzionali.



- Il D.P.C.M. 14/11/97, in attuazione della L.Q. 447/95, fissa i valori limite di emissione ed immissione, riferiti alle sei classi di destinazione d'uso del territorio. Il valore di emissione è riferito al livello di rumorosità prodotto dalla specifica sorgente disturbante, ossia dalla sorgente sonora selettivamente identificabile che costituisce la causa del potenziale inquinamento acustico. Tale valore è misurato in corrispondenza degli spazi utilizzati da persone e comunità. Infatti, la normativa in materia di inquinamento acustico rappresenta una norma di tutela del disturbato e, pertanto, le verifiche circa il rispetto dei valori limite indicati dalla norma sono effettuate nei pressi dei ricettori esposti (abitazioni). In altre parole, le sorgenti sonore devono rispettare i limiti previsti per le zone limitrofe nelle quali l'attività dispiega i propri effetti. Ad esempio, un'attività inserita in zona industriale che confina con alcuni edifici dovrà rispettare i limiti di emissione propri delle aree vicine, ove sono ubicati gli edifici, nonché i limiti differenziali di immissione di seguito descritti.

Il valore di immissione è riferito al rumore immesso nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno dall'insieme di tutte le sorgenti presenti in un determinato luogo. Anche in questo caso il valore deve essere misurato in prossimità dei ricettori. L'insieme delle sorgenti sonore deve rispettare i limiti di immissione previsti dalla classificazione acustica del territorio, per le aree ove sono ubicati i ricettori.

Per quanto riguarda le infrastrutture di trasporto, è bene precisare che queste sorgenti non sono assoggettate al rispetto dei limiti di emissione e di immissione, poiché il decreto stabilisce delle fasce di pertinenza per le strade, per le ferrovie, nonché per gli aeroporti, demandando a specifici decreti la fissazione della larghezza delle fasce di pertinenza e dei relativi limiti massimi.

Le zone del territorio vengono classificate in virtù del tipo di uso prevalente cui sono sottoposte, oppure in funzione della presenza di elementi particolarmente sensibili dal punto di vista acustico, cioè manufatti o attività che risentono in maniera particolarmente rilevante della produzione di disturbi acustici anche non particolarmente rilevanti, e per ogni classe sono definiti dei parametri acustici di riferimento, come illustrato nella tabella sottostante:

CLASSIFICAZIONE	
Classi di destinazione d'uso del territorio	
I	Aree particolarmente protette
II	Aree prevalentemente residenziali
III	Aree di tipo misto
IV	Aree ad intensa attività umana
V	Aree prevalentemente industriali
VI	Aree esclusivamente industriali



CLASSE I - aree particolarmente protette: vi rientrano le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.

CLASSE II - aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: vi rientrano le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali.

CLASSE III - aree di tipo misto: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.

CLASSE IV - aree di intensa attività umana: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie.

CLASSE V - aree prevalentemente industriali: rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.

CLASSE VI - aree esclusivamente industriali: rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

La tabella che segue riporta i limiti normativi caratteristici delle sei classi acustiche, sia in periodo diurno che in periodo notturno e, oltre ai limiti di emissione ed immissione, include anche quello di qualità ma, soprattutto, quello di attenzione riferita al periodo di disturbo continuato a pressione acustica costante per un'intera ora, soglia oltre la quale il disturbo assume carattere di fastidio fisico rilevante.

D.P.C.M. 14 Novembre 1997								
	Art.2 Tabella B		Art.3 Tabella C		Art.7 Tabella D		Art.6 (comma 1, lett.	
	Valori limite di emissione (dBA)		Valori limite assoluti di immissione (dBA)		Valori di qualità (dBA)		Valori di attenzione* riferiti 1h (dBA)	
Classe	diurno	notturno	diurno	notturno	diurno	notturno	diurno	notturno
I	45	35	50	40	47	37	60	45
II	50	40	55	45	52	42	65	50
III	55	45	60	50	57	47	70	55
IV	60	50	65	55	62	52	75	60
V	65	55	70	60	67	57	80	65
VI	65	65	70	70	70	70	80	75



Nel caso di specie, considerando la bassa presenza di edifici, peraltro non a chiara destinazione residenziale, l'assenza di attività industriali, commerciali o artigianali, ma anche di recettori particolarmente sensibili quali scuole, ospedali, l'area di progetto può essere ricondotta alla classe III, quella delle aree di tipo misto, per cui valgono i limiti seguenti:

Classe	Valori limite di emissione (dBA)		Valori limite assoluti di immissione (dBA)		Valori di qualità (dBA)		Valori di attenzione* riferiti 1h (dBA)	
	diurno	notturno	diurno	notturno	diurno	notturno	diurno	notturno
III	55	45	60	50	57	47	70	55

La valutazione di impatto acustico deve tener conto, durante il normale funzionamento degli impianti che producono il rumore disturbante, oltre che dei limiti massimi in assoluto, anche del limite differenziale di immissione da rispettare all'interno degli ambienti abitativi. E' definito come differenza tra il livello equivalente continuo ponderato A rilevato con la sorgente di rumore attiva (rumore ambientale) ed il livello equivalente continuo ponderato A rilevato con la sorgente di rumore non operativa (rumore residuo).

Il microfono deve essere posto ad un metro della finestra aperta e chiusa, individuando la situazione meno favorevole. Il valore massimo tollerato è pari a 5 dB nel periodo diurno se vengano superati i limiti di 50 dB(A) a finestre aperte o 35 dB(A) a finestre chiuse, e a 3 dB nel periodo notturno se vengano superati i limiti di 40 dB(A) a finestre aperte o 25 dB(A) a finestre chiuse. Nella misura a finestre chiuse, il microfono deve essere posto nel punto in cui si rileva il maggior livello della pressione acustica.

Si definisce Livello di rumore ambientale – La il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A" prodotto da tutte le sorgenti di rumore in un dato luogo e durante un determinato periodo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalla specifiche sorgenti disturbanti.

Si definisce Livello di rumore residuo – Lr il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A" che si rileva quando si escludono le specifiche sorgenti disturbanti.

Il D.P.C.M. 1/3/1991 (art. 2) e il D.P.C.M. 14/11/1997 (art. 4) stabiliscono che il criterio differenziale non si applica (e quindi il rumore è da ritenersi trascurabile) se: il disturbato ricade in zone esclusivamente industriali; il rumore misurato a finestre aperte è inferiore a 50 dB durante il periodo diurno e 40 dB durante il periodo notturno; il rumore misurato a finestre chiuse è inferiore a 35 dB durante il periodo diurno e 25 dB durante il periodo notturno.

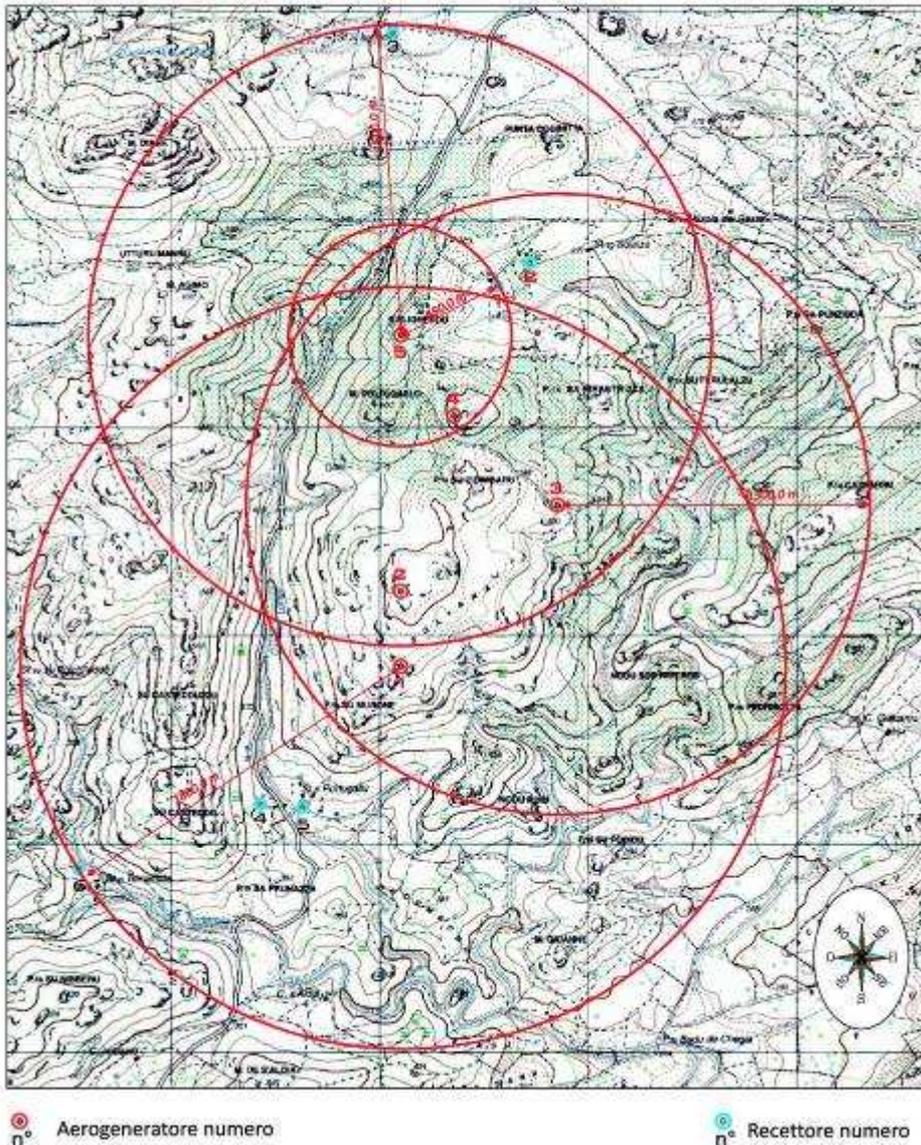
La UNI/TS 11143-7 definisce il metodo per la stima dell'impatto acustico e del clima acustico, applicabile sia a singoli aerogeneratori con potenza pari ad almeno 500KW, che a parchi eolici con più generatori e può essere utilizzata sia per le valutazioni "ante operam" sia per valutazioni "post operam".



UBICAZIONE DEI RICETTORI E DEI PUNTI DI IMPIANTO

Il campo eolico in progetto, come detto, è ubicato in agro di Berchidda, poco più di otto chilometri a NE dell'abitato e a ovest del paese di Monti, da cui dista oltre sette chilometri, e insiste sulla sommità spianata ma abbastanza articolata di un altopiano granito ide allungato secondo la direzione NE-SO

INQUADRAMENTO
SU STRALCIO CARTA I.G.M.I.
SCALA 1 : 25.000



che rappresenta la direttrice tettonica principale a livello locale, così come definita dalla faglia che delimita verso O e NO il massiccio allungato come una piccola catena, del monte su Tidimbaru.

Mentre il versante orientale del monte degrada con una certa continuità e con pendenze moderate, quello occidentale è molto più netto ed acclive, poichè interessato da processi erosivi più profondi.

Quasi tutti generatori sono localizzati per lo più ai margini esterni

dell'altopiano, dove è massima l'esposizione ai venti ed alle correnti locali.

Più avanti vengono riportati gli stralci cartografici di inquadramento dei punti di installazione delle cinque torri, sia sulla tavoletta IGM in scala 1:25.000, sia sulla CTR in scala 1:10.000, ma anche su fotografie satellitari fuori scala, con indicazione degli edifici presenti in un buffer di oltre 1500 metri da



ciascuna delle turbine, tutti numerati, distinguendo tra edifici da considerarsi come “recettori” e fabbricati che invece non assumono rilevanza dal punto di vista acustico.

La rilevanza o meno da considerarsi ai fini della verifica del rispetto dei limiti di legge di ciascun edificio, è definita nella tabella sottostante in cui si indicano i caratteri salienti di ciascun manufatto.

A tale proposito si ribadisce quanto già esposto precedentemente precisando che, poichè il campo eolico è ubicato interamente in agro, i pochi edifici presenti in un raggio di due chilometri da tutti i siti di installazione, singoli o in piccoli gruppi poco estesi, complessivamente sei, in effetti ricadono in aree totalmente o quasi del tutto inabitate, ricadenti nella classe acustica III.

Recettore n°	Tipologia uso	Rilevanza	Coord. Est 33 Wgs84	Coord. Nord 33 Wgs84	Quota m.s.l.m.	Distanza m.
1	Stalla-Fienile	No	15 21 485	45 21 519	539	488 da WGT 05
2	Casa colonica deposito	Si	15 21 619	45 21 630	535	701 da WGT 05
3	Casa colonica stazzo	Si	15 20 908	45 22 781	503	1505 da WGT 05
4	Casa colonica	Si	15 20 431	45 19 969	349	959 da WGT 01
5	Stalla	No	15 20 629	45 18 964	348	837 da WGT 01
6	Casa colonica stazzo	Si	15 19 573	45 18 614	366	1800 da WGT 01

Nei casi più rilevanti, cioè per i recettori n°3 e n°6, distanti rispettivamente 1500 e 1800 metri dalla più vicina torre eolica, si tratta di tipici stazzi, cioè un piccolo gruppo di edifici composti da una abitazione di tipo residenziale, e da alcuni fabbricati circostanti ad utilizzo prettamente agropastorale.

In entrambe i casi si adottano i limiti acustici caratteristici della classe III, per cui si assumono i valori :

Classe	Art.2 Tabella		Art.3 Tabella		Art.7 Tabella		Art.6 (comma 1, lett.)	
	diurno	notturno	diurno	notturno	diurno	notturno	diurno	notturno
III	50	40	55	45	52	42	65	50



Le aree a maggiore densità di popolazione sono rappresentate dalla periferia urbana di Berchidda, rispetto alla quale il più vicino generatore dista oltre 8000 metri, e le case residenziali estreme dell'abitato di

Monti, che sono poste sempre almeno a quasi 7000 metri dalla turbina più vicina.

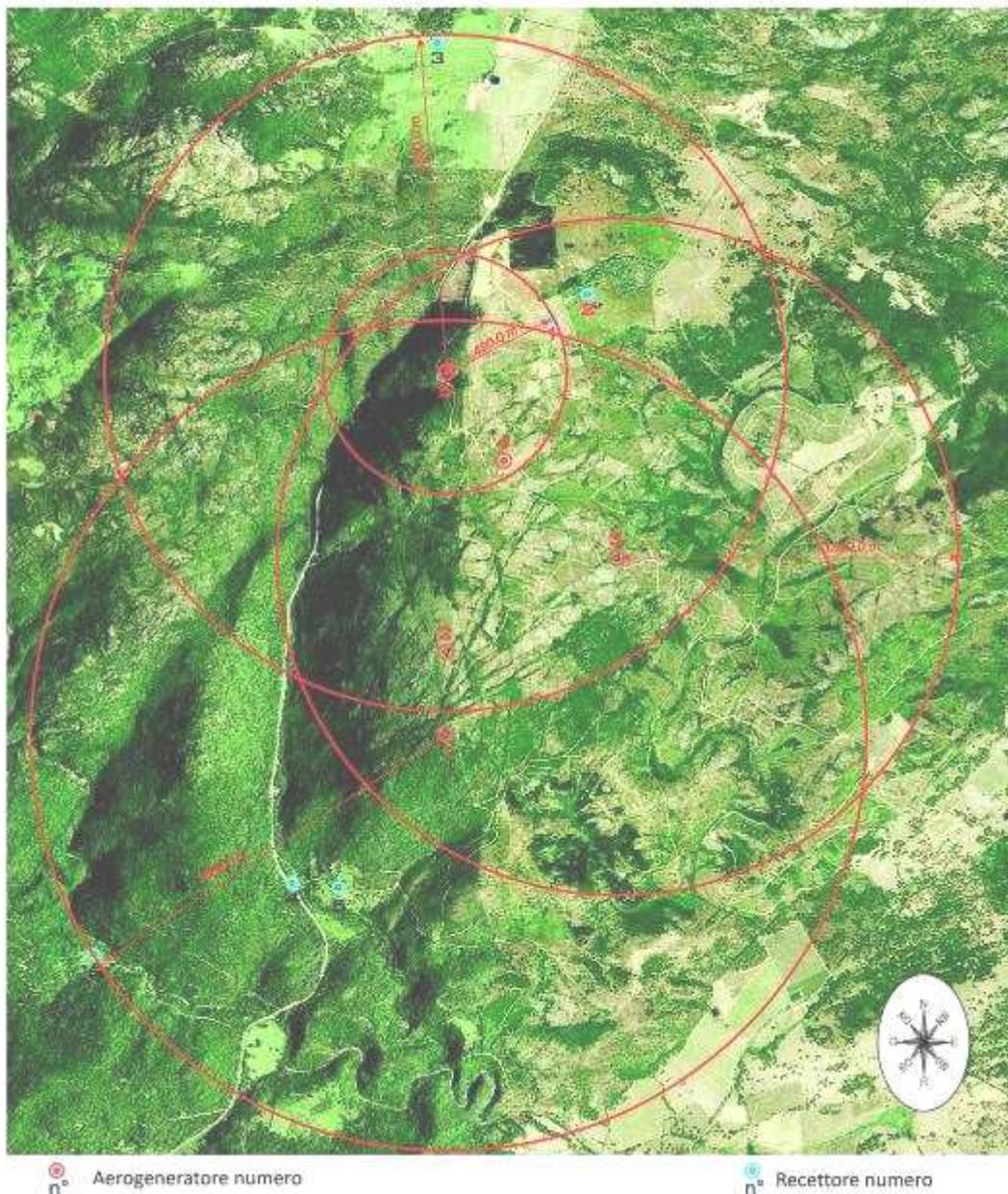
Per individuare gli edifici da considerare come ricettori è stata valutata, attraverso verifica diretta in sito per riscontro con gli effettivi utilizzatori, la reale frequentazione continuativa per un periodo complessivo quotidiano superiore a quattro ore

nell'arco dell'intera giornata.

Tale condizione è stata valutata anche per brevi lassi di tempo di particolare frequentazione dei fondi agricoli, quali i periodi di semina e di raccolta o, comunque, durante i quali si svolgono attività lavorative e non solo la permanenza residenziale

Tra tutti gli edifici, quelli da poter considerare realmente come possibili ricettori dal punto di vista acustico, sono quelli che potenzialmente possono realmente essere considerati abitabili, in quanto

**INQUADRAMENTO
SU FOTOGRAFIA SATELLITARE
FUORI SCALA**



n° Aerogeneratore numero

n° Recettore numero



Di questi oltre la metà presentano tale caratteristica potenziale ma, nella pratica concreta, uno solo appare essere è utilizzato come residenza a titolo principale, cioè il n° 4, mentre per tutti gli altri suscettibili di un uso abitativo potenziale, è evidente una frequentazione periodica temporanea ma abbastanza prolungata nell'arco della giornata.

Gli altri due manufatti individuati come recettori a bassa sensibilità, così come per altri edifici compresi nei piccoli agglomerati che includono i recettori più rilevanti, gli stazzi, fungono da vani appoggio per le attività agropastorali riconducibili, prevalentemente ad allevamento in forma estensiva, molto meno di tipo intensivo, ed in un caso, riferibili ad un utilizzo agrario vero e proprio.

Come è stato possibile riscontrare dalle verifiche in situ, è evidente che circa la metà dei fabbricati presenti nell'area esaminata, di cui sono stati rilevati solo quelli chiaramente funzionali all'esercizio di un utilizzo mentre sono stati tralasciati quelli in condizione di assoluta precarietà statica o a carattere di temporaneità occasionale, quali baracche e ruderi, quand'anche usati come deposito o riparo casuale, non assuma alcuna rilevanza dal punto di vista acustico.

Il più prossimo manufatto da considerarsi dotato di rilevanza acustica è il recettore n° 2, distante 701 metri dalla torre n° 5 e rappresentato da una casa colonica con annesso deposito attrezzi e ricovero, di dimensioni medie, in grado di consentire un eventuale permanenza prolungata e pernottamento, che però viene esercitata solo in condizioni straordinarie

Il suo utilizzo quale residenza occasionale e temporanea è evidenziato dallo stato di finitura e di manutenzione avanzata del manufatto.

Questo è il recettore dovrebbe essere quello da considerarsi come dotato della maggiore vulnerabilità acustica, in quanto dotato delle caratteristiche generali dell'ambiente abitativo ma, come accennato sopra, vista la maggiore distanza dalla sorgente sonora rispetto al recettore n° 1, è quest'ultimo che viene sottoposto all'esame ed alle valutazioni tecniche ed acustiche di dettaglio .



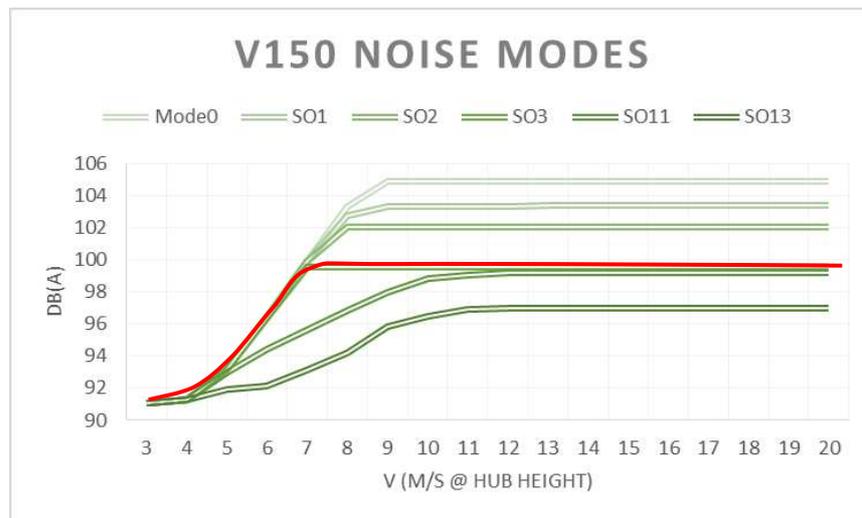
Tutti i generatori proposti presentano identiche caratteristiche tecniche e modalità di installazione.



Si tratta di generatori eolici prodotti dalla Vestas nel modello EnVentus V 150 – 5.0 MW, turbine a vento ad asse orizzontale con passo variabile con rotore a tre pale ed imbardata attiva.

Il rotore ha un diametro di 150 metri, mentre l'asse di rotazione orizzontale è posto alla quota di 105 metri dal piano di appoggio, con livello di potenza di 5.6 MW.

I valori di riferimento sono quelli massimi per rotori con pale dotate di bordo della lama di uscita seghettato.



Sound modes			
Mode No.	Maximum Sound Level	Serrated trailing edges	Available hub heights
0	104 dBA	Yes (standard)	125 / 148 / 166 m
0-0S	106.8 dBA	No (option)	105 / 125 / 148 / 155 / 166 m
Sound Optimized (SO) modes			
Mode No.	Maximum Sound Level	Serrated trailing edges	Available hub heights
SO2	102 dBA	Yes (standard)	105 / 125 / 148 / 155 / 166 m
SO3	101 dBA	Yes (standard)	105 / 125 / 148 / 155 / 166 m
SO4	100 dBA	Yes (standard)	105 / 125 / 148 / 155 / 166 m
SO5	99 dBA	Yes (standard)	105 / 125 / 148 / 155 / 166 m
SO6	98 dBA	Yes (standard)	Site specific

La potenza sonora, così come indicata dal produttore, viene definita nella tabella seguente in funzione della reale velocità del vento, a partire dal valore minimo di tre metri al secondo, che costituisce la soglia minima di avvio per gli aerogeneratori di cui si tratta, misurandola all'altezza dell'asse di rotazione del rotore, in questo caso posto pari a 105 metri dal piano di base della torre.



<i>Sound Power Level at Hub Height</i>	
<i>Conditions for Sound Power Level:</i>	<i>Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m³</i>
<i>Wind speed at hub height [m/s]</i>	<i>Sound Power Level at Hub Height [dBA] Sound Optimized Mode SO6 (Blades with serrated trailing edge)</i>
3	91.3
4	91.5
5	93.9
6	96.9
7	97.8
8	98.0
9	98.0
10	98.0
11	98.0
12	98.0
13	98.0
14	98.0
15	98.0
16	98.0
17	98.0
18	98.0
19	98.0
20	98.0

Come è possibile osservare dai dati riportati nella tabella soprastante, superata la velocità di 8 metri al secondo la potenza acustica del generatore non subisce alcun ulteriore incremento, raggiungendo un massimo pari a 98dB(A).

Nella tabella seguente sono riportati i dati geografici salienti delle posizioni dei cinque generatori eolici.

<i>Turbina n°</i>	<i>Gauss Boaga Long. Est m.</i>	<i>Gauss Boaga Lat. Nord m.</i>	<i>Quota base m.s.l.m.</i>	<i>H asse m.s.l.m.</i>
01	15 21 093	45 19 672	585	105
02	15 21 073	45 20 149	612	105
03	15 21 839	45 20 456	553	105
04	15 21 368	45 20 396	611	105
05	15 21 069	45 21 270	580	105



DETERMINAZIONE DEL RUMORE DI FONDO O RUMORE RESIDUO Ln

Come detto precedentemente, al fine di determinare con sufficiente precisione il clima acustico che caratterizza l'area di progetto nello status ante operam, è stata eseguita una specifica campagna di misurazioni fonometriche.

L'area vasta in cui si propone l'intervento è una zona di tipo agricolo, contraddistinta da vaste superfici incolte o destinate al pascolo estensivo, in subordine sono svolte colture arboricole di tipo viticolo e solo praticamente assenti colture foraggere, così come non sono presenti apprezzabili forme di sfruttamento intensivo di colture ad alto valore aggiunto.

Le strade di grande comunicazione, statali o provinciali, sono distanti sempre oltre duecentocinquanta metri rispetto al generatore più vicino, il n° 5, prossimo alla Strada Provinciale n° 138 che collega l'abitato di Berchidda con la Strada Statale 127 nella tratta Telti - Calangianus, mentre sono presenti alcune secondarie, interpoderali e di penetrazione agraria, che intersecano tutta l'area vasta di installazione consentendo la comunicazione tra i diversi siti, quasi tutti posti immediatamente a ridosso diretto di tali vie secondarie o di strade a servizio delle attività agricole presenti, comunque tutte caratterizzate da transiti sporadici.

Non essendo presenti per almeno mille metri da ciascuna postazione di installazione potenziali forme di produzione del rumore artificiale di entità rilevante, quali fabbriche, officine o attività artigianali rumorose, si è deciso, a favore della sicurezza delle valutazioni, di ubicare le postazioni di misurazione in corrispondenza esatta dei siti in cui andranno poste in essere le torri eoliche.

Le posizioni delle stazioni di misura, cinque complessivamente, sono identificate geograficamente dagli stessi valori dei generatori eolici.

<i>Stazione fonometrica n°</i>	<i>Gauss Boaga Long. Est m.</i>	<i>Gauss Boaga Lat. Nord m.</i>	<i>Quota terreno m.s.l.m.</i>
<i>01</i>	<i>15 21 093</i>	<i>45 19 672</i>	<i>585</i>
<i>02</i>	<i>15 21 073</i>	<i>45 20 149</i>	<i>612</i>
<i>03</i>	<i>15 21 839</i>	<i>45 20 456</i>	<i>553</i>
<i>04</i>	<i>15 21 368</i>	<i>45 20 396</i>	<i>611</i>
<i>05</i>	<i>15 21 069</i>	<i>45 21 270</i>	<i>580</i>

Tutti i recettori, al pari di tutti gli aerogeneratori, ricadono in area agricola, per cui valgono i seguenti limiti:



Classe	Valori limite di emissione (dBA)		Valori limite assoluti di immissione (dBA)		Valori di qualità (dBA)		Valori di attenzione* riferiti 1h (dBA)	
	diurno	notturno	diurno	notturno	diurno	notturno	diurno	notturno
III	50	40	55	45	52	42	65	50

Valori limite normativi per aree miste Classe III

Nello specifico i valori di riferimento sono quelli relativi alle immissioni che valgono quindi 55 dB(A) nel periodo diurno e 45 dB(A) in quello notturno.

Appare significativo precisare che, come osservato durante i diversi sopralluoghi e in fase di rilevamento e di misurazione, è stato possibile verificare che nell'area di intervento sono del tutto assenti le perturbazioni acustiche dovute ad azione antropica, infatti non sono presenti attività produttive di alcuna natura con la sola eccezione di quella agricola ed agropastorale, per cui le forme di inquinamento acustico sono limitate al solo funzionamento, raro e periodico, di macchinari agricoli e dal transito quotidiano, peraltro localizzato solo nel settore settentrionale dell'area vasta di intervento, delle vetture condotte dagli allevatori.

Caso particolare è quello rappresentato dal recettore n° 5, ubicato immediatamente a ridosso del tracciato della Strada Provinciale, da cui dista meno di venti metri, che ricade all'interno della fascia acustica stradale di classe A, ampia 100 metri, relativa alle strade di tipo Cb, extraurbane secondarie, riferita sia alla S.P. 138, per la quale la norma definisce valori limite di immissione superiori, che sono riportati nella seguente tabella.

Appare evidente che il limite delle emissioni realmente da sottoporre a verifica attraverso lo studio sarebbe quello pari a 70 dB(A) L_{Aeq} tipico della fascia stradale di riferimento.

Anche in questo caso, operando a favore della sicurezza, si adottano i limiti più restrittivi della classe acustica III, quella delle aree miste.

I soli opifici produttivi in grado di generare impatto acustico sono localizzati ad oltre sette chilometri in linea aerea dall'area di impianto, e sono ubicati nell'area urbana e artigianale di Monti, o ad otto chilometri nell'area produttiva di Berchidda.

Nell'area di progetto, inoltre, non sono presenti strade che abbiano un traffico veicolare apprezzabile.

Perciò l'unica rumorosità rilevata è quella di origine naturale, causata principalmente dal vento sugli alberi, oltre ad un limitato rumore generato da bestiame al pascolo brado, se e quando presente, e dallo scarsissimo traffico veicolare, che è stato rilevato direttamente si può quantificare in media nei passaggi di andata e ritorno di due autovetture condotte dagli allevatori locali, per cui si è deciso di rilevare il clima acustico nella condizione ante operam mediante misure fonometriche eseguite in prossimità dei siti di installazione, tutti isolati e distanti non meno di 480 metri da eventuali fonti di rumore artificiale.



TIPO DI STRADA (secondo il codice della strada)	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI	Ampiezza fascia di pertinenza acustica in m	Scuole (*), ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A-Autostrada		fascia A: 100	50	40	70	60
		fascia B: 150			65	55
B-Extraurbana principale		fascia A: 100	50	40	70	60
C-Extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	fascia B: 150	50	40	65	55
		fascia A: 100			70	60
		fascia B: 150			65	55
		fascia A: 100			70	60
Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)		fascia A: 100	50	40	70	60
		fascia B: 150	65	55		
D – Urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100			65	55
E – Urbana di quartiere		30	Definiti dai comuni in modo conforme alla zonizzazione acustica comunale			
F – Locale		30				

Durante le misure non è stata riscontrata alcuna attività di lavorazione agricola, quali aratura o similare che comportasse l'utilizzo di macchinari o apparecchiature rumorose, ma solo il moderato disturbo da scarso traffico veicolare, peraltro rilevata solo nell'estremo settore settentrionale dell'area di intervento. Anche il traffico in transito sulla Strada Provinciale ha dimostrato essere, in tutte e sei le giornate in cui si è frequentata l'area, estremamente limitato, per numero di passaggi e per tipologia di mezzi, quasi esclusivamente rappresentati da autovetture leggere, al di sotto della massa di trentacinque quintali.



In definitiva il rumore rilevato è da imputarsi quasi esclusivamente alla rumorosità naturale presente in loco e, pertanto, può essere considerato come assolutamente rappresentativo sia del periodo di riferimento diurno che del periodo di riferimento notturno, con valori di L_{Aeq} medi, nelle ventiquattro ore, sempre molto inferiori a 35 dB(A)

Inoltre, preso atto dell'assenza totale di rumore significativo generato da sorgenti di natura antropica per tutta la durata delle misurazioni, si ritiene che il livello di rumore medio registrato, in quanto comunque molto basso, possa essere assunto come rappresentativo del reale clima acustico nell'intera area di riferimento.

In corrispondenza o in prossimità degli altri ricettori, infatti, sarebbe possibile registrare esclusivamente valori solo lievemente maggiori, laddove potrebbe aversi presenza di attività umane come nelle aree limitrofe alle case coloniche in cui sono svolte attività produttive che potrebbero generare produzione di rumore che incrementerebbe il valore del rumore residuo caratteristico, anche se solo temporanee e di intensità moderata.

E' da considerare poi anche il fatto che, utilizzando come livello di rumore caratteristico della situazione ante-operam il risultato di una misura eseguita in completa assenza di qualsiasi attività umana, è una condizione a vantaggio della sicurezza, soprattutto qualora la verifica si basasse sul criterio differenziale.

Tutte le determinazioni fonometriche, eseguite in prossimità dei punti di installazione, sono state svolte all'aperto, in corrispondenza del punto di sedime delle diverse torri eoliche, per cui non si è definita la condizione di valutazione all'interno degli edifici ma solo quella all'esterno e, quindi anche la stima a finestre aperte e finestre chiuse non è stata operata.

Ciò è stato ritenuto plausibile visto che tutti i valori registrati, misurati nelle condizioni più critiche possibili, hanno dimostrato entità notevolmente inferiori ai limiti normativi per cui, qualora fossero stati valutati all'interno dei fabbricati, avrebbero evidenziato condizioni ancora più favorevoli.

In definitiva, quindi, i valori misurati devono essere considerati come quelli massimi che possono essere determinati per ciascun sito considerato, che si tratti di periodo di osservazione notturno, oppure di periodo diurno.

Solo per il recettore n° 5, posto a ridosso della Strada Provinciale, le misurazioni avrebbero potuto fornire valori superiori dovuti al traffico stradale ma, essendo una condizione particolare per cui lo stesso recettore è posto in una fascia caratterizzata da limiti normati molto superiori, di tale congettura non se ne tiene conto, ed anche tale caso a favore della sicurezza e della tutela viene, lo si ripete ancora una volta, omologato agli altri.



La campagna di misura fonometrica si basa su una tecnica definita con il termine campionamento spazio-temporale che non misura in maniera diretta il valore del livello continuo equivalente LAeq su periodi medio lunghi, cioè superiore alle 24 ore, come invece avviene in un rilevamento continuo, bensì è stimato sulla base di una serie di dati rilevati in prefissati intervalli di tempo, solitamente relativamente contenuti rispetto all'intero periodo a cui è riferito il LAeq.

Nella tecnica di campionamento sono distinti in genere i seguenti periodi temporali, definiti anche nel D.M.Amb. del 16.3.1998:

- Tempo a lungo termine TL: la cui durata è stabilita in relazione agli obiettivi dell'indagine;
- Tempo di riferimento TR: individuato all'interno di TL rappresenta il periodo della giornata all'interno del quale si eseguono le misurazioni; il Decreto distingue inoltre tra tempo di riferimento diurno TRd (tra le 06 e le 22) e tempo di riferimento notturno TRn (tra le 22 e le 06), e si ha per cui:

$$\sum_{i=1}^r T_{Rdi} = T_{Ld} \qquad \sum_{i=1}^r T_{Rni} = T_{Ln}$$

Tempo di osservazione TO: collocato all'interno di ogni singolo tempo TRI e definibile in uno o più tempi TO:

$$\sum_{j=1}^o T_{Oj} \leq T_{Ri}$$

Tempo di misurazione TM: collocato all'interno di un tempo di ciascun tempo TOj e vale:

$$\sum_{k=1}^m T_{Mk} \leq T_{Oj}$$

Ad ogni k-esimo intervallo di misura TMk, di durata tk, è associato il corrispondente livello equivalente LAeq, TMk. L'ipotesi alla base è che il valore del livello equivalente LAeq corrispondente all'insieme dei Kesimi livelli misurati LAeq, TMk coincida con il livello equivalente riferito al tempo di osservazione TOj contenente i k-esimi tempi TMk, ossia:

$$L_{Aeq, T_{Oj}} = 10 \log \left[\frac{1}{T_{Mtot}} \cdot \sum_{k=1}^m t_k \cdot 10^{\frac{(L_{Aeq, TMk})}{10}} \right]$$



in cui T_{Mtot} è il tempo totale di misurazione contenuto in TO_j pari a:

$$T_{Mtot} = \sum_{k=1}^m t_k$$

dall'insieme dei j -esimi livelli $L_{Aeq,Toj}$ si ricava il livello equivalente riferito al tempo di riferimento T_{Ri} :

$$L_{Aeq,T_{Ri}} = 10 \log \left[\frac{1}{T_{Ri}} \cdot \sum_{j=1}^{\sigma} t_j \cdot 10^{(L_{Aeq,Toj}/10)} \right]$$

analogamente si ricava il livello equivalente $L_{Aeq,TL}$ riferito al tempo di riferimento T_L mediante la relazione:

$$L_{Aeq,T_L} = 10 \log \left[\frac{1}{T_L} \cdot \sum_{i=1}^r 10^{(L_{Aeq,T_{Ri}}/10)} \right]$$

In pratica, per ciascuna zona da analizzare, si sceglie una postazione particolarmente rilevante in termini di stretta relazione causa-effetto; in pratica, si sceglie una posizione tale che il microfono rilevi un segnale che sia rappresentativo al massimo di tutte le sorgenti sonore presenti nell'ambito esaminato.

Utilizzando uno strumento portatile, nel corso delle 24 ore sono stati eseguiti rilievi tali da verificare la distribuzione spaziale del livello sonoro nell'area sottoposta a verifica

Ipotesizzando che la legge di distribuzione spaziale del rumore resti invariata nel corso delle 24 ore, si può calcolare anche il livello equivalente riferito all'intero tempo di riferimento diurno o notturno.

Di seguito si allegano le schede sintetiche relative a tutti i rilevamenti fonometrici eseguiti sul campo.



Parco eolico Berchidda - SS

Stazione fonometrica n° 1

Quota terreno m.s.l.m.

585

Data inizio rilevamento:

06/03/2023

Gauss Boaga Long. Est

Gauss Boaga Lat. Nord

Data fine rilevamento:

07/03/2023

m.

m.

Ora inizio rilevamento:

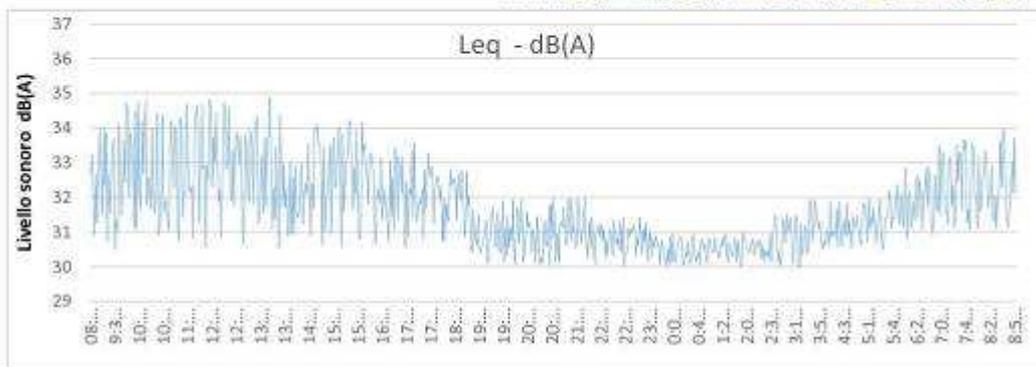
08:55:00

15 21 093

45 19 672

Ora fine rilevamento:

09:01:00



Livello equivalente totale: 32,1 dB(A)

Livello equivalente diurno: 32,2 dB(A)

Livello equivalente notturno: 34,1 dB(A)

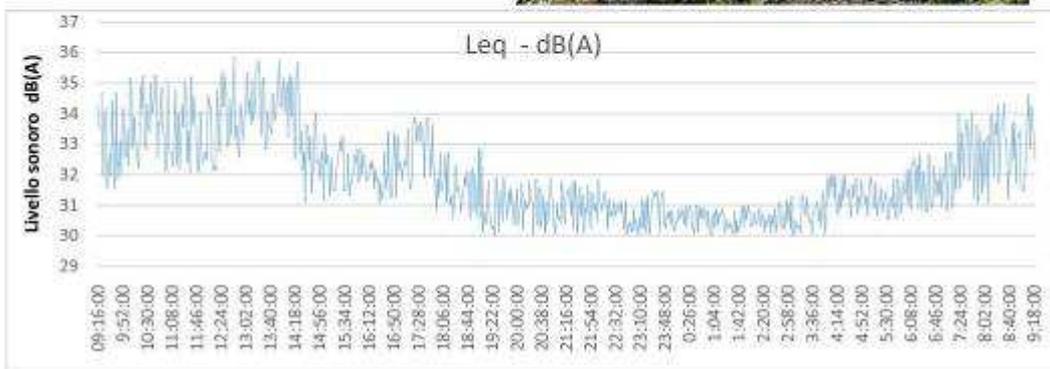


Parco eolico Berchidda - SS

Stazione fonometrica n° 2

Quota terreno m.s.l.m.
612

Data inizio rilevamento:	07/03/2023	Gauss Boaga Long. Est	Gauss Boaga Lat. Nord
Data fine rilevamento:	08/03/2023	m.	m.
Ora inizio rilevamento:	09:16:00	15 21 073	45 20 149
Ora fine rilevamento:	09:20:00		



Livello equivalente totale:	32,5 dB(A)
Livello equivalente diurno:	32,5 dB(A)
Livello equivalente notturno:	31,0 dB(A)

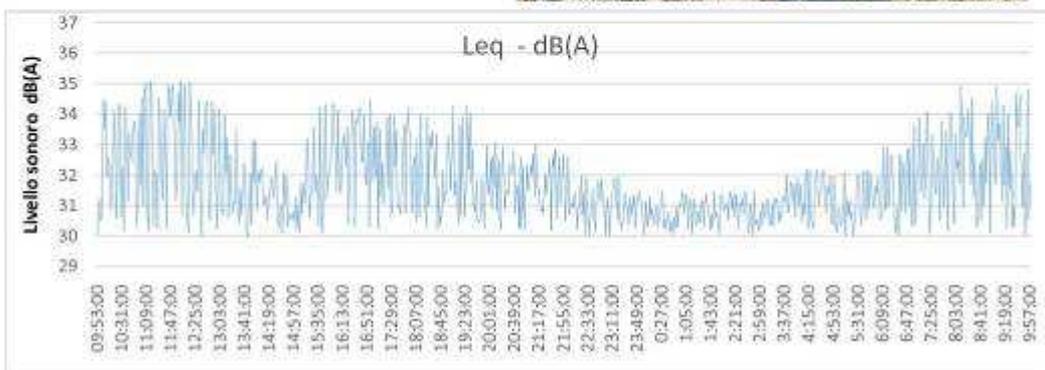


Parco eolico Berchidda - SS

Stazione fonometrica n°

4 Quota terreno m.s.l.m.
611

Data inizio rilevamento:	09/03/2023	Gauss Boaga Long. Est	Gauss Boaga Lat. Nord
Data fine rilevamento:	10/03/2023	m.	m.
Ora inizio rilevamento:	09:53:00	15 21 368	45 20 396
Ora fine rilevamento:	09:59:00		



Livello equivalente totale:	31,7 dB(A)
Livello equivalente diurno:	32,1 dB(A)
Livello equivalente notturno:	31,1 dB(A)

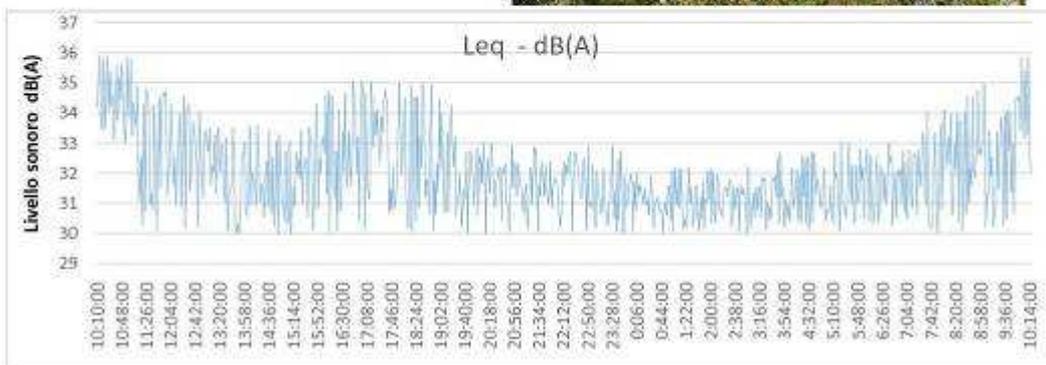


Parco eolico Berchidda - SS

Stazione fonometrica n° 5

Quota terreno m.s.l.m.
580

Data inizio rilevamento:	10/03/2023	Gauss Boaga Long. Est	Gauss Boaga	Lat. Nord
Data fine rilevamento:	11/03/2023	m.		m.
Ora inizio rilevamento:	10:10:00	15 21 069	45 21 270	
Ora fine rilevamento:	10:16:00			



Livello equivalente totale:	32,0 dB(A)
Livello equivalente diurno:	32,4 dB(A)
Livello equivalente notturno:	31,6 dB(A)

La tabella che segue riassume i valori rilevati e definisce i valori medi.



Valori Leq			
staz. N°	tot.	day	night
1	30.9	32.2	32.1
2	31.0	32.5	32.5
3	31,1	32,1	32.1
4	31.1	32,1	31.7
5	32.0	32.4	31.6

Appare molto evidente la contenuta disparità tra la condizione acustica naturale diurna e quella notturna, con una differenza massima pari a 1.5 dB(A), ad indicare la scarsissima incidenza di fattori sonori inquinanti, molto contenuti anche nei punti di maggiore pressione, cioè a ridosso delle strade locali, con rumore generato quasi esclusivamente dagli agenti naturali tra i quali, durante le misurazioni, ha influito molto poco anche l'azione del vento che invece potrebbe essere, e di fatto costituisce quando si manifesta, il maggiore agente di produzione sonora naturale locale.

L'analisi delle misure, opportunamente depurate degli eventi anomali, ha consentito di definire che il livello

equivalente di pressione sonora (LEq,A) da utilizzarsi come valore caratteristico del rumore "RESIDUO" in corrispondenza di assenza di vento o con un



vento moderato di velocità inferiore a 3.0 m/sec. è di 32 dB.

Tale pressione sonora può essere utilizzata sia per il periodo di riferimento diurno che per il periodo di riferimento notturno, dal momento che è causato esclusivamente dalla rumorosità naturale locale.

All'aumentare del vento, comunque corrisponde un normale incremento della rumorosità naturale che, ai fini della verifica, può essere valutato attraverso un gradiente compreso tra 0,8 ed 1.5 dB per ogni m/s di velocità del vento, crescente all'aumentare della ventosità di 0.1 db per ogni m/s di incremento, a partire dalla soglia minima posta pari a 3 m/sec, poichè velocità inferiori sono poco significative, secondo un andamento illustrato nel grafico sottostante



GENERAZIONE RUMORE INDOTTO

Il disturbo acustico generato da un aerogeneratore può essere ricondotto a due cause fondamentali:

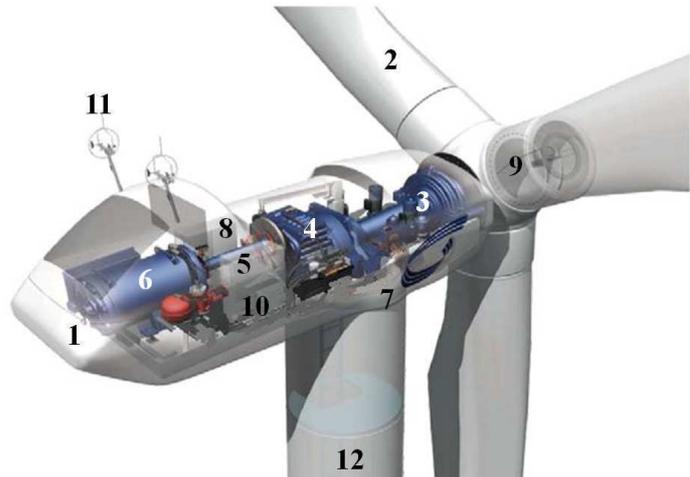
- 1) rumore meccanico da movimento apparecchiature;
- 2) rumore aerodinamico dovuto al flusso dell'aria sulle pale e sulla torre.

I primi sono generati da tutte le componenti meccaniche del generatore soggette a movimento e sono:

- a) rotore a pale;
- b) moltiplicatore di giri;
- c) albero di rotazione;
- d) generatore elettrico;
- e) meccanismo di imbardata;
- f) apparecchi ausiliari.

Il rumore meccanico emesso dalla rotazione di parti meccaniche ed elettriche tende ad essere prevalentemente

1. Navicella;
2. Pale Rotoriche;
3. Albero Lento;
4. Moltiplicatore di Giri;
5. Albero Veloce + Freno;
6. Generatore ad Induzione o Asincrono;
7. Meccanismo di Imbardata;
8. Controllo Elettronico;
9. Sistema Idraulico per Freno Aerodinamico;
10. Sistema di Raffreddamento;
11. Anemometro e Banderuole;
12. Torre.



e di tipo tonale, anche se può contenere una componente a banda larga.

Ad esempio nel caso di alberi di rotazione si possono riscontrare i toni puri proprio alla frequenza di rotazione e, inoltre il mozzo, il rotore e la torre possono, entrando in risonanza, fungere da amplificatori e diffusori sonori, trasmettendo ed irradiando il rumore.

La trasmissione del rumore può essere di tipo "airborne", nel caso sia direttamente propagato nell'aria oppure di tipo "structure-borne", se il rumore è trasmesso lungo altri componenti strutturali prima di essere irradiato nell'aria.

La figura che segue mostra il tipo di percorso di trasmissione e dei livelli sonori per i diversi componenti relativi a una turbina generica di vecchia generazione.

Si noti che la fonte principale dei rumori meccanici in questo esempio è il moltiplicatore di giri, che irradia dalle superfici della navicella e dal carter del dispositivo.



Con la sigla a/b si identifica un rumore di tipo airborne diffuso direttamente per via aerea, mentre la sigla s/b, indica un suono trasmesso dapprima per via strutturale, structure borne.

Il rumore aerodinamico a banda larga è la maggiore componente delle emissioni acustiche di un aerogeneratore ed è generato principalmente dall'interazione del flusso d'aria con le pale, solo in minore misura con la torre.

Sorgente	Livello di potenza sonora	Via di trasmissione
Torre	≈ 71	strutturale
Mozzo	≈ 89	strutturale
Pale	≈ 91	strutturale
Pale	≈ 99	aerea
Moltiplicatore	≈ 84	strutturale
Moltiplicatore	≈ 97	strutturale
Generatore elettrico	≈ 86	strutturale
Sistemi ausiliari	≈ 76	strutturale

L'interazione del flusso d'aria con le pale dà origine a fenomeni aerodinamici molto complessi, ciascuno dei quali è in grado di generare uno specifico rumore.

Il rumore aerodinamico aumenta generalmente con la velocità del rotore, per lo meno fino a determinate velocità, superate le quali non si riscontra alcun incremento significativo.

I vari meccanismi aerodinamici di generazione dei rumori sono divisi in tre gruppi:

1. Rumore a bassa frequenza: Il rumore aerodinamico nella parte a bassa frequenza dello spettro è generato dalla perdita di portanza delle pale per separazione del flusso dalle superfici aerodinamiche a causa della turbolenza di scia delle altre pale o delle torri, nel caso di rotore sottovento, o per repentini cambiamenti della velocità.
2. Rumore generato dalle turbolenze: dipende dalla turbolenza atmosferica che provoca fluttuazioni localizzate di pressione intorno alla pala.
3. Rumore generato dal profilo alare: la corrente d'aria che fluisce lungo il profilo aerodinamico delle pale genera un rumore che tipicamente è a banda larga ma può presentare componenti tonali dovute alla presenza di spigoli smussati, fessure o fori.

La capacità di percepire il rumore di un aerogeneratore in una data installazione dipende dal livello sonoro del rumore residuo presente nell'ambiente.



Infatti quando il rumore generato dalla turbina e quello residuo sono dello stesso ordine di grandezza, il rumore della turbina tende a perdersi in quello residuo.

Fonti del rumore residuo sono sia l'interazione del vento con l'orografia, la vegetazione e le costruzioni, sia la presenza di attività umane quali traffico, industrie, agricoltura e simili.

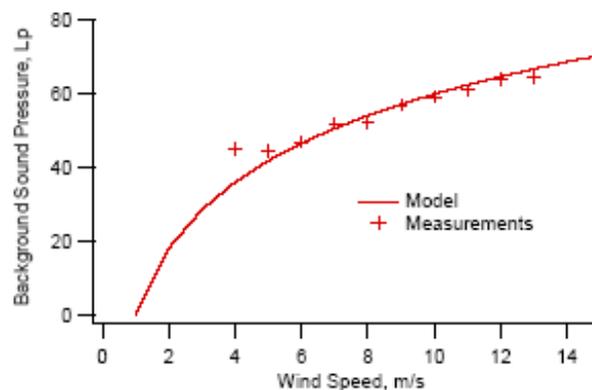
Il suo livello sonoro dipende dunque da velocità e direzione del vento e dalla quantità di attività umana e quindi dall'ora del giorno in cui le attività sono più o meno concentrate.

In generale il contributo del rumore del vento al rumore residuo aumenta all'aumentare della sua velocità, come peraltro riscontrato direttamente nella campagna di misurazioni seguite in questa fase.

Nel caso specifico, come verificato attraverso le misure fonometriche eseguite che evidenziano un rumore residuo molto basso determinato in totale assenza di vento, o al più con una brezza molto contenuta, è lecito affermare che le immissioni ai recettori saranno sostanzialmente determinate dall'azione del vento, se e quando presente.

Misurazioni eseguite nella stessa giornata in condizioni di ventosità differente hanno fornito valori del rumore residuo diversi ma comunque molto contenuti, con scostamenti medi nell'ordine di circa 2 dB(A), maggiori per la presenza di un vento con velocità di soli 2.1 m/sec, per cui è lecito attendersi maggiori immissioni considerevoli per venti di entità significativa.

Anche il livello di emissione del rumore della turbina aumenta con la velocità del vento, quindi il superamento del livello sonoro residuo da parte di quello della turbina dipende da come ciascuno di questi varia con la velocità del vento.



Le turbine in progetto dimostrano una crescita del livello di potenza sonora graduale fino a velocità di 8.0 metri al secondo, superata la quale le emissioni sono sempre pari a 98 dB(A)

La pressione sonora a banda larga pesata A, generata dall'impatto del vento sull'ambiente rurale, secondo alcuni studi, è stata indicata essere quasi proporzionale al logaritmo in base 10 della velocità del vento.

$$L_{A,eq} \approx C1 + C2 \log_{10}(V)$$



Dove C1 e C2 sono costanti che dipendono dalla posizione del recettore e V è la velocità del vento all'altezza dell'hub.

Il contributo del vento al rumore residuo tende ad aumentare rapidamente con la velocità del vento.

La variazione del rumore di fondo rilevato durante le misurazioni acustiche per causa del vento è indicato nella figura sottostante [Huskey e Meadors].

Come si vede dal grafico, l'emissione sonora aumenta non in maniera lineare con la velocità del vento.

La fonte principale dei rumori generati dal vento scaturisce dall'interazioni dell'aria in movimento con la vegetazione e il livello dell'emissione dipende soprattutto dalla forma superficiale della vegetazione esposta al vento che ma anche dalla densità del fogliame o dal suo volume.

Ad esempio, i suoni emessi dagli alberi di latifoglie hanno una banda in frequenza più larga e un livello sonoro più basso rispetto a quelli emessi dalle conifere.

Gli aerogeneratori più recenti, quali quelli proposti, attualmente sono caratterizzati da livelli di potenza sonora dell'ordine di 100-105 dB(A).

In relazione alle specifiche caratteristiche del sito, è possibile ottimizzare la macchina al fine di ottenere un basso livello di emissione sonora, con penalizzazioni molto modeste sul fronte delle prestazioni, ad esempio realizzando bordi in uscita delle lame delle pale configurati con una seghettatura capace di abbattere le emissioni anche di 8 dB(A).

Si rammenta che i valori sono livelli di POTENZA sonora non devono essere confusi con i comuni livelli di pressione sonora.

Se si considera una sorgente sostanzialmente omnidirezionale, avente un livello di potenza di 120 dB (cioè che emette 1 Watt acustico), il livello di pressione sonora che si avrà, in caso di propagazione in campo libero, ad una distanza di 10 m, sarà pari a $L_p = 89$ dB, quindi a 31 dB in meno.

Lo studio previsionale deve valutare l'impatto acustico che verrà generato dagli aerogeneratori durante la loro fase di esercizio e per fare ciò si deve considerare che il vento influisce in maniera determinante nella propagazione acustica, infatti la velocità del suono e quella del vento si sommano in maniera vettoriale, anche se realmente il vento può trasportare il suono solo quando la sua velocità è confrontabile con quella del suono, condizione che in pratica non si verifica mai.

Il vento inoltre può curvare i raggi sonori; infatti, in presenza di un gradiente di velocità al variare della quota fa sì che i raggi sonori curvino sottovento, con una curvatura che porta alla formazione di una zona d'ombra sopravento e di una zona sottovento.

Per tenere conto di questi fenomeni la normativa ISO-9613/2 descrive i metodi di calcolo più appropriati. ma di fatto essa risulta particolarmente complessa quando si analizza il suono nelle sue diverse componenti spettrali.



Tale normativa risulta però estremamente complessa, tanto da risultare praticamente inapplicabile senza l'utilizzo di calcolatori avanzati.

La stessa norma, peraltro, consente di stimare il valore A ponderato del rumore anche in assenza della conoscenza dettagliata dei dati di ottava, operando in maniera "semplificata".

Nel presente lavoro le valutazioni analitiche di emissione sono state determinate sulla base della normativa internazionale ISO 9613-2, operando in maniera semplificata.

I parametri adottati nel caso specifico sono:

- Velocità del vento costante a 5 m/s alla quota dell'hub;
- Distribuzione spettrale del livello acustico non considerata;
- Nessuna considerazione dell'attenuazione del suolo;
- Coefficiente meteorologico $C_0 = 0$ dB(A).

Il modello previsionale tiene in considerazione le caratteristiche geometriche e morfologiche del territorio e permette di calcolare il livello di emissione in funzione della velocità del vento e tiene conto della distribuzione spaziale delle isofoniche (emissioni) prodotte dagli aerogeneratori con velocità del vento pari a 8 m/s.

Oltre questo limite di velocità il rumore prodotto dagli aerogeneratori non subisce variazioni.

La ISO 9613-2 si basa sulla formula:

$$L_p(f) = L_w(f) + D_w(f) - A(f)$$

dove:

- L_p : livello di pressione sonora equivalente in banda d'ottava (dB) generato nel punto p dalla sorgente w alla frequenza f;
- L_w : livello di potenza sonora in banda d'ottava (dB) alla frequenza f prodotto dalla singola sorgente w relativa ad una potenza sonora di riferimento di un picowatt;
- D : indice di direttività della sorgente w (dB);
- A : attenuazione sonora in banda d'ottava (dB) alla frequenza f durante la propagazione del suono dalla sorgente w al recettore p.

Il termine di attenuazione A è espresso dalla seguente equazione:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

dove:

A_{div} : attenuazione dovuta alla divergenza geometrica;

A_{atm} : attenuazione dovuta all'assorbimento atmosferico;

A_{gr} : attenuazione dovuta all'effetto del suolo;

A_{bar} : attenuazione dovuta alle barriere;



A_{misc} : attenuazione dovuta ad altri effetti.

Il fattore A_{gr} rappresenta un dato di input della simulazione e può variare da 0 (superficie completamente riflettente, tipo marmo) ad 1 (superficie completamente assorbente, tipo paesaggio innevato), per le aree rurali una buona approssimazione in sicurezza è costituita dal porre questo fattore pari a 0,5.

Il valore totale del livello sonoro equivalente ponderato in curva A si ottiene sommando i contributi di tutte le bande d'ottava e di tutte le sorgenti presenti secondo l'equazione seguente:

$$Leq(dBA) = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^8 10^{0,1(L_p(i)+A(j))} \right) \right)$$

dove:

- n : numero di sorgenti;
- j : indice che indica le otto frequenze standard in banda d'ottava da 63 Hz a 8kHz;
- $A(j)$: indica il coefficiente della curva ponderata A;

L'attenuazione per divergenza è calcolata secondo la formula (ISO9613-2- par. 7.1):

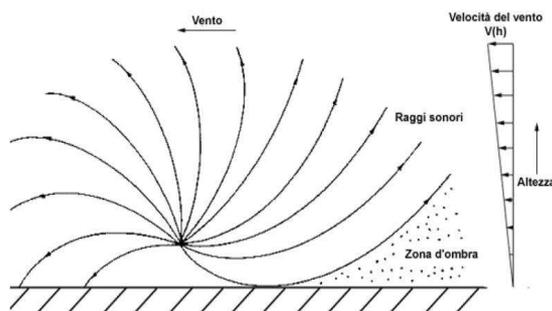
$$A_{div} = 20 \log \left(\frac{d}{d_0} \right) + 11$$

dove d è la distanza tra la sorgente e il ricevitore in metri e d_0 è la distanza di riferimento.

L'attenuazione per assorbimento atmosferico è calcolata secondo la formula (ISO9613-2- par. 7.2):

$$A_{atm} = \frac{\alpha d}{10000}$$

dove d rappresenta la distanza di propagazione in metri e α rappresenta il coefficiente di assorbimento atmosferico in decibel per chilometro per ogni banda d'ottava.



Per il calcolo dell'assorbimento atmosferico vengono solitamente utilizzati valori standard di temperatura (20 °C) e umidità relativa (70%).

Per il caso specifico ci limitiamo a sottolineare che il vento può influire notevolmente sull'andamento dei raggi

sonori, infatti la presenza di un gradiente di velocità al variare della quota fa sì che i raggi sonori curvino sottovento come illustrato nella figura che segue.



Oltre all'effetto di curvatura può verificarsi anche un leggero effetto sul trasporto delle onde, infatti quando la velocità del vento e quella del suono diventano confrontabili (situazione molto rara) si sommano per via vettoriale.

Gli aerogeneratori sono considerati come sorgenti sonore puntiformi omnidirezionali di cui sono specificati i livelli sonori per bande di ottava (62,5 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz) e la propagazione del rumore avviene secondo una geometria emisferica.

Utilizzando i valori del rumore residuo risultante dalle misure fonometriche utilizzate, e conoscendo i valori di emissione della sorgente di progetto e delle sorgenti già presenti sul territorio, si esegue una stima del clima acustico post-operam al fine di valutare, in via previsionale, il rispetto dei limiti di legge. Il calcolo del rumore immesso dalla sorgente turbina va eseguito secondo quanto prescritto dalla norma ISO 9613-parte2 ed utilizza anche una serie di algoritmi di calcolo derivanti dai codici svedesi, tedeschi, francesi e danesi.

I dati di input sono:

- modello DTM del terreno;*
- modello delle turbine e loro caratteristiche di emissione (unico valore, bande di ottava, bande 1/3 ottava);*
- definizione di aree sensibili o recettori (NSA); ai fini delle simulazioni di previsione, per ogni recettore va considerato il rumore residuo misurato in funzione della velocità del vento calcolato con la legge logaritmica;*
- definizione di alcuni coefficienti tipici della propagazione del rumore in ambiente aperto;*
- definizione di caratteristiche anemologiche dell'area.*

Ai fini della simulazione si dovrebbe tenere conto dell'orografia dell'area di installazione e dalla porosità del terreno, che influenza in maniera determinante la riflessione e la propagazione del suono.

Per questo studio, è stata valutata la variazione del rumore residuo in funzione della velocità del vento in base a diverse formulazioni, tutte attendibili, tra cui alla seguente legge logaritmica, nota in letteratura tecnica:

$$L_{Aeq} = C_1 + C_2 \log(U)$$

dove:

C1: Rappresenta il valore del rumore residuo misurato al recettore, che nel caso specifico è stato posto pari a 32 dB(A) come valore rappresentativo sia del periodo diurno che notturno

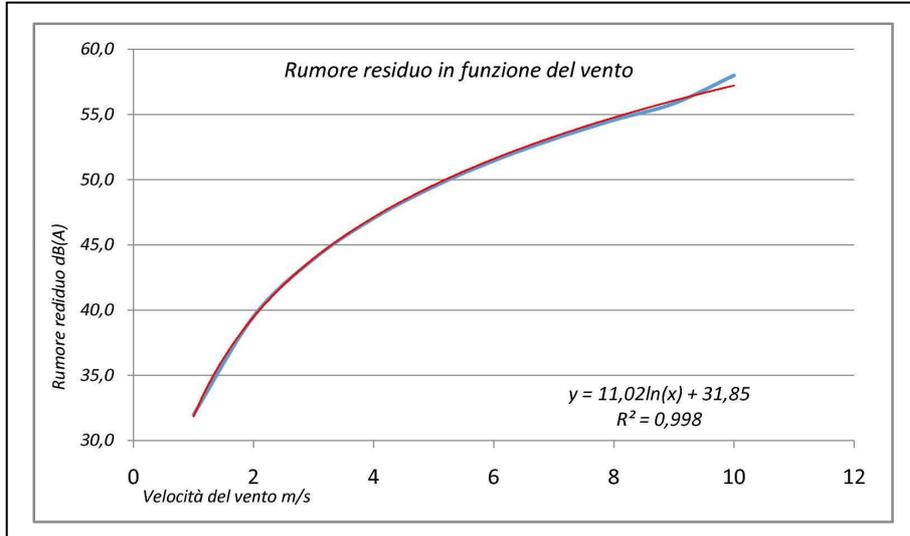
C2: Costante il cui valore è dipendente dalla posizione del recettore

U: Velocità del vento.

Nella tabella seguente sono elencati i valori del rumore residuo in funzione della velocità del vento che è possibile attendersi ai recettori in tutta l'area esaminata per la quale, considerando un assetto



pianeggiante e sostanzialmente privo di schermature significative, viene adottato un valore di C2 pari a 25, che trova riscontro nelle misurazioni fonometriche eseguite in presenza dello scarso vento presente durante le misurazioni.



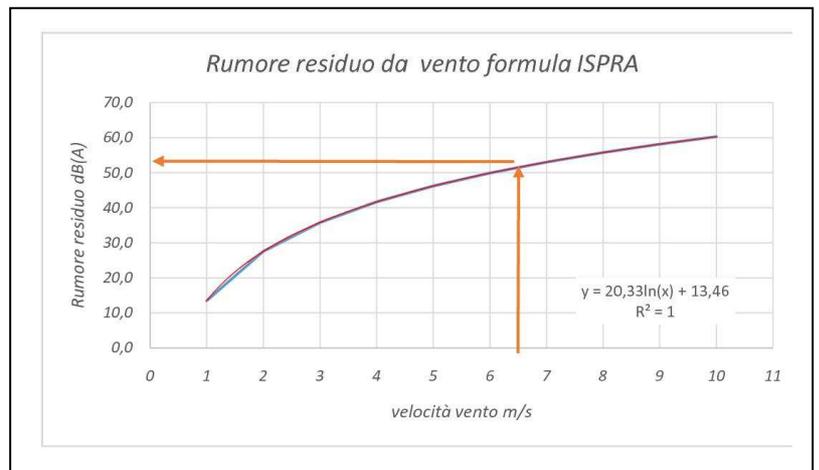
Pressione sonora del rumore residuo dB(A)	
Laeq dB(A)	C2
32	25
1	32,0
2	39,5
3	43,9
4	47,1
5	49,5
6	51,5
7	53,1
8	54,6
9	55,9
10	58,0

Un altro algoritmo che consente di stimare la pressione sonora generata dal vento è quello proposto dall' ISPRA sulla base di una serie nutrita di elaborazioni empiriche eseguite durante le operazioni di monitoraggio svolte in fase di operatività su una serie di campi fotovoltaici localizzati su tutto il territorio nazionale che vede la sua espressione nel codice

$$LA_{eq} = 20.33 * V + 13.46$$

Formola ISPRA	
Velocità vento	Rumore residuo
1	13,5
2	27,6
3	35,8
4	41,7
5	46,2
6	49,9
7	53,0
8	55,7
9	58,1
10	60,3
6.5	53,0

e che permette di determinare il grafico di diffusione acustica del vento in seguito riportato, nel quale viene



evidenziata la condizione del caso specifico di cui si tratta, dove le rilevazioni anemometriche hanno dimostrato che, alla quota dell'asse del rotore, lo si ricorda 105 metri dal piano di campagna, la massima velocità media del vento registrata oscilla attorno a 6.5 m/s.



Dalla lettura della tabella poco sopra riportata, in cui vengono determinate le diverse pressioni acustiche per differenti velocità del vento, appare chiaramente evidente che per ventosità superiori a 3 m/s, il rumore del vento supera di molto il livello del rumore residuo misurato direttamente con le rilevazioni fonometriche eseguite in questa campagna di studio sui diversi recettori .

Considerando che tra i diversi algoritmi considerati quello proposto da ISPRA risulta essere quello più cautelativo, ed anche quello dotato di un maggiore supporto di valutazioni sul campo, si è deciso di adottarlo nelle valutazioni tecniche operate.

Poiché il rumore prodotto dagli aerogeneratori è riferito alla quota dell’hub, si rende necessario determinarne i valori alla quota dei recettori, e questo viene fatto utilizzando la formula

$$\frac{U_z}{U_{z,r}} = (Z/Z_r)^\alpha$$

dove

Z : è la quota della sorgente sonora, l’hub del generatore, cioè 105 m;

Z_r : è la quota alla quale si intende valutare la pressione sonora, cioè 1.5 e 5 m;

U_z : è la velocità del vento alla quota dell’hub, variabile tra 3 e 8 m/s;

U_{z,r} : è la velocità del vento incognita alle diverse quote di 1.5 e 5.0 m dal p.c. ipotizzando in questi valori le altezze possibili dei recettori rispetto al piano di campagna.

sulla base di questi parametri di riferimento si ricava quanto illustrato nelle tabelle che seguono:

U _{z,r}	Z _r	Z	U _z
3	105	1,5	1,4
m/s	m	m	m/s

U _{z,r}	Z _r	Z	U _z
3	105	5	1,7
m/s	m	m	m/s

U _{z,r}	Z _r	Z	U _z
4	105	1,5	1,8
m/s	m	m	m/s

U _{z,r}	Z _r	Z	U _z
4	105	5	2,3
m/s	m	m	m/s

U _{z,r}	Z _r	Z	U _z
5	105	1,5	2,3
m/s	m	m	m/s

U _{z,r}	Z _r	Z	U _z
5	105	5	2,9
m/s	m	m	m/s

U _{z,r}	Z _r	Z	U _z
6	105	1,5	2,8
m/s	m	m	m/s

U _{z,r}	Z _r	Z	U _z
6	105	5	3,4
m/s	m	m	m/s



U_zr	Z_r	Z	U_z
7	105	1,5	3,2
m/s	m	m	m/s

U_zr	Z_r	Z	U_z
7	105	5	4,0
m/s	m	m	m/s

U_zr	Z_r	Z	U_z
8	105	1,5	3,7
m/s	m	m	m/s

U_zr	Z_r	Z	U_z
8	105	5	4,6
m/s	m	m	m/s

La normativa definisce i limiti di emissione e di immissione sulla base di una velocità del vento posta pari a 5 m/s all'asse dell'hub, da cui discende che ai recettori la velocità percepita sarà di 2.3 e 2.9 m/s, rispettivamente ad 1.5 e 5.0 metri dal piano di campagna.

Applicando la formula ISPRA, si ricavano i valori di immissione ai recettori per causa del vento, con un rumore residuo pari a 30.4 e 35.1 dB(A), rispettivamente ad 1.5 e 5.0 metri dal suolo.

Questi sono i valori che contribuiscono a formare il valore residuo in ogni singolo recettori, da sommare a quello che è il rumore residuo caratteristico, stimato pari a 32 dB(A) ed esteso al periodo diurno ed al periodo notturno.

Il valore complessivo viene determinato attraverso la formula

$$L_{eq,tot} = 10 * \text{Log}_{10} (10^{L1/10} + 10^{L2/10})$$

per cui si ricava

$$L_{eq,tot} \text{ ad } 1.5 \text{ m da p.c.} = \underline{\underline{34.3 \text{ dB(A)}}}$$

e

$$L_{eq,tot} \text{ ad } 5.0 \text{ m da p.c.} = \underline{\underline{36.8 \text{ dB(A)}}}$$

Questi ultimi sono i valori da utilizzare come rumore residuo ai recettori nella condizione di vento all'hub pari a 5.0 m/s, così come determinato dalla normativa vigente.

Tutti questi valori soddisfano pienamente i limiti imposti dalla normativa nazionale e da quelle locali che in pratica la riprendono pedissequamente e che, per i recettori inclusi nei terreni ricadenti nella classe III, area mista, vedono il limite delle immissioni pari a 55 dB(A) in periodo Diurno e 45 dB(A) in periodo diurno.

Se invece di tale velocità si utilizzasse quella che gli studi anemometrici indicano come più probabile nelle condizioni di ventosità utile media, 6.5 m/s, i valori sarebbero:

$$V \text{ ad } 1.5 \text{ m da p.c.} = \underline{\underline{3.0 \text{ m/s}}}$$

e

$$V \text{ a } 5.0 \text{ m da p.c.} = \underline{\underline{3.7 \text{ m/s}}}$$



per cui

$$L_{eq} \text{ ad } 1.5 \text{ m da p.c.} = \underline{35.8 \text{ dB(A)}}$$

e

$$L_{eq} \text{ a } 5.0 \text{ m da p.c.} = \underline{40.1 \text{ dB(A)}}$$

quindi

$$L_{eq,tot} \text{ ad } 1.5 \text{ m da p.c.} = \underline{37.3 \text{ dB(A)}}$$

e

$$L_{eq,tot} \text{ ad } 5.0 \text{ m da p.c.} = \underline{40.7 \text{ dB(A)}}$$

Anche in questo caso la pressione acustica del rumore residuo sarebbe sempre molto inferiore a quella massima permessa dalla norma, anche durante il periodo notturno, con un margine positivo di 4.3 dB, veramente molto elevato.

Una volta determinato il valore del rumore residuo in condizioni di vento, deve procedersi a valutare l'entità del disturbo generata dai generatori eolici, a partire dalla potenza sonora dichiarata dal costruttore nella configurazione che realmente sarà posta in essere nel campo di cui si tratta.

Questa assume valore massimo pari a 98 dB(A) per vento a 8 m/s.

Questa emissione subisce una diminuzione, man mano che il suono procede dalla sorgente verso il recettore, che è funzione di alcuni fattori di attenuazione, per cui in ogni singolo punto disturbato deve essere calcolato il contributo che il funzionamento dei generatori eolici nel creare l'impatto acustico.

La tipologia delle componenti attenuanti è stata già illustrata precedentemente e si ribadisce che in questo studio non verrà considerata l'opzione di un calcolo che tenga conto delle diverse frequenze componenti l'emissione sonora, bensì verrà adottata la procedura semplificata.

Tra le diverse attenuazioni possibili assume significato e rilevanza particolare quella generata dalla divergenza geometrica espressa dalla formula

$$A_{div} = 20\log(d/d_0) + 11 \text{ dB}$$

con

d = distanza tra sorgente e recettore in metri;

d_0 = distanza di riferimento pari a 1 metro;

L'attenuazione per assorbimento atmosferico è invece espressa dalla formula

$$A_{atm} = \alpha * d / 1000$$

con



d = distanza di propagazione in metri;

a = coefficiente di assorbimento atmosferico in dB/km;

è un parametro che assume valore significativo solo per recettori posti ad una distanza molto rilevante rispetto alle sorgenti, solitamente superiori al chilometro, che consente al coefficiente atmosferico di assumere valore apprezzabile, altrimenti molto ridotto.

L'attenuazione per assorbimento del terreno può essere calcolata o con il metodo completo, particolarmente complicato ed impegnativo, o con quello semplificato, quello seguito in questi calcoli, che calcola l'attenuazione del suono dovuta al terreno, ponderata in curva A e quindi non in banda di ottava, attraverso la formula:

$$A_{gr} = 4.8 - (2h_m)/d * (17+300/d)$$

con

h_m = altezza media del raggio di propagazione delle onde sonore in metri;

d = distanza tra sorgente e recettore in metri;

escludere questa attenuazione equivale ad ipotizzare una superficie del terreno piatta e liscia e, normalmente si considera la superficie del suolo come porosa, non come dura, in quanto le microasperità e la presenza di coltri allentate corticali consentono tale scelta.

Assorbimento dovuto a schermi

rappresenta l'attenuazione dovuta alla presenza di specifici ostacoli interposti tra la sorgente ed il recettore che, per poter essere utilizzati, devono avere una dimensione orizzontale normale al raggio acustico superiore alla lunghezza d'onda della banda sonora in esame, deve avere una superficie compatta ed uniforme, e deve possedere un peso specifico non inferiore a 100 kg/mc.

Considerando la sostanziale assenza di ostacoli interposti tra sorgente sonora, localizzata alla quota dell'hub, cioè a 105 metri dal suolo, ed i recettori, a favore della sicurezza questa attenuazione viene del tutto trascurata.

Attenuazione per propagazione attraverso la vegetazione

Anche questa componente riduttiva, difficilmente quantificabile nel concreto, sempre a favore della sicurezza viene non viene assolutamente considerata e la si pone pari a zero.



In maniera del tutto analoga non si tiene conto delle attenuazioni possibili per propagazione attraverso siti industriali, del tutto assenti, o attraverso siti edificati, in quanto il tessuto edile tra sorgenti sonore e recettori è sostanzialmente inesistente.

In definitiva il livello di rumore A-ponderato, cioè non considerando la divisione del suono in bande di frequenza, può essere determinato secondo la norma ISO 9613-2 attraverso la formula

$$L_{AT}(DW) = L_{WA} + D_C - A - C_{met}$$

dove

L_{WA} è il rumore generato dalla sorgente sonora A-ponderato

D_C è la correzione direzionale per sorgenti prive di effetto direzionale ma che valuti l'azione di riflessione del terreno D_Ω da adottare poiché si usa il metodo alternativo semplificato,

per cui si verifica che

$$D_C = D_\Omega - 0$$

con

$$D_\Omega = 10 \log \left\{ \left[1 + \left(\frac{d_p^2 + (h_s - h_r)^2}{d_p^2 + (h_s + h_r)^2} \right) \right] \right\}$$

in cui

h_s = altezza della sorgente sonora dal suolo
 h_r = altezza del recettore dal suolo
 d_p = distanza al suolo tra sorgente e recettore

A = è l'attenuazione complessiva tra sorgente ed il recettore e vale

$$\text{con} \quad A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

essendo

A_{div} = attenuazione geometrica = $20 \text{ LOG}(d/1) + 11 \text{ Db}$
 A_{atm} = attenuazione per l'assorbimento dell'aria = $\alpha_{500} d / 1000$
con α_{500} coefficiente di assorbimento dell'aria $\approx 1.9 \text{ dB/km}$
 A_{gr} = contributo del terreno $4.8 - (2h_m/d) * [17 + (300/d)]$ dove se $A_{gr} < 0$ $A_{gr} = 0$
dove h_m è l'altezza media dell'onda sonora $h_m = (h_s + h_r)/2$
 A_{bar} = attenuazione per schermatura solitamente posta a zero
 A_{misc} = attenuazione per effetti vari (vegetazione, edifici, industrie) solitamente posta a zero

- C_{met} correzione meteorologica che nel caso specifica è posta pari a zero, poiché si verifica sempre per tutti i recettori che $d_p < 10 (h_s + h_r)$

dove

d_p = distanza sul terreno tra sorgente e recettore in metri
 h_s = altezza dal suolo della sorgente in metri



h_r = altezza dal suolo della sorgente in metri

Sulla base di queste considerazioni si è proceduto a calcolare il contributo alle immissioni generato dagli aerogeneratori che compongono il campo eolico in progetto rispetto ai diversi recettori individuati.

La verifica è svolta considerando il recettore maggiormente esposto al potenziale inquinamento acustico cioè quello per cui intercorre la minore distanza rispetto ai diversi generatori.

Dall'analisi della tabella in cui sono riportati i possibili recettori presenti nell'area di progetto, si osserva che quello maggiormente esposto è l'elemento n°1, una stalla con ricovero agricolo di dimensioni superiori a quelle di un deposito convenzionale, difficilmente utilizzabile per permanenze prolungate anche se non di carattere residenziale.

Questo fabbricato dista 488 metri, in planimetria, dal generatore n° 5 , e per esso si calcola:

$$\begin{aligned} D_{\Omega} &= 3.005 \\ A_{div} &= 64.77 \\ A_{atm} &= 0.927 \\ A_{gr} &= 1.064 = \\ C_{met} &= 0 \end{aligned}$$

da cui si ricava

$$L_{AT} (DW) = 98.0 + 3.005 - 64.77 - 0.927 - 1.064 = \mathbf{34.5 \text{ dB(A)}}$$

che rappresenta il contributo sonoro fornito dalla torre eolica più vicina al recettore n° 5 nel formare l'impatto acustico locale.

Tale valore deve essere sommato vettorialmente a quello $L_{eq,tot}$ ad 1.5 m da p.c. = 37.3 dB(A) che rappresenta il rumore di fondo, permettendo di calcolare la pressione sonora totale al recettore n° 5 in condizioni di funzionamento delle pale eoliche in progetto, pari a **39.05 dB(A)**

E' questo il parametro da porre a confronto con i limiti normativi e, considerando che il recettore è ubicato in zona omogenea agricola per cui rientra nella classe acustica III, i cui limiti di immissione sono pari a 60 dB(A) nel periodo diurno e 50 dB(A) in quello notturno, si può affermare che il limite normativo riferito alle immissioni è pienamente soddisfatto.

Anche qualora si considerasse il criterio del differenziale, non perseguibile per i motivi già citati precedentemente, valutando la differenza tra la pressione sonora in assenza della perturbazione acustica determinata dal generatore eolico, e quella caratteristica del rumore di fondo nello status ante operam, si otterrebbe sempre un valore inferiore a 5, cioè il limite posto dalla norma, e rimarrebbe soddisfatta la condizione di non superamento dei limiti caratteristici dell'area in esame.



CONCLUSIONI

Sulla base di quanto esposto fino ad ora si può affermare che la realizzazione e la messa in funzione del parco eolico di Berchidda, pur determinando un modesto impatto acustico, darà origine a produzione di rumori che potranno incrementare il valore basale del rumore residuo, o rumore di fondo, in maniera molto contenuta e sostanzialmente impercettibile per la totalità dei recettori, dei quali i più vicini sono rappresentati da edifici rurali con destinazione d'uso non residenziale.

I parametri normativi vengono sempre rispettati in termini assoluti di immissioni, ed anche in termini di differenziale.

Per completezza di esposizione si riporta di seguito una tabella che correla le isofone con il loro raggio di espansione, calcolate in maniera semplicistica e senza tenere conto delle reali attenuazioni dovute all'assetto del terreno, ma valutate considerando il rumore residuo in condizioni di ventosità come suggerita dalla norma, 5 m/s, e con il contributo acustico degli aerogeneratori.

Pur non costituendo una vera e propria mappatura isofonica, fornisce indicazioni abbastanza precise in merito a quello che sarà il clima acustico caratteristico del campo eolico in progetto e del suo immediato intorno geografico

<i>LA_{eq-tot} dB(A)</i>	70	65	60	55	50	45	40	35	32	30	25
<i>D m</i>	9.85	17.4	31.1	55.0	97.2	170.9	296.0	503	682	830	1330

La lettura della tabella indica che l'inquinamento acustico generato dal campo fotovoltaico in progetto scompare interamente già ad una distanza di circa 682 metri da ciascuna sorgente, venendo la pressione sonora totale superata dal valore del rumore residuo.

In pratica solo al recettore n°1, distante 488 metri dalla torre eolica n° 5, possono riscontrarsi modestissimi fenomeni di inquinamento acustico dovuti al funzionamento dei generatori, che comunque conservano valori di molto inferiori a quelli ammessi dalla norme vigenti.

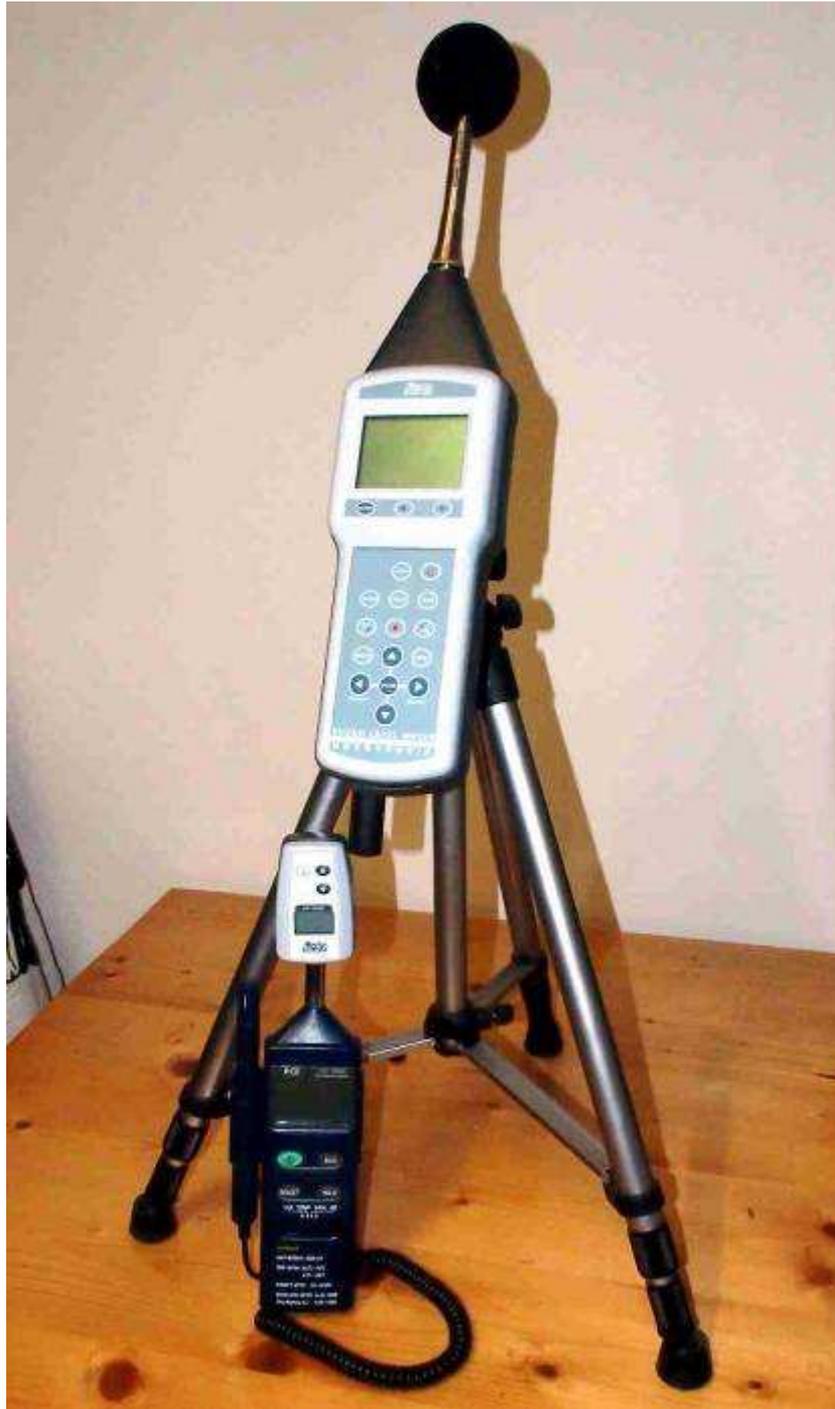
La distanza di abbattimento della pressione acustica indotta da ogni singolo generatore è di poco inferiore a quella che intercorre tra la torre eolica n°4 e la torre n° 5, e anche tra la torre n° 4 ed il recettore n°1, per cui in questo sito si verificherà anche la somma delle perturbazioni sonore generate da entrambe i generatori eolici.

Il generatore n° 4 dista dal recettore n°1 553 metri, per cui ma il disturbo acustico dovuto a tale torre è stimato attraverso il calcolo previsionale rigoroso in 32.63 dB(A), e deve essere sommato vettorialmente al contributo sonoro dovuto al generatore n° 5, 39.05 dB(A), portando le immissioni totali ad un valore



complessivo pari a 39.94 dB(A), quindi sempre molto al di sotto del limite massimo normativo ammesso.

E' chiaro che le conclusioni positive che scaturiscono dalle valutazioni sviluppate per il recettore n°1 riferito alle torri eoliche n°5 e n° 4, possono essere estese anche a tutti gli altri recettori presenti nell'area esaminata ed a tutti gli aerogeneratori che formeranno il campo eolico di Berchidda, per i quali si attuano condizioni acustiche notevolmente più favorevoli rispetto a quelle determinate con lo studio specifico.



Macchina per il calpestio



DELTA OHM S.r.l.
Via Marconi, 5
35030 Caselle di Selvazzano (PD)
Tel. 0039-0498977150
Fax 0039-049635596
e-mail: deltaohm@tin.it
Web Site: www.deltaohm.com

Laboratorio Misure di Electroacustica

Centro di Taratura LAT N° 124
Calibration Centre

Laboratorio Accreditato
di Taratura



LAT N° 124

Pagina 1 di 6
Page 1 of 6

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 124 19101460
Certificate of Calibration

- data di emissione
date of issue: 2022-01-21

- cliente
customer: Anageo del Dr. Geol. Gianfranco Mulas –
Via Marco Polo, 2 - 08100 Nuoro (NU)

- destinatario
receiver: Anageo del Dr. Geol. Gianfranco Mulas –
Via Marco Polo, 2 - 08100 Nuoro (NU)

- richiesta
application: 28

- in data
date: 2022-01-13

Si riferisce a
Referring to

- oggetto
item: Fonometro

- costruttore
manufacturer: Delta Ohm Srl

- modello
model: HD2010UC/A

- matricola
serial number: 13022143074

- data delle misure
date of measurements: 2022-01-20

- registro di laboratorio
laboratory reference: 55374

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 124 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 124 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre
Pierantonio Benvenuti



DELTA OHM S.r.l.
Via Marconi, 5
35030 Caselle di Selvazzano (PD)
Tel. 0039-0498977150
Fax 0039-049635596
e-mail: deltaohm@tin.it
Web Site: www.deltaohm.com

Centro di Taratura LAT N° 124
Calibration Centre



LAT N° 124

Laboratorio Accreditato
di Taratura

Laboratorio Misure di Elettroacustica

Pagina 1 di 4
Page 1 of 4

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 124 19101460
Certificate of Calibration

data di emissione <i>date of issue</i>	2022-01-21
cliente <i>customer</i>	Anageo del Dr. Geol. Gianfranco Mulas – Via Marco Polo, 2 - 08100 Nuoro (NU)
destinatario <i>receiver</i>	Anageo del Dr. Geol. Gianfranco Mulas – Via Marco Polo, 2 - 08100 Nuoro (NU)
richiesta <i>application</i>	Z8
in data <i>date</i>	2022-01-13
<i>si riferisce a</i> <i>referring to</i>	
oggetto <i>item</i>	Calibratore
costruttore <i>manufacturer</i>	Delta Ohm Srl HD2020
modello <i>model</i>	HD2010UC/A 16016684
matricola <i>serial number</i>	13022143074
data delle misure <i>date of measurements</i>	2022-01-20
registro di laboratorio <i>laboratory reference</i>	55374

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 124 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 124 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

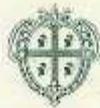
I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre
Pierantonio Benvenuti



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORATO DE SA DEFENSA DE S'AMBIENTE
ASSESSORATO DELLA DIFESA DELL'AMBIENTE

Direzione generale dell'ambiente
Servizio tutela dell'atmosfera e del territorio

DETERMINAZIONE N. 5175, 202 DEL 19° MAR. 2014

Oggetto: Riconoscimento qualifica professionale di tecnico competente in acustica ambientale.
Art. 2, commi 6 e 7, L. 26.10.1995 n. 447. / Delib. G.r. n. 62/9 del 14.11.2008.
Dott. Mulas Gianfranco.

- VISTO la l.r. 13 novembre 1998, n. 31 recante "disciplina del personale regionale e dell'organizzazione degli uffici della Regione" e successive modifiche ed integrazioni;
- VISTO l'art. 2, commi 6, 7 e 8 della legge quadro sull'inquinamento acustico n. 447 del 26.10.1995, ai sensi del quale:
- viene individuata e definita la figura professionale del tecnico competente in acustica ambientale;
 - vengono definiti i requisiti per poter svolgere l'attività di tecnico competente in acustica ambientale;
 - viene stabilito che detta attività può essere svolta previa presentazione di apposita domanda all'Assessorato regionale competente in materie ambientali;
- VISTO il decreto del Presidente del consiglio dei ministri 31 marzo 1998;
- VISTO Delibera della Giunta regionale n. 62/9 del 14.11.2008 recante "Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale" e disposizioni in materia di acustica ambientale;
- VISTO le modifiche al Regolamento della Commissione esaminatrice, apportate dalla stessa nella seduta del 14 dicembre 2010 a seguito dell'emanazione della sopra citata norme regionali sull'inquinamento acustico;
- VISTA la Determinazione del Direttore Generale n. 21433/987 del 13.09.2012, che modifica la Composizione della Commissione esaminatrice;
- VISTO il decreto n. 10869/68 del 4/05/2012 dell'Assessore degli affari generali, personale e riforma della Regione, con il quale sono state conferite all'ing.



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORATO DELLA DIFESA DELL'AMBIENTE

Salvatore Pinna le funzioni di direttore del Servizio Tutela dell'atmosfera e del territorio, vacante dal 30.03.2012 a seguito del collocamento in quiescenza del dirigente titolare;

- VISTO il verbale della Commissione esaminatrice del **24 febbraio 2014** nel quale viene espresso parere favorevole al rilascio della qualifica di tecnico competente in acustica al dott. **Mulas Gianfranco** nato a **Nuoro** in data **28/03/1959**;
- RITENUTO di far proprie le valutazioni conclusive espresse dalla Commissione esaminatrice nel sopra citato verbale;
- CONSIDERATO che il relativo provvedimento pertiene alle competenze del Direttore del Servizio tutela dell'atmosfera e del territorio, ai sensi delle linee guida sull'inquinamento acustico approvate con delibera G.r. n. 62/9 del 14.11.2008,

DETERMINA

- ART. 1 E' riconosciuta, con la presente determinazione, al dott. **Mulas Gianfranco** nato a **Nuoro** in data **28/03/1959** la qualifica professionale di **tecnico competente in acustica ambientale**, ai sensi dell'art. 2, comma 6 e 7, legge 26.10.1995, n. 447 e della delibera g.r. n. 62/9 del 14.11.2008.
- ART. 2 Il presente riconoscimento consente l'esercizio dell'attività di tecnico competente in acustica ambientale anche nel territorio delle altre regioni italiane, così come disposto dall'art. 2, comma 6 del d.p.c.m. 31 marzo 1998.
- ART. 3 L'Assessorato della difesa dell'ambiente provvederà all'inserimento del nominativo sopra citato nell'apposito **Elenco regionale** dei tecnici competenti in acustica ambientale, di prossima pubblicazione sul BURAS.

La presente determinazione viene comunicata all'Assessore della difesa dell'ambiente ai sensi dell'art. 21, comma 9, della l.r. 13 novembre 1998, n. 31.

Il Direttore del Servizio

Salvatore Pinna

E.M. Sett. a.a.a.e.r.

C.C./Resp. Sett. a.a.a.e.r.



Cognome	MULAS
Nome	GIANFRANCO
nato il	28-03-1958
(atto n. 177 P. I. S. A)	
a	NUORO (NU)
Cittadinanza	ITALIANA
Residenza	NUORO (NU)
Via	LOCALITA' PREDAS ARBAS N.0
Stato civile	
Professione	III
CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI	
Statura	1.60
Capelli	CASTANI
Occhi	CASTANI
Segni particolari	NESSUNO

Firma del titolare	
NUORO	10-08-2015
Impresza del dno	IL SINDACO
Indice sinistra	Antonio Rusu

Il presente elaborato è di esclusiva proprietà intellettuale del redattore, che concede al committente l'utilizzo finalizzato esclusivamente allo scopo per cui viene esteso. Ogni riproduzione, parziale o integrale, non debitamente autorizzata dallo scrivente sarà considerata come plagio e verrà perseguita ai sensi delle normativa che regola i diritti di autore.