

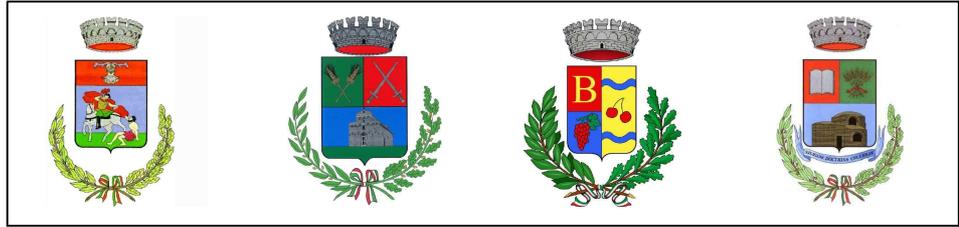
Regione Autonoma  
della Sardegna



Provincia di Sassari



## Comuni di



**BESSEDE BORUTTA BONNANARO SILIGO**

R  
O  
P  
O  
N  
E  
R



O  
P  
E  
R

**PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO "Monte Pelao"**

O  
G  
G  
E  
T  
T  
O

TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE TECNICA DI IMPATTO AUSTICO**

DATA: OTTOBRE 2022

N°CODICE ELABORATO

SCALA: 1: 40.0000

**S.I. R1**

Folder:

Tipologia: R(relazione)

Lingua: ITALIANO

N°REVISIONE	DATA	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE

*Regione Autonoma della Sardegna*



PROVINCIA DI SASSARI



COMUNI DI

BESSEDE – BORUTTA - BONNANNARO - SILIGO



IVPC POWER

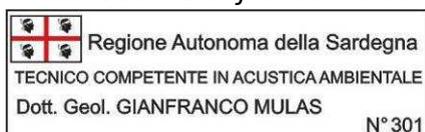


PROGETTO DEFINITIVO  
PARCO EOLICO "MONTE PELAO"

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

*Committente:* IVPC Power  
*Opera:* Impianto eolico 11 WPT 5MW  
*Ubicazione:* Bessude  
*Data:* Dicembre 2022

*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 11 aerogeneratori, ciascuno una potenza di 5.6 MW, da porre in essere negli agri di Bessude, Borutta, Bonnanaro e Siligo, 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 sia sulla base di risultati bibliografici e, in particolare, è stata considerata valida la proposta elaborata dall'ISPRA, sia attraverso misurazioni dirette, rese possibili dal fatto che durante una delle giornate in cui si sono svolti i sopralluoghi ed i rilevamenti, vi è stata presenza di vento forte che, all'anemometro di Bessude, alla quota di 100 metri dal suolo ha segnato velocità comprese tra 12.5 e 15.2 metri al secondo*

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

*A tale proposito si significa che tutte le installazioni eoliche ricadono in siti compresi nella zona agricola degli agri di Bessude, Borutta, Bonnanaro e Siligo,, e nel loro intorno immediato sono del tutto assenti edifici a destinazione residenziale o abitativa, anche solo temporanea, e i soli fabbricati presenti sono costituiti da edifici rurali con destinazione di uso esclusivamente riconducibile a depositi agricoli, a stalle e fienili, o a strutture equivalenti.*



*La sola eccezione è rappresentata dal fabbricato realizzato al servizio dell'impianto anemometrico di Borutta, all'interno del quale sono collocate le apparecchiature di registrazione della velocità del vento e degli altri parametri misurati.*

*Il fabbricato è l'unico nella zona ad essere dotato di un vano per servizi igienici e di uno che consente un eventuale pernottamento, a servizio del personale che lo frequenta secondo turni di lavoro prefissati, o comunque la permanenza prolungata ed il ricovero e ristoro degli addetti al servizio di guardiania o di sorveglianza e manutenzione delle apparecchiature.*

*Questo fabbricato è posto in prossimità del generatore n° 8, rispetto al quale presenta una distanza planimetrica di circa 280 metri ed è in adiacenza allo stesso che sono state eseguite le misurazioni fonometriche svolte in condizione di vento molto forte, mentre tutte le altre sono state eseguite in periodi di assoluta calma o con vento al suolo dotato di velocità inferiore a 2 metri al secondo.*

*Gli edifici più prossimi a chiara destinazione residenziale, o a questa assimilabile e comunque da considerare come recettori rilevanti, sono quelli localizzati nella periferia nordorientale dell'abitato di Bessude, a circa 680 metri dal generatore n°3, il cimitero dello stesso paese, a 880 metri dalla WGT 04, le case della periferia occidentale dell'abitato di Bonnannaro, distanti circa 580 metri dalla torre eolica n° 11, e due case rurali residenziali, isolate, site nella periferia orientale di Thiesi, a circa 650 metri dall'aerogeneratore n° 10.*

*Tutti i fabbricati ad uso residenziale sono sempre localizzati a distanza planimetrica rispetto al più vicino generatore eolico di oltre 500 metri, alla quale già senza presenza di barriere alla trasmissione delle onde sonore si verifica un drastico abbattimento della pressione sonora immessa nell'ambiente, ed alla quale solitamente, per forme di impatto acustico quali quelle in esame, il rumore residuo e quello ambientale tendono ad avere entità molto simili e che, in caso di vento forte come spesso accade nell'area in esame, vede il rumore residuo assumere valore rilevante che porta ad "assorbire" completamente il rumore indotto artificialmente, annullandone gli effetti.*

*Si tratta di distanze misurate in piano ma, per determinare il disturbo acustico creato dagli aerogeneratori in funzionamento, si deve tenere conto anche, oltre alla differenza assoluta tra la quota della navicella considerata come emettitore puntuale ed il piano di campagna alla base della torre, poco più di cento metri, anche la differenza di quota tra il piano di appoggio dei generatori e quello dei recettori che, ad esclusione dell'edificio a servizio dell'anemometro di Borutta, sono posti in condizione di mezza costa o di fondovalle rispetto all'estradosso dell'altopiano in cui verranno installate le pale eoliche.*



## **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; da attività e comportamenti non connessi ad esigenze produttive, commerciali e professionali; 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 può essere applicato e risulta essere particolarmente consigliabile, essendo il sito produttivo in esame collocato in agricola ed alcuni recettori in zona urbana, cioè rispettivamente nelle classi acustiche III<sup>a</sup> e II<sup>a</sup>.



## **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, e per ogni classe sono definiti dei parametri acustici di riferimento, come illustrato nelle tabelle sottostanti:

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: rientrano in questa classe 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: rientrano in questa classe 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.

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 nessuno ad esplicita 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 II<sup>a</sup>, 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	Notturmo	diurno	notturno	diurno	notturno
<b>II</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>52</b>	<b>42</b>	<b>65</b>	<b>50</b>

*La valutazione di impatto acustico deve tener conto, durante il normale funzionamento degli impianti, 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.*

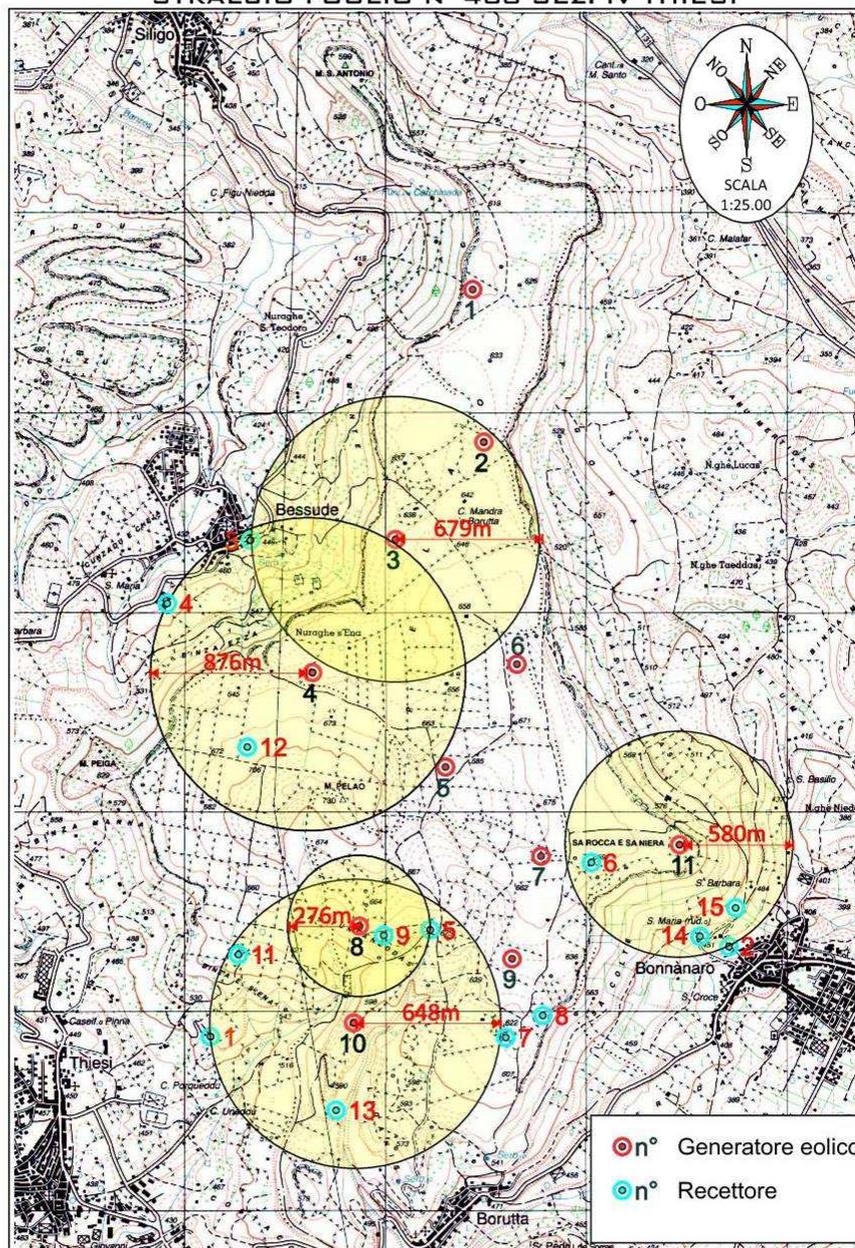
*La UNI/TS 11143-7 (Ed. 2013) definisce il metodo per la stima dell'impatto acustico e del clima acustico, applicabile sia a singoli aerogeneratori con potenza pari ad almeno 500KW, che a parchi eolici con più generatori e può essere utilizzata sia per le valutazioni “ante operam” sia per valutazioni “post operam”.*



## UBICAZIONE DEI RICETTORI E DEI PUNTI DI IMPIANTO

Il campo eolico in progetto, come detto, è ubicato su un altopiano basaltico in prossimità dei cui margini sono posti gli abitati di Thiesi, Bessude, Siligo e Bonnannaro,, a modestissima articolazione morfologica, ma con il bordo periferico marcato da versanti da mediamente a molto acclivi, nel quale i generatori sono disposti prevalentemente ai margini esterni.

### INQUADRAMENTO SU COROGRAFIA I.G.M.I. STRALCIO FOGLIO N° 480 SEZ. IV THIESI

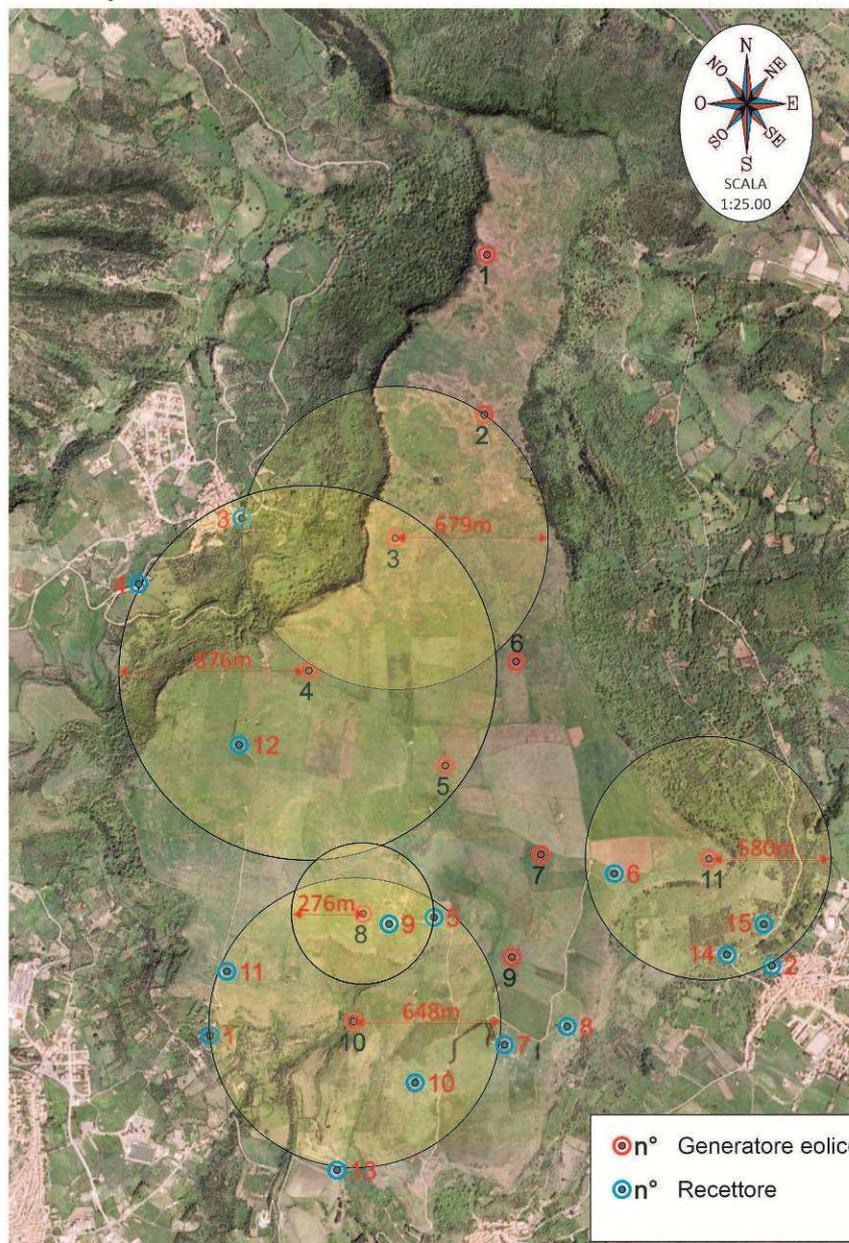




Di seguito vengono riportati gli stralci cartografici di inquadramento dei punti di installazione delle undici torri, sia sulla tavoletta IGM in scala 1:25.000, sia su fotografia satellitare su scala analoga, con indicazione degli manufatti più vicini da considerarsi come “recettori”, mentre sono stati trascurati tutti gli edifici, anche più vicini, per i quali 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 in cui si indicano i caratteri salienti di ciascun manufatto.

### INQUADRAMENTO SU FOTO SATELLITARE





A tale proposito si ribadisce quanto già esposto precedentemente precisando che, poichè il campo eolico è ubicato interamente in agro, i pochi edifici presenti al suo interno, complessivamente meno di una decina con distanza inferiore a 500 metri da ciascun generatore, in effetti, ricadono in aree totalmente inabitate, ricadenti nella classe acustica III, mentre solo il recettori n° 1, n° 2, n° 3 e n° 4 possono essere inclusi nella classe II, delle aree a prevalente uso residenziale e il n° 14 che in teoria rientra tra gli edifici di culto ma, di fatto, è solo una volta all'anno in occasione di festività locale.

nell'ambito del progetto, soprattutto nel settore centro-settentrionale, sono presenti numerosi ruderi di strutture zootecniche semidiroccate ed assolutamente abbandonate, sicuramente facenti capo ad un intervento di miglioramento fondiario, in quanto accompagnate da diversi abbeveratoi, pozzi superficiali e piccoli laghetti, nonché da un acquedotto che li collegava.

Recettore n°	Tipologia uso	Rilevanza	Coord. Est 32 Wgs84	Coord. Nord 32 Wgs84	Quota m.s.l.m.	Distanza m.
1	Residenza	Si	14 77 069	44 86 677	523	648 da WGT 10
2	Residenza	Si	14 79 675	44 87 114	427	580 da WGT 11
3	Residenza	Si	14 77 262	44 89 181	443	679 da WGT 03
4	Cimitero	Si	14 76 791	44 88 876	462	876 da WGT 04
5	Sede anemometro	Si	14 78 129	44 87 338	652	276 da WGT 08
6	Ricovero	No	14 78 946	44 87 543	659	346 da WGT 06
7	Stalla - Fienile	No	14 78 408	44 86 766	616	334 da WGT 09
8	Stalla	No	14 78 707	44 86 855	628	250 da WGT 09
9	Stalla	No	14 77 937	44 87 318	653	86 da WGT 08
10	Stalla – Fienile	No	14 78 023	44 86 595	599	297 da WGT 10
11	Ricovero	No	14 77 186	44 87 098	617	618 da WGT 10
12	Stalla – Fienile	No	14 77 235	44 88 143	685	722 da WGT 04
13	Stalla	No	14 77 682	44 86 181	536	650 da WGT 10
14	Chiesa campestre	No	14 79 493	44 87 169	452	461 da WGT 11
15	Deposito	No	14 79 640	44 87 309	494	388 da WGT 11

A tale proposito si ribadisce quanto già esposto precedentemente precisando che, poichè il campo eolico è ubicato interamente in agro, i pochi edifici presenti al suo interno, complessivamente meno di una decina con distanza inferiore a 500 metri da ciascun generatore, in effetti, ricadono in aree totalmente



*inabitate, ricadenti nella classe acustica III, mentre solo il recettori n° 1. n° 2, n° 3 e n° 4 possono essere inclusi nella classe II<sup>a</sup>, quella delle aree a prevalente uso residenziale o a queste assimilabili.*

*Il recettore n° 5, cioè l'edificio a servizio dell'anemometro, essendo di fatto destinato ad attività lavorativa, dovrebbe essere fatto rientrare nella classe acustica V<sup>a</sup>, quella delle aree prevalentemente industriali in cui rientrano le zone interessate da insediamenti produttivi e con scarsità di abitazioni.*

*Per i primi valgono i limiti prima evidenziati, mentre per i secondi devono essere assunti i valori :*

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
II	50	40	55	45	52	42	65	50

*Per gli ultimi i valori di riferimento valgono i valori :*

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
V	65	55	70	60	67	57	80	65

*Le aree a maggiore densità di popolazione sono rappresentate dalla periferia urbana di Bessude, rispetto alla quale il più vicino generatore dista circa 680 metri, e le case residenziali estreme dell'abitato di Bonnannaro, che sono poste sempre almeno a 580 metri dalla turbina più vicina e una casa residenziale in agro di Thiesi, distante dalla torre eolica più vicina, la n°10, quasi 650 metri.*

*Per individuare gli edifici da considerare come ricettori sensibili 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 periodi di particolare frequentazione dei fondi agricoli, quali i periodi di semina e di raccolta.*

*Tra tutti gli edifici, quelli da poter considerare realmente come possibili ricettori dal punto di vista acustico sono quelli potenzialmente effettivamente abitabili, in quanto dotati di impianti indispensabili atti alla permanenza umana, a prescindere da una eventuale destinazione di uso residenziale.*

*Di questi nessuno di quelli individuati nell'agro presenta tale caratteristica potenziale e, nella pratica concreta, nessuno è utilizzato come residenza anche solo occasionale e temporanea, mentre è evidente una frequentazione periodica temporanea poco prolungata nell'arco della giornata, mentre altri manufatti, la stragrande maggioranza, fungono esclusivamente da vani al servizio e funzionali per le*



*attività agropastorali riconducibili, prevalentemente ad allevamento ed alla pastorizia in forma estensiva, meno di tipo intensivo.*

*Come è possibile appurare dalla lettura della tabella soprastante, appare evidente che nessuno dei fabbricati presenti all'interno dell'area di progetto o nella fascia periferica ampia almeno 500 metri, dei quali sono stati rilevati solo quelli chiaramente funzionali all'esercizio di un utilizzo mentre sono stati tralasciati quelli in condizione di assoluta precarietà statica, quali baracche e ruderi, assuma alcuna rilevanza dal punto di vista acustico.*

*Il più prossimo manufatto da considerarsi dotato di rilevanza acustica è il recettore n° 5, distante 276 metri dalla torre n° 8, rappresentato dal locale di controllo dell'anemometro, che costituisce anche il vano appoggio del custode e dei manutentori, in grado di consentire un eventuale permanenza prolungata e pernottamento in quanto dotato anche di servizi igienici, ma di fatto da considerare come edificio a destinazione produttiva, nel quale la permanenza non è costante ma temporanea, per periodi ristretti, intervallati e non continuativi.*

*Il suo utilizzo assimilabile a quello residenziale temporaneo è legato all'attività di guardiania delle apparecchiature, che peraltro prevede la vigilanza attiva per tutto il turno lavorativo, per cui l'eventuale stato di riposo momentaneo deve essere attuata in condizione di veglia.*

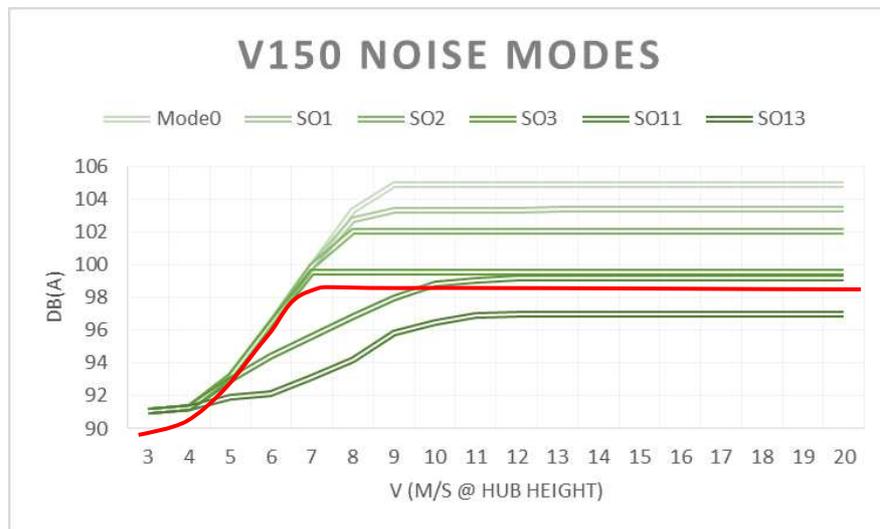
*Questo è il recettore da considerarsi, tra quelli sensibili, come quello dotato della minore vulnerabilità acustica, per cui i i calcoli e le valutazioni del potenziale impatto acustico generato dall'impianto eolico in progetto nei suoi confronti assumono importanza del tutto relativa, mentre la valenza massima viene assunta dal recettore n° 2, cioè le abitazioni periferiche dell'abitato di Bonnannaro, che si vedono sovrastate dal generatore n° 11 posto a distanza planimetrica di circa 580 metri, che considerando la linea di congiungimento tra la base della torre eolica ed il piano di campagna al recettore diviene pari a 613 metri, che arrivano a 655 al mozzo del rotore che, convenzionalmente viene considerato come punto di emissione del rumore generato dal generatore eolico.*

*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.*



<b>Sound modes</b>			
<b>Mode No.</b>	<b>Maximum Sound Level</b>	<b>Serrated trailing edges</b>	<b>Available hub heights</b>
<b>0</b>	104 dBA	Yes (standard)	125 / 148 / 166 m
<b>0-0S</b>	106.8 dBA	No (option)	105 / 125 / 148 / 155 / 166 m
<b>Sound Optimized (SO) modes</b>			
<b>Mode No.</b>	<b>Maximum Sound Level</b>	<b>Serrated trailing edges</b>	<b>Available hub heights</b>
<b>SO2</b>	102 dBA	Yes (standard)	105 / 125 / 148 / 155 / 166 m
<b>SO3</b>	101 dBA	Yes (standard)	105 / 125 / 148 / 155 / 166 m
<b>SO4</b>	100 dBA	Yes (standard)	105 / 125 / 148 / 155 / 166 m
<b>SO5</b>	99 dBA	Yes (standard)	105 / 125 / 148 / 155 / 166 m
<b>SO6</b>	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/m<sup>3</sup></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 si legge nella tabella soprastante, mentre al di sotto dei 3 m/s il generatore non è sostanzialmente in grado di funzionare, 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).*

*Tale stima permette di affermare che nelle condizioni operative quali quelle estreme che sono state riscontrate durante le verifiche, con venti contraddistinti da velocità superiori a 12.5 m/s, i generatori emettono, comunque, la massima sonorità ad essi attribuibile pari a 98 dB(A)*

*Nella tabella seguente sono riportati i dati geografici salienti delle posizioni dei 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	14 78 398	44 90 378	624	105
02	14 78 385	44 89 652	638	105
03	14 77 934	44 89 183	635	105
04	14 77 575	44 88 500	643	105
05	14 78 254	44 88 034	688	105
06	14 78 995	44 88 573	661	105
07	14 78 701	44 87 595	675	105
08	14 77 854	44 87 379	663	105
09	14 78 581	44 87 070	639	105
10	14 77 733	44 86 668	595	105
11	14 79 429	44 87 634	628	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, nello status ante operam, l'area di progetto e quelle limitrofe in cui si potrebbe ripercuotere il disturbo acustico prodotto dagli aerogeneratori, è stata eseguita una specifica campagna di misurazioni fonometriche con risultati che, se si esclude le verifiche eseguite in condizione di vento molto veloce, peraltro ripetute in condizioni normali, erano da considerarsi come scontati, viste le caratteristiche generali dei luoghi.*

*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 erbacee a destinazione foraggiera, mentre non sono presenti apprezzabili forme di sfruttamento intensivo di colture ad alto valore aggiunto, con la sola esclusione di una vigna di modestissime dimensioni, cui è associato un edificio utilizzato per il ricovero dei macchinari e per lo stoccaggio temporaneo dei prodotti aziendali.*

*Le strade di grande comunicazione, statali o provinciali, sono distanti sempre oltre cinquecento metri rispetto al generatore più vicino, il n° 1 prossimo alla Strada Provinciale n° 23 bis Bessude – Siligo, mentre sono presenti alcune secondarie, comunali e vicinali, che intersecano buona parte dell'area vasta di installazione consentendo un la comunicazione tra i alcuni siti, quelli posti nella porzione centrale del campo eolico, mentre la zona settentrionale e quella meridionale estrema sono*



contraddistinte da totale assenza di alcuna forma di viabilità, anche solo allo stato di tratturo vicinale oggi attivo, per un raggio certamente superiore a 400 metri.

Le strade presenti e transitate sono percorse da traffici sporadici legati alle attività agricole e zootecniche svolte sull'altopiano, con traffico esclusivamente di mezzi agricoli, da autocarri di piccola portata e da autoveicoli.

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

Le posizioni delle stazioni di misura, dieci complessivamente, sono identificate geograficamente dagli stessi valori dei cinque generatori eolici, degli undici totali, in cui si è proceduto ad eseguire le misurazioni del clima acustico essendo più vicini ai recettori sensibili, oltre a quelle dei alcuni fabbricati, indicati dai recettori compresi tra il n° 1 ed il n° 4, per i quali si è reputato opportuno valutare nel dettaglio il rumore residuo, essendo quelli ritenuti maggiormente sensibili.

Stazione fonometrica n°	Gauss Boaga Long. Est m.	Gauss Boaga Lat. Nord m.	Quota terreno m.s.l.m.
01 WGT 03	14 77 934	44 89 183	635
02 WGT 04	14 77 575	44 88 500	643
03 WGT 08	14 77 854	44 87 379	663
04 WGT 10	14 77 733	44 86 668	595
05 WGT 11	14 79 429	44 87 634	628
06 Rec 01	14 77 069	44 86 677	523
07 Rec 02	14 79 675	44 87 114	427
08 Rec 03	14 77 262	44 89 181	443
09 Rec 04	14 76 791	44 88 876	462
10 Rec 05	14 78 129	44 87 338	652

Di tutti i recettori, la stragrande maggioranza ricade in area agricola, uno solo, il n° 4, rappresentato dal cimitero di Bessude, che ai sensi della norma vigente dovrebbe ricadere nella classe acustica 1<sup>a</sup>, quella delle aree particolarmente protette, per le quali 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
I	45	35	50	40	47	37	60	45

*Nello specifico i valori di riferimento sono quelli relativi alle immissioni che valgono quindi 50 dB(A) nel periodo diurno e 40 dB(A) in quello notturno.*

*Per quanto attiene al recettore n° 5, l'edificio a servizio dell'anemometro di Borutta, considerando che la frequentazione umana non è di tipo francamente residenziale, quanto piuttosto esclusivamente ad attività lavorativa, si ritiene corretto farlo rientrare nella classe V<sup>a</sup>, quella delle aree prevalentemente industriali in cui rientrano le zone interessate da insediamenti produttivi e con scarsità di abitazioni.*

Classe	Art.2 Tabella		Art.3 Tabella		Art.7 Tabella		Art.6 (comma 1, lett.)	
	diurno	notturno	diurno	Notturno	diurno	notturno	diurno	notturno
V	65	55	70	60	67	57	80	65

*Nello specifico i valori di riferimento sono quelli relativi alle immissioni che valgono quindi 70 dB(A) nel periodo diurno e 60 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 per un raggio di almeno quattrocento metri sono del tutto assenti le perturbazioni acustiche significative dovute ad azione antropica che possano sommarsi al disturbo sonoro prodotto dai generatori, infatti non sono presenti attività produttive di alcuna natura con la sola eccezione di quella agricola ed agropastorale.*

*I soli opifici produttivi in grado di generare impatto acustico sono localizzati ad oltre cinquecento metri in linea aerea dall'area di impianto, e sono ubicati nell'area urbana e artigianale di Thiesi.*

*Deve anche essere rimarcato che la distanza delle diverse torri eoliche tra di loro è sempre superiore a 500 metri, con un minimo di 540 metri tra le WGT n° 7 e n° 9, mentre in tutti gli altri casi si superano abbondantemente i 600 metri, evitando quindi apprezzabili fenomeni di sovrapposizione del rumore prodotto.*

*In tale senso deve essere considerata anche la condizione del recettore n° 3, l'edificio residenziale posto alla periferia orientale dell'abitato di Bessude, al quale potrebbero arrivare, ed interferire tra loro, i*



*rumori prodotti dal generatore n° 3, distante a 679 metri, e dal generatore n° 4, posto ad una distanza di circa 820 metri.*

*Deve peraltro tenersi in debito conto che queste distanze sono verificate in assetto bidimensionale planimetrico, per cui considerando la topografia locale sono realmente superiori, potendo stimare per la torre n° 4 una distanza di quasi 900 metri, per cui i fenomeni di somma acustica assumono importanza sostanzialmente irrilevante.*

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

*Perciò l'unica rumorosità prodotta e riscontrata è quelle di origine naturale, causata principalmente dal vento sugli alberi, e da un limitato rumore generato da bestiame al pascolo brado, per cui si è deciso di rilevare il clima acustico nella condizione ante operam, oltre che in prossimità dei recettori sensibili, mediante misure fonometriche eseguite in prossimità di alcuni dei siti di installazione, tutti isolati e distanti non meno di 600 metri da eventuali fonti di rumore artificiale di origine antropica.*

*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 un eventuale disturbo da scarso traffico veicolare.*

*Non è stato registrato alcun transito veicolare particolarmente apprezzabile, ad esclusione di pochissime autovetture di operatori agro-zootecnici locali, per cui 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.*

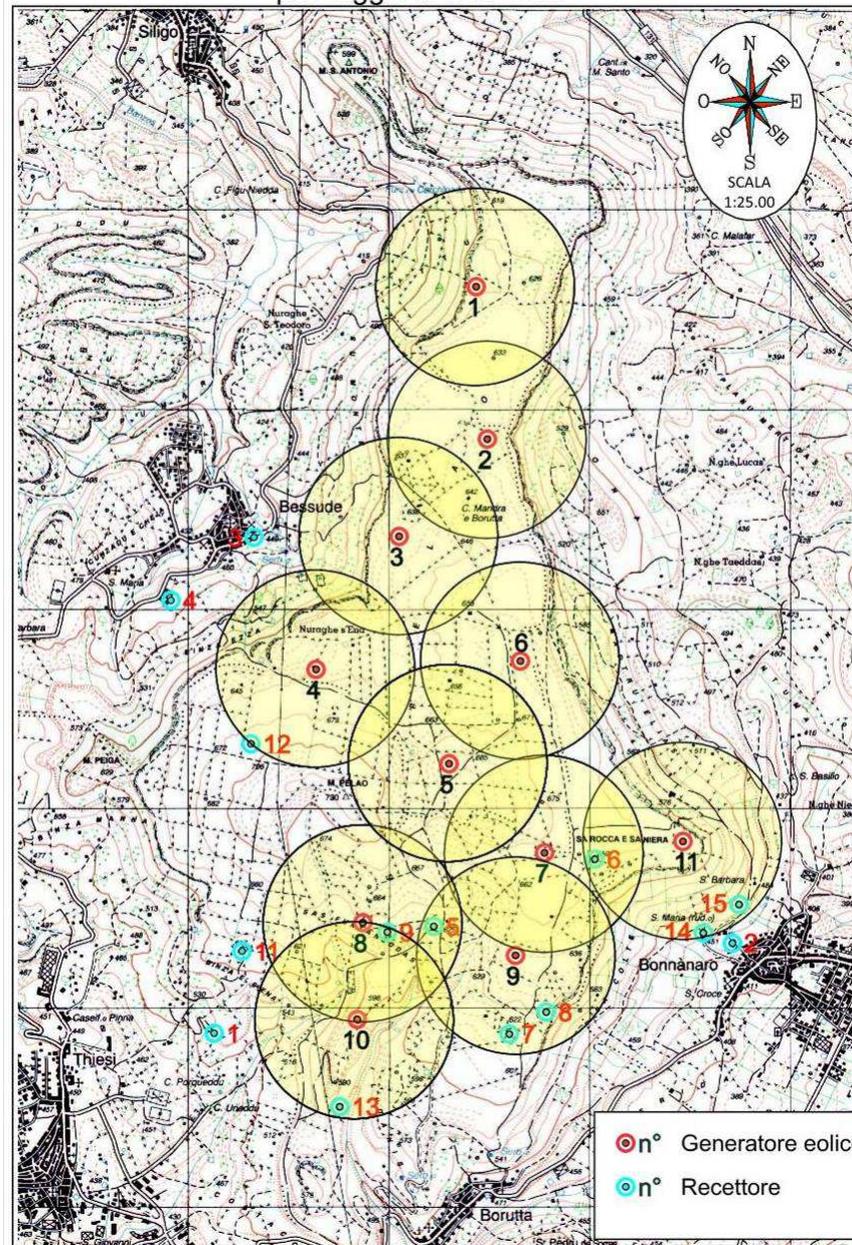
*Inoltre, preso atto dell'assenza totale di rumore generato da sorgenti di natura antropica per tutta la durata delle misurazioni, il livello di rumore registrato può essere assunto come rappresentativo del reale clima acustico nell'intera area di riferimento e per un suo intorno periferico ampio non meno di 500 metri.*

*In corrispondenza o in prossimità dei ricettori ritenuti sensibili, quelli inclusi negli ambiti urbani e suburbani, infatti, si registrano esclusivamente valori superiori rispetto a quelli misurati nell'agro, con un differenziale generato in parte dalle attività umane di ambito urbano, ma soprattutto al traffico veicolare che transita nelle strade locali, soprattutto riferendosi ai recettori n° 3 e n° 4, posti a ridosso della strada provinciale n° 23, da Bessude a Siligo.*

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



Aree di diffusione emisferica in piano orizzontale  
per raggio di 500 metri



*Al fine di valutare i fenomeni di concentrazione del disturbo acustico generato da due o più generatori sui diversi recettori, operando in maniera grafica semplificata è stata realizzata una mappa della diffusione sonora del rumore prodotto dai generatori per un raggio di cinquecento metri, oltre il quale la somma delle singole pressioni sonore diventa sostanzialmente irrilevante.*

*La simulazione è stata realizzando una diffusione emisferica omogenea, senza tenere conto di eventuali attenuazioni possibili, né di una eventuale modifica della propagazione delle onde sonore per anomalie topografiche che, nel caso in ispecie porterebbero sempre ad una riduzione planimetrica della distanza*



isofonica, visto che i punti di emissione sono sempre rilevati, a volte anche di molto, rispetto a tutti i possibili recettori.

Le sovrapposizioni delle diverse semisfere, circonferenze ragionando in piano, mettono chiaramente in evidenza che i recettori che ricadono all'interno delle aree di sovrapposizione sono solo tre, il n° 5, il n° 6 ed il n° 9.

Se si esclude il n° 5, cioè il fabbricato al servizio dell'anemometro di Borutta, il n° 6 ed il n° 9 sono rappresentati, il primo da un ricovero di attrezzature e macchinari al servizio di una vigna, la seconda da una stalla per ovini.

Entrambi sono quindi fabbricati rurali nei quali la presenza e la frequentazione umana è limitata al periodo diurno e per durate limitate alle attività lavorative, mentre è assolutamente esclusa la permanenza notturna e men che meno il pernottamento.

Le misurazioni determinazioni fonometriche, sia quelle eseguite in prossimità dei punti di installazione, cioè nelle stazioni di misura dalla n° 1 alla n° 5, sia quelle realizzate in prossimità dei recettori considerati maggiormente sensibili, cioè dalla n°7 alla n° 10, sono state svolte all'aperto, in fregio alla facciata dei fabbricati o nell'immediata prossimità, 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 recettore considerato, che si tratti di periodo di osservazione notturno, oppure di periodo diurno.

La campagna di misura fonometrica si è basata su una tecnica con campionamento continuo e misura diretta del valore del livello continuo equivalente LAeq su periodi medio lunghi, cioè pari ad almeno 24 ore.

Di seguito si riportano le definizioni delle grandezze di cui si è tenuto conto per operare il rilievo del rumore ambientale inteso come rumore di fondo.

- Tempo a lungo termine TL: è la cui durata della misurazione, stabilita in relazione agli obiettivi dell'indagine e, nel caso specifico è posta pari a 24 ore;
- Tempo di riferimento TR: individuato all'interno di TL, rappresenta il periodo della giornata all'interno del quale si eseguono le misurazioni; il D.M. 16-03-1998 distingue inoltre tra tempo di riferimento diurno TR<sub>d</sub> (tra le 06 e le 22) e tempo di riferimento notturno TR<sub>n</sub> (tra le 22 e le 06), per cui si ha:



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

- Tempo di osservazione  $T_O$ : collocato all'interno di ogni singolo tempo  $T_{Ri}$  è definibile in uno o più tempi  $T_{Oj}$  ed in tale caso vale la relazione:

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

nel caso specifico un unico  $T_O$  per il periodo diurno ed un unico  $T_O$  per il periodo notturno, che hanno durata pari a quella del periodo di riferimento;

- Tempo di misurazione  $T_{Mk}$ : è collocato all'interno di un tempo di ciascun tempo  $T_{Oj}$  e vale:

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

Ad ogni  $k$ -esimo intervallo di misura  $T_{Mk}$  di durata  $t_k$ , è associato il corrispondente livello equivalente  $L_{Aeq, T_{Mk}}$ . L'ipotesi alla base è che il valore del livello equivalente  $L_{Aeq}$  corrispondente all'insieme dei  $k$ -esimi livelli misurati  $L_{Aeq, T_{Mk}}$  coincida con il livello equivalente riferito al tempo di osservazione  $T_{Oj}$  contenente i  $k$ -esimi tempi  $T_{Mk}$ , ossia:

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

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

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

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

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

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

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



*In pratica, per ciascuna valutazione, si sceglie una postazione di misura assolutamente significativa 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 di misurazione sono stati eseguiti rilievi tali da verificare la distribuzione, temporale e spaziale, sufficientemente rappresentativa del livello sonoro di ciascuna delle singole aree sottoposta a verifica.*

*Di fatto, poiché le registrazioni hanno avuto luogo in continuo, la postazione di misurazione è stata unica e, ipotizzando che la legge di distribuzione spaziale del rumore nell'ambito ristretto di ciascun sito esaminato resti invariata nel corso delle 24 ore, si può calcolare anche il livello equivalente riferito all'intero tempo di riferimento diurno o notturno.*

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

Valori Leq			
staz. N°	tot.	day	night
1	30	31,6	26,4
2	29,1	29,8	26
3	30	31,8	25,9
4	28,4	29	25,8
5	28,3	28,7	26,5
6	31,8	32,5	28,3
7	30,1	31,6	26,4
8	33,8	34,7	30,4
9	32	33,2	30
10	58,8		

*Appare chiaramente evidente la contenuta disparità tra la condizione acustica naturale diurna e quella notturna, particolarmente marcata nell'ambito extraurbano, con una differenza poco superiore a 1.5 dB(A), ad indicare la scarsissima incidenza di fattori sonori inquinanti, molto contenuti anche nei punti di maggiore pressione acustica inquinante, cioè a ridosso delle strade di maggiore circolazione, 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 costituisce il maggiore agente naturale di produzione sonora locale, come evidenziato da quanto registrato il giorno 9 dicembre del 2022 in prossimità dell'anemometro di Borutta, la cui apparecchiatura ha misurato, nell'anemometro di Bessude ubicato a brevissima distanza, meno di quattro chilometri, in condizioni geografiche analoghe*



e con identica esposizione ai venti, velocità comprese tra 12.5 e 15.2 metri al secondo, dando origine ad una pressione acustica, misurata ad un metro e mezzo dal suolo ed equalizzata in A, di oltre 78 dB.

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 del rumore "RESIDUO" in condizione di assenza di vento o con un vento moderato di velocità inferiore a 3.0 m/sec., che viene posto alla base della stima del valore differenziale, pari di 33 dB.

Tale pressione sonora può essere utilizzato sia per il periodo di riferimento diurno che per il periodo di riferimento notturno, dal momento che è causato quasi esclusivamente dalla rumorosità naturale locale, con scarsa incidenza delle fonti artificiali, delle quali la preminente, come già detto, è rappresentata dal traffico veicolare sulle strade di maggiore comunicazione nelle cui adiacenze sono localizzati i recettori principali, in particolare riferendosi al n° 3 ed al n° 4, ubicati a ridosso del tracciato della Strada Provinciale n° 23 Bessude – Siligo.

A prescindere dalla misurazione eseguita direttamente nella condizione di ventosità particolarmente elevata, operando accademicamente come frequentemente accade, si deve considerare che all'aumentare del vento, comunque, corrisponde un normale incremento della rumorosità naturale del rumore di fondo, che, ai fini della verifica, può essere valutato attraverso un gradiente compreso tra 0,8 ed 2.0 dB per ogni incremento di un metro al secondo m/s di velocità del vento, gradiente che cresce 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, fino alla velocità di 16 m/s, oltre la quale il gradiente non cresce oltre il valore massimo, secondo un andamento illustrato nel grafico sottostante.



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



Campo eolico "Monte Pelao" - Bessude - Bonnannaro - Borutta - Siligo (SS)

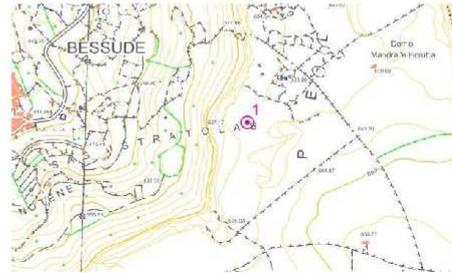
Stazione fonometrica n° 1 - WGT 03

Data inizio rilevamento: 13/12/2022

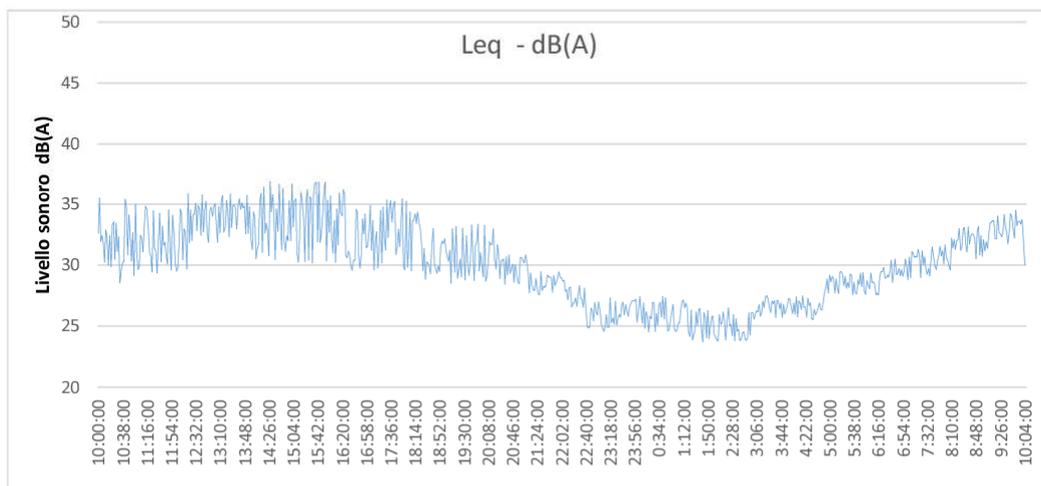
Data fine rilevamento: 14/12/2022

Ora inizio rilevamento: 10.00.00

Ora fine rilevamento: 10.02.00



Stazione fonometrica n°	Gauss Boaga Long. Est m.	Gauss Boaga Lat. Nord m.	Quota terreno m.s.l.m.
1	14 77 934	44 89 183	635



Livello equivalente totale:	30,0 dB(A)
Livello equivalente diurno:	31,6 dB(A)
Livello equivalente notturno:	26,4 dB(A)



Campo eolico "Monte Pelao" - Bessude - Bonnannaro - Borutta - Siligo (SS)

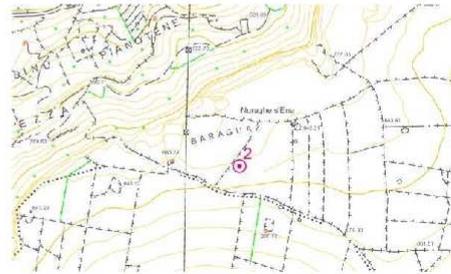
Stazione fonometrica n° 2 - WGT 04

Data inizio rilevamento: 12/12/2022

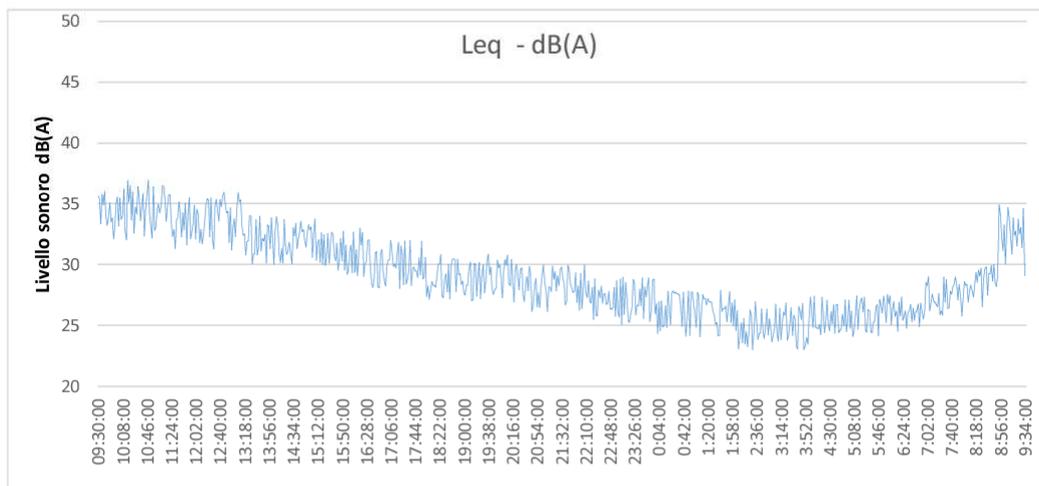
Data fine rilevamento: 13/12/2022

Ora inizio rilevamento: 09.30.00

Ora fine rilevamento: 09.32.00



Stazione fonometrica n°	Gauss Boaga Long. Est m.	Gauss Boaga m.	Lat. Nord m.	Quota terreno m.s.l.m.
2	14 77 575	44 88 500	643	



Livello equivalente totale:	29,1 dB(A)
Livello equivalente diurno:	29,8 dB(A)
Livello equivalente notturno:	26,0 dB(A)



Campo eolico "Monte Pelao" - Bessude - Bonnannaro - Borutta - Siligo (SS)

Stazione fonometrica n° 3 - WGT 08

Data inizio rilevamento: 29/11/2022

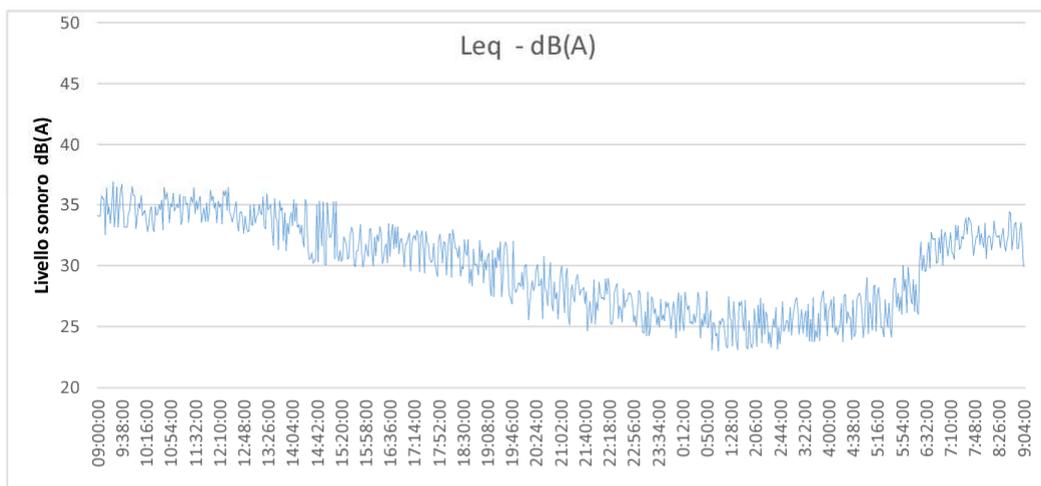
Data fine rilevamento: 30/11/2022

Ora inizio rilevamento: 09.00.00

Ora fine rilevamento: 09.02.00



Stazione fonometrica n°	Gauss Boaga Long. Est m.	Gauss Boaga Lat. Nord m.	Quota terreno m.s.l.m.
3	14 77 854	44 87 379	663



Livello equivalente totale:	29,8 dB(A)
Livello equivalente diurno:	31,8 dB(A)
Livello equivalente notturno:	25,9 dB(A)



Campo eolico "Monte Pelao" - Bessude - Bonnannaro - Borutta - Siligo (SS)

Stazione fonometrica n° 4 - WGT 10

Data inizio rilevamento: 07/12/2022

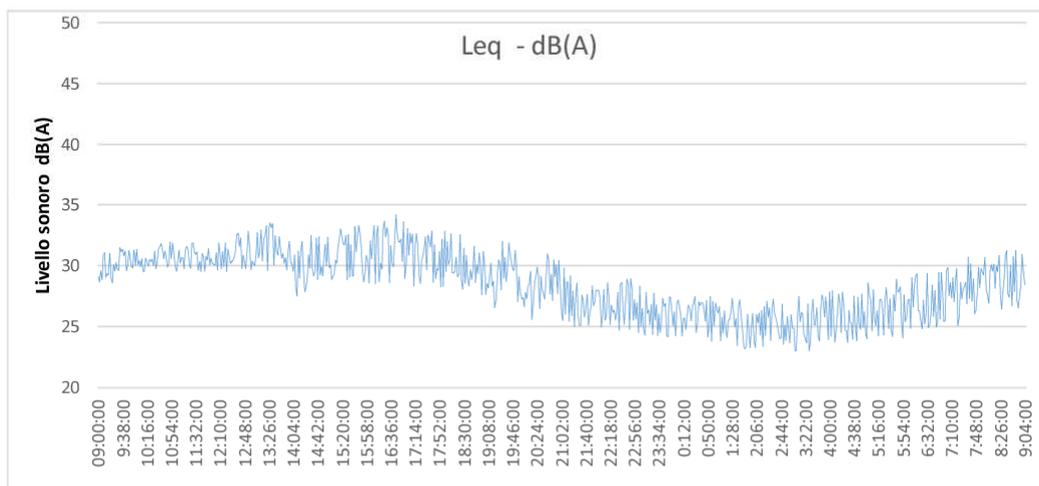
Data fine rilevamento: 08/12/2022

Ora inizio rilevamento: 09.00.00

Ora fine rilevamento: 09.02.00



Stazione fonometrica n°	Gauss Boaga Long. Est m.	Gauss Boaga m.	Lat. Nord m.	Quota terreno m.s.l.m.
4	14 77 575	44 88 500		643



Livello equivalente totale:	28,4 dB(A)
Livello equivalente diurno:	29,0 dB(A)
Livello equivalente notturno:	25,8 dB(A)



Campo eolico "Monte Pelao" - Bessude - Bonnannaro - Borutta - Siligo (SS)

Stazione fonometrica n° 5 - WGT 11

Data inizio rilevamento: 06/12/2022

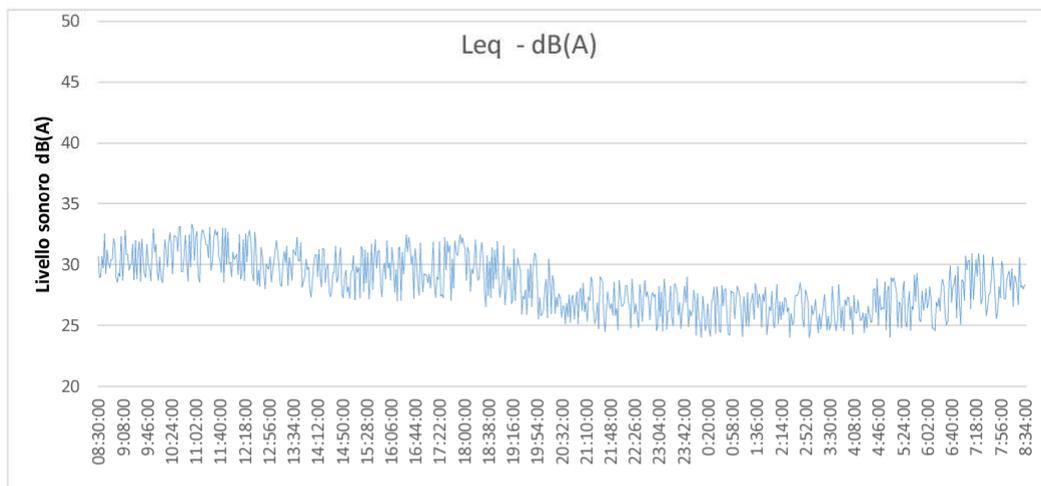
Data fine rilevamento: 07/12/2022

Ora inizio rilevamento: 08.30.00

Ora fine rilevamento: 08.32.00



Stazione fonometrica n°	Gauss Boaga Long. Est m.	Gauss Boaga Lat. Nord m.	Quota terreno m.s.l.m.
5	31,65	31,65	0



Livello equivalente totale:	28,3 dB(A)
Livello equivalente diurno:	28,7 dB(A)
Livello equivalente notturno:	26,5 dB(A)



Campo eolico "Monte Pelao" - Bessude - Bonnannaro - Borutta - Siligo (SS)

Stazione fonometrica n° 6 - Rec. 01 - Periferia Thiesi

Data inizio rilevamento: 05/12/2022

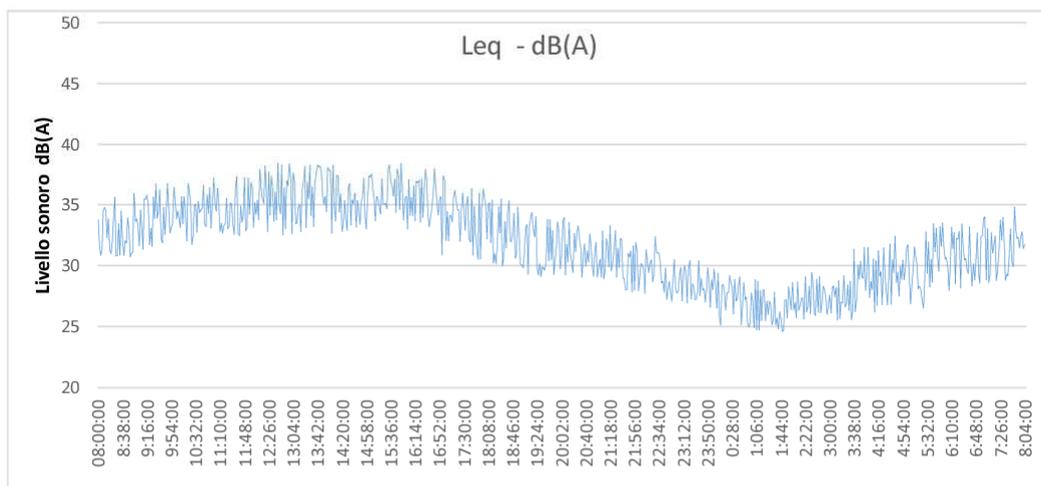
Data fine rilevamento: 06/12/2022

Ora inizio rilevamento: 08.00.00

Ora fine rilevamento: 08.02.00



Stazione fonometrica n°	Gauss Boaga Long. Est m.	Gauss Boaga Lat. Nord m.	Quota terreno m.s.l.m.
6	14 77 069	44 86 668	523



Livello equivalente totale:	31,8 dB(A)
Livello equivalente diurno:	32,5 dB(A)
Livello equivalente notturno:	28,3 dB(A)



Campo eolico "Monte Pelao" - Bessude - Bonnannaro - Borutta - Siligo (SS)

Stazione fonometrica n° 7 - Rec. 02 - Periferia Bonnannaro

Data inizio rilevamento: 01/12/2022

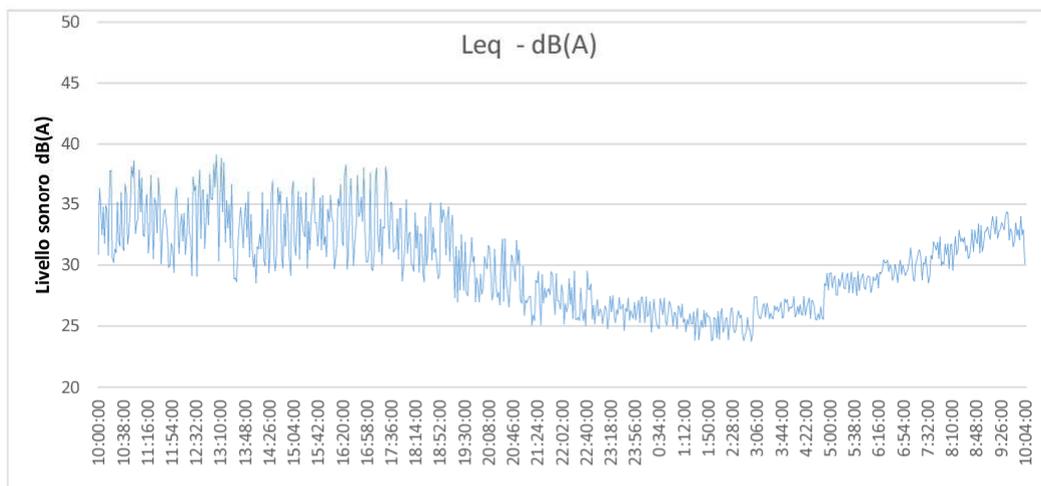
Data fine rilevamento: 02/12/2022

Ora inizio rilevamento: 10.00.00

Ora fine rilevamento: 10.02.00



Stazione fonometrica n°	Gauss Boaga Long. Est m.	Gauss Boaga Lat. Nord m.	Quota terreno m.s.l.m.
7	14 79 675	44 87 114	427



Livello equivalente totale:	30,1 dB(A)
Livello equivalente diurno:	31,6 dB(A)
Livello equivalente notturno:	26,4 dB(A)



Campo eolico "Monte Pelao" - Bessude - Bonnannaro - Borutta - Siligo (SS)

Stazione fonometrica n° 8 - Rec. 03 - Periferia Bessude

Data inizio rilevamento: 02/12/2022

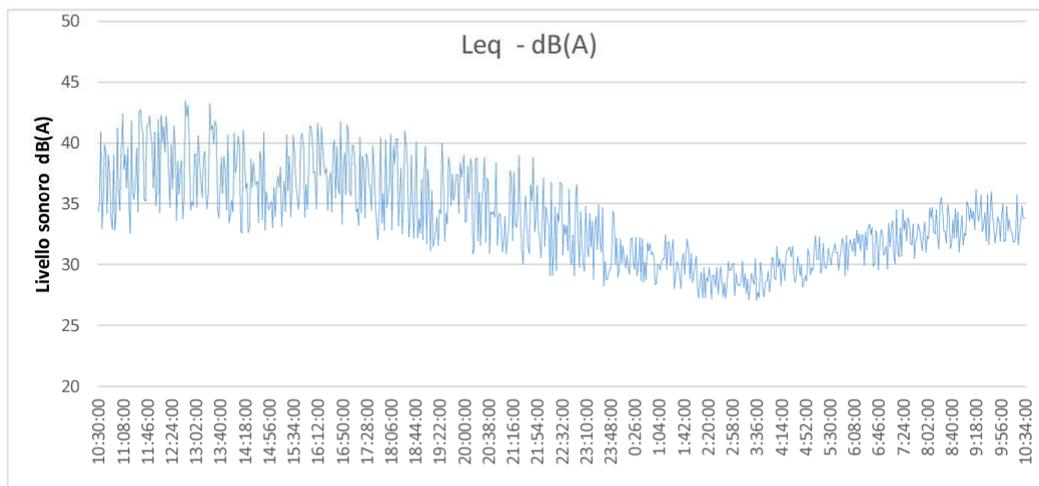
Data fine rilevamento: 03/12/2022

Ora inizio rilevamento: 10.30.00

Ora fine rilevamento: 10.32.00



Stazione fonometrica n°	Gauss Boaga Long. Est m.	Gauss Boaga Lat. Nord m.	Quota terreno m.s.l.m.
8	14 77 262	44 89 181	443



Livello equivalente totale:	33,8 dB(A)
Livello equivalente diurno:	34,7 dB(A)
Livello equivalente notturno:	30,4 dB(A)



Campo eolico "Monte Pelao" - Bessude - Bonnannaro - Borutta - Siligo (SS)

Stazione fonometrica n° 9 - Rec 04 - Cimitero Bessude

Data inizio rilevamento: 30/11/2022

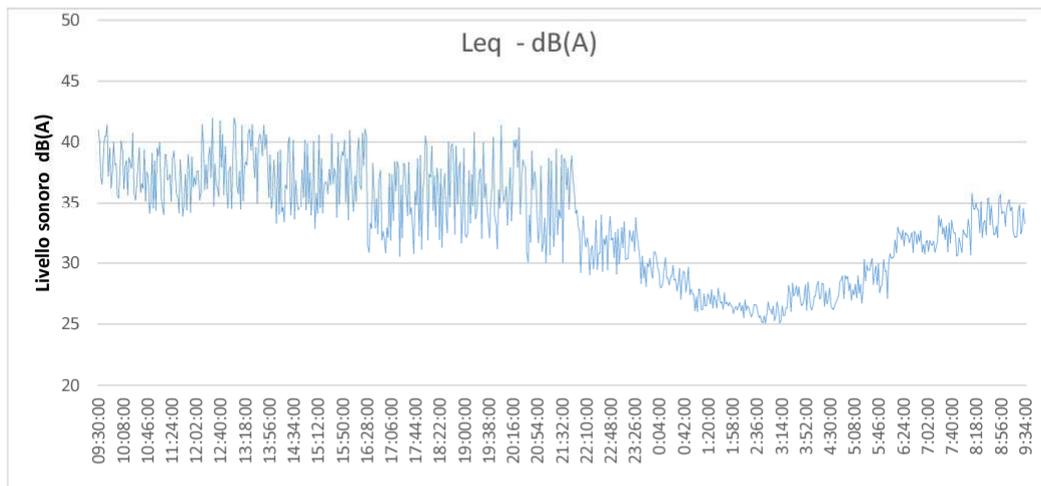
Data fine rilevamento: 01/12/2022

Ora inizio rilevamento: 09.30.00

Ora fine rilevamento: 09.32.00



Stazione fonometrica n°	Gauss Boaga Long. Est m.	Gauss Boaga m.	Lat. Nord	Quota terreno m.s.l.m.
9	14 76 791	44 88 876		462



Livello equivalente totale: 32,0 dB(A)

Livello equivalente diurno: 33,2 dB(A)

Livello equivalente notturno: 30,0 dB(A)



Campo eolico "Monte Pelao" - Bessude - Bonnannaro - Borutta - Siligo (SS)

Stazione fonometrica n° 10 - Rec. 5 - Anemometro Borutta

Data inizio rilevamento: 09/12/2022

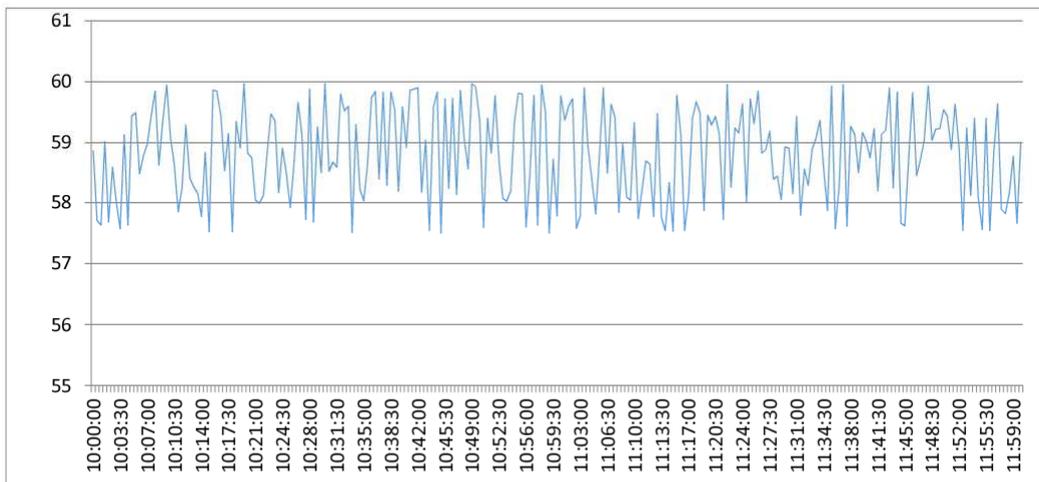
Data fine rilevamento: 09/12/2022

Ora inizio rilevamento: 10.00.00

Ora fine rilevamento: 12.00.00



Stazione fonometrica n°	Gauss Boaga Long. Est m.	Gauss Boaga Lat. Nord m.	Quota terreno m.s.l.m.
10	14 78 129	44 87 388	652



Livello equivalente totale: 58,8 dB(A)  
 Livello equivalente diurno: dB(A)  
 Livello equivalente notturno: dB(A)



## **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.*

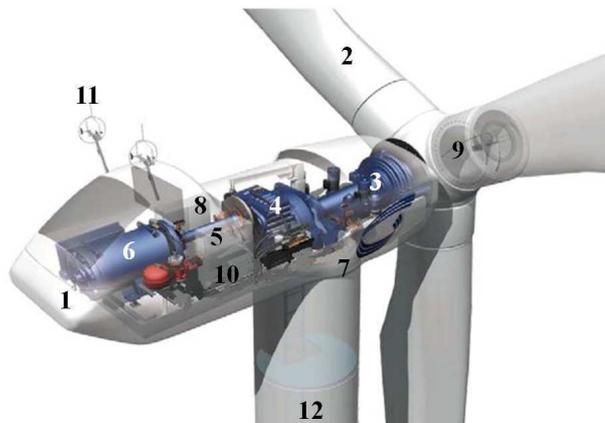
*Il rumore meccanico emesso dalla rotazione di parti meccaniche ed elettriche tende ad essere prevalentemente di tipo tonale, anche se può contenere una componente a banda larga.*

*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.*

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.





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

*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.*

*Solitamente si prende a riferimento una velocità del vento di circa 8-10 m/s alla quale, le turbine di potenze elevate che oscillano tra i 500 kW e i 5 MW, operano in condizioni di potenza nominale.*

*In queste condizioni i livelli di potenza sonora sono di circa 100 dB(A) per turbine con diametro di 40-50 metri e 105 dB(A) per turbine più grandi che oscillano sui 120 metri di diametro pale.*

*Nel caso specifico il produttore ha fornito una tabella che, per il generatore da installare dotato del bordo di uscita delle pale di tipo seghettato, la massima potenza sonora si limita ad un valore massimo pari a 98 dB(A), come illustrato nella tabella allegata precedentemente, raggiunto già alla velocità di 8 m/s, che quindi viene assunto come parametro limite.*

*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, venendo da questo "assorbito" e talora sovrastato.*

*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, nonché 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 che evidenziano un rumore residuo in assenza di vento molto basso, è lecito affermare che le immissioni ai recettori saranno sostanzialmente determinate dall'azione del vento, se e quando presente.*

*Misurazioni eseguite in condizioni di ventosità diversa, peraltro con differenze lievi limitate entro un divario di 1.1 m/s, 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 3.1 m/sec, per cui è lecito attendersi maggiori immissioni considerevoli per venti di entità significativa.*

*Questa considerazione trae fondamento anche dall'unica misurazione eseguita in condizioni di vento forte, concretizzatasi inn data 9 dicembre del 2022, in cui tra le ore 9.30 e le ore 11.30 in prossimità dell'anemometro di Borutta ad una quota di un metro e mezzo dal piano di campagna sono stati misurati valori medi di circa 58.8 dB, con una velocità del vento alla quota di 100 metri da terra, stimata nel vicino anemometro di Bessude, compresa tra 12.5 e 15.2 metri al secondo, valori che di fatto superano quelli determinabili per via teorica utilizzando le formule convenzionalmente adottate per eseguire queste valutazioni.*



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.

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

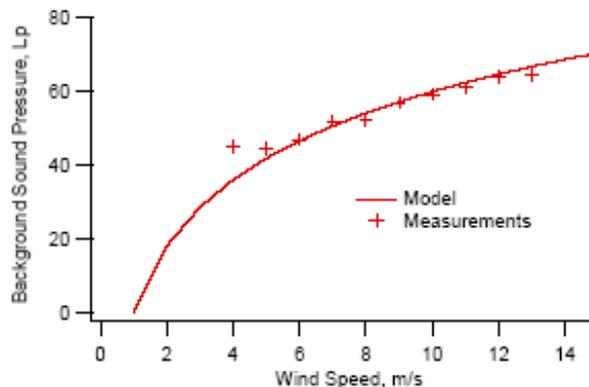
Dove C1 e C2 sono costanti che dipendono dalla posizione del recettore e V è la velocità del vento.

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.

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.

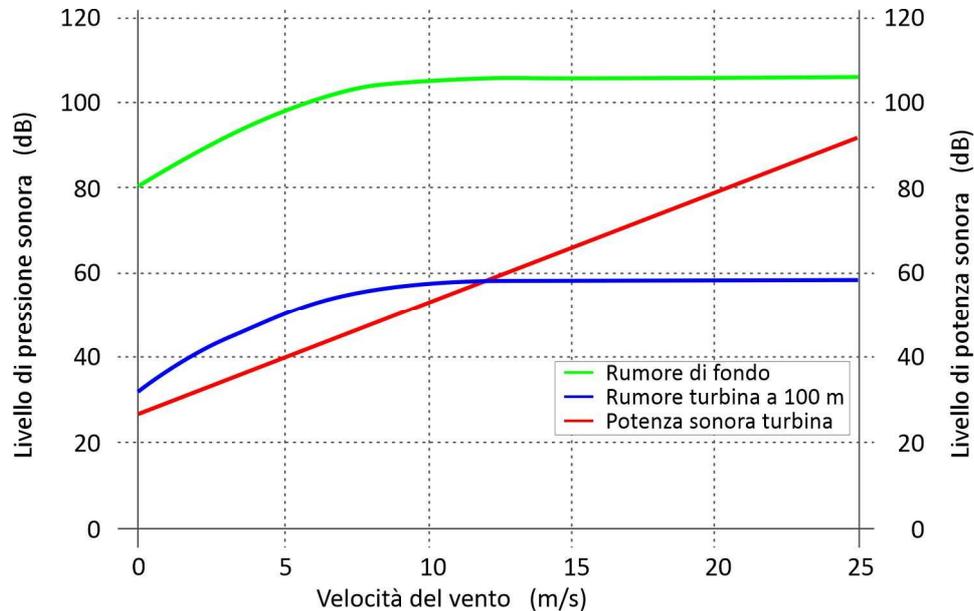
Gli aerogeneratori più recenti, quali quelli proposti, attualmente sono caratterizzati da livelli di potenza sonora dell'ordine di 100-105 dB(A).

Ad una velocità massima del vento di 25 m/s le emissioni sonore risultano incrementate di circa 2-3 dB(A) rispetto a quelle nominali mentre, per vento intorno ai 3-4 m/s le emissioni risultano ridotte di circa 10 dB(A).

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).



Per i livelli di potenza sonora quali quelli caratteristici degli aerogeneratori in progetto, seguendo le formule comunemente utilizzate, per distanze di misurazione dall'aerogeneratore di 100 metri, corrispondono livelli di pressione sonora di circa 60 dB(A) come si può dedurre dal grafico di seguito.



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).

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).

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, tanto da risultare praticamente inapplicabile senza l'utilizzo di calcolatori avanzati quando si analizza il suono nelle sue diverse componenti spettrali.*

*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 proprio 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).*

*La velocità del vento pari a 5 m/s è posta tale proprio in quanto indicata dalla norma cui ci si riferisce.*

*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 tenendo conto della distribuzione spaziale delle isofoniche (emissioni) prodotte dagli aerogeneratori con velocità del vento pari a 8 m/s.*

*Oltre questo limite di velocità è adottato in quanto, nello specifico, il rumore prodotto dagli aerogeneratori in progetto oltre tale valore 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:

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

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.

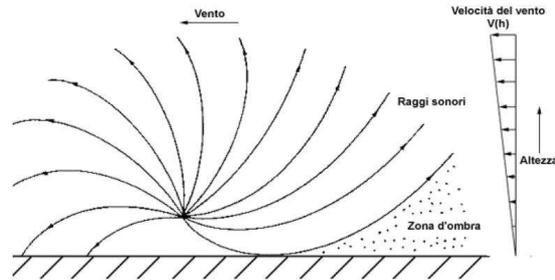
L'attenuazione per assorbimento atmosferico è calcolata secondo la formula (ISO9613-2- par. 7.2):

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

dove  $d$  rappresenta la distanza di propagazione in metri e  $\alpha$  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 la seguente legge logaritmica già citata, nota in letteratura tecnica:

$$L_{Aeq} = C1 + C2\text{Log}(V)$$

dove:



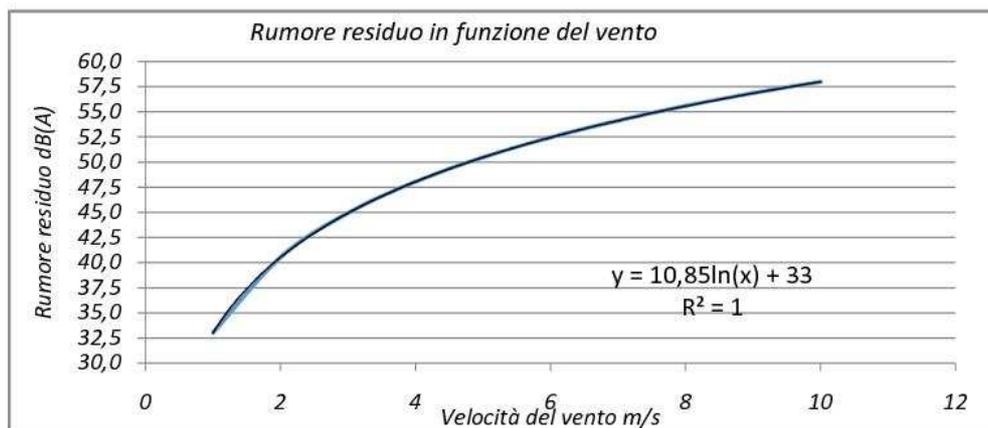
C1: Rappresenta il valore del rumore residuo misurato al recettore, che nel caso specifico è stato posto pari a 33 dB(A) come valore rappresentativo sia del periodo diurno che notturno;

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

V: 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.

C1 dB(A)	33	Pressione sonora del rumore residuo dB(A)									
C2	25	$L_{Aeq} = C1 + C2 \text{ Log}(V)$									
$L_{Aeq}$ dB(A)	33,0	40,5	44,9	48,1	50,5	52,5	54,1	55,6	56,9	58,0	
V m/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	



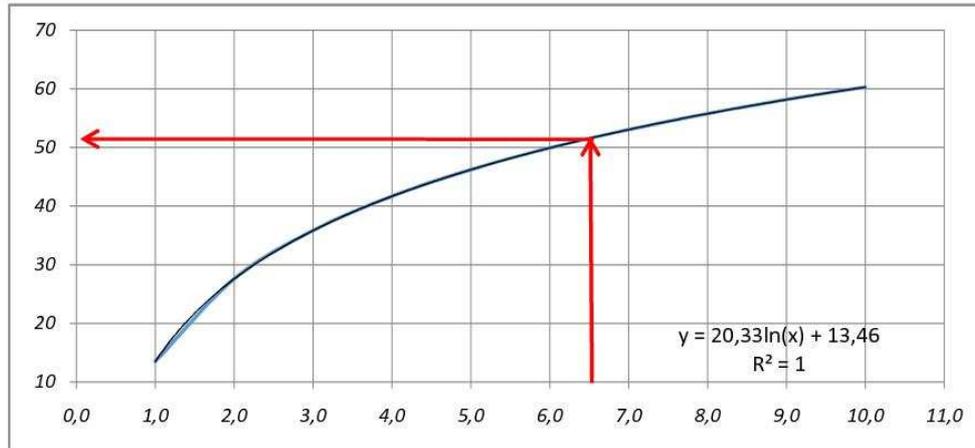
Un altro algoritmo che consente di stimare la pressione sonora generata dal vento è quello proposto dall' ISPRA sulla base di una serie nutrita di elaborazioni empiriche eseguite durante le operazioni di monitoraggio svolte in fase di operatività su una serie di campi fotovoltaici localizzati su tutto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

$$L_{Aeq} = 20.33 * V + 13.46$$

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.



Formula ISPRA												
Velocità vento	m/s	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	6,5
Rumore residuo	$L_{Aeq}$ dB(A)	13,5	27,6	35,8	41,7	46,2	49,9	53	55,7	58,1	60,3	51,5



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 abbondantemente il livello del rumore residuo misurato direttamente con le rilevazioni fonometriche eseguite in questa campagna di studio sui diversi recettori.

Un ulteriore dato da utilizzare nelle valutazioni oggettive è fornito dalla misurazione eseguita in via diretta del rumore generato dal vento nel sito specifico, che ha consentito di misurare pressioni sonore medie di 58.8 dB(A) con velocità comprese tra 12.5 e 15.2 m/s.

Utilizzando il più elevato di questi valori la prima formula proposta,  $L_{Aeq} = C1 + C2\text{Log}(V)$ , fornisce un valore del rumore residuo pari a 62.5 dB(A), mentre utilizzando la formula ISPRA si ricava un valore di LR pari a 68.8 dB(A), entrambe inferiori a quanto realmente misurato ma, considerando che la formula ISPRA ha permesso di stimare un valore più prossimo a quello misurato, si è deciso di adottare tale algoritmo per le 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

$$\frac{U_z}{U_{zr}} = \left(\frac{Z}{Z_r}\right)^\alpha$$

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

$U_{z,r}$	$Z_r$	$Z$	$U_z$
7	105	1,5	3,2
m/s	m	m	m/s

$U_{z,r}$	$Z_r$	$Z$	$U_z$
7	105	5	4,0
m/s	m	m	m/s

$U_{z,r}$	$Z_r$	$Z$	$U_z$
8	105	1,5	3,7
m/s	m	m	m/s

$U_{z,r}$	$Z_r$	$Z$	$U_z$
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.

Se invece si considera la velocità oltre la quale gli aerogeneratori non determinano alcun maggiore incremento delle emissioni, cioè 8 m/s, la velocità percepita sarà di 3.7 e 4.6 m/s, rispettivamente ad 1.5 e 5.0 metri dal piano di campagna.

Giusto a titolo di confronto, inoltre, se si considera la massima velocità del vento rilevata durante questo studio, pari a 15.2 m/s, la velocità percepita sarà di 7.0 e 8.7 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 velocità pari a 5 m/s, con un rumore residuo pari a 30.4 e 35.1 dB(A), rispettivamente ad 1.5 e 5.0 metri dal suolo.

Se invece il rumore residuo viene stimato per venti con velocità di 8 m/sec, i valori salgono rispettivamente a 40.1 e 44.5, che salgono a 53.0 e 57.5 se il vento assume velocità pari a quella massima riscontrata, 15.2 m/s, a fronte di una misurazione reale che ad un metro e mezzo di altezza da terra ha rilevato una pressione sonora di 55.8 dB(A)

Questi sono i valori che contribuiscono a formare il valore residuo in ogni singolo recettore, da sommare a quello che è il rumore residuo caratteristico, stimato pari a 33 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

$$L_{eq,tot} \text{ ad } 1.5 \text{ m da p.c.} = \underline{\underline{34.9 \text{ dB(A)}}}$$

e

$$L_{eq,tot} \text{ ad } 5.0 \text{ m da p.c.} = \underline{\underline{37.2 \text{ dB(A)}}}$$

Questi ultimi sono i valori da utilizzare come rumore residuo atteso ai recettori nella condizione di vento all'hub pari a 5.0 m/s, ma se si considera la velocità del vento alla navicella, 105 metri dal suolo, pari a 8 m/s, si ricava

$$L_{eq,tot} \text{ ad } 1.5 \text{ m da p.c.} = \underline{\underline{40.9 \text{ dB(A)}}}$$

e

$$L_{eq,tot} \text{ ad } 5.0 \text{ m da p.c.} = \underline{\underline{44.2 \text{ dB(A)}}}$$

e se, a puro livello speculativo, si considerasse la velocità massima misurata, 15.2 m/s, si ricava

$$L_{eq,tot} \text{ ad } 1.5 \text{ m da p.c.} = \underline{\underline{53.0 \text{ dB(A)}}}$$

e

$$L_{eq,tot} \text{ ad } 5.0 \text{ m da p.c.} = \underline{\underline{57.5 \text{ dB(A)}}}$$



valori perfettamente identici a quelli stimati in quota, a dimostrazione che una volta superata una certa velocità, il rumore prodotto dal vento in quota viene percepito quasi identico a terra, assorbendo del tutto il rumore residuo naturale.

I valori che la norma indica come parametri da porre a paragone, cioè quelli calcolati per un vento in quota pari a 5 m/s, quindi 34.9 dB(A) ad 1.5 m da terra e 37.2 dB(A) a 5.0 m da terra, soddisfano pienamente i limiti imposti dalla normativa vigente, anche nel caso dell'area cimiteriale in fregio alla muratura esterna, dove il limite delle immissioni risulta pari a 50 dB(A) in periodo diurno e 40 dB(A) in periodo notturno.

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:

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

e

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

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

$$L_{eq,tot} \text{ ad } 1.5 \text{ m da p.c.} = \underline{37.6 \text{ dB(A)}}$$

e

$$L_{eq,tot} \text{ ad } 5.0 \text{ m da p.c.} = \underline{40.9 \text{ dB(A)}}$$

In questo caso nell'area cimiteriale si avrebbe un limitatissimo superamento del limite normativo ma, in questa condizione, il clima acustico di base, posto molto cautelativamente pari a 33, può essere ricondotto al valore medio delle misurazioni eseguite nel periodo notturno, pari a 30 dB(A), per cui la reale emissione sarebbe pari a :

$$L_{eq,tot} \text{ ad } 5.0 \text{ m da p.c.} = \underline{40.4 \text{ dB(A)}}$$

con un superamento che di fatto può essere trascurato considerando che nel periodo notturno l'area critica di tale recettore non è praticata da frequentazione umana.

Una volta determinato il valore del rumore residuo nelle condizioni di vento normale, si deve procedere 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, ma che alla velocità di 5 m/s si limita a 93.9 dB(A)*

*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, ma si ribadisce che in questo studio non verrà considerata l'opzione di calcolo che tenga conto delle diverse frequenze componenti l'emissione sonora, per cui verrà adottata la procedura semplificata.*

*Tra le diverse attenuazioni possibili assume significato e rilevanza particolare quella generata dalla divergenza geometrica che rappresenta il maggiore, e fondamentale, abbattitore del rumore prodotto dal generatore eolico, espressa dalla formula*

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

*con*

*d = distanza tra sorgente e recettore in metri;*

*d0 = distanza di riferimento pari a 1 metro*

*e nel caso specifico, considerando i 5 recettori ritenuti rilevanti, si ricava*

$$A_{div} \text{ R1} = 67.2 \text{ dB}$$

$$A_{div} \text{ R2} = 66.3 \text{ dB}$$

$$A_{div} \text{ R3} = 67.6 \text{ dB}$$

$$A_{div} \text{ R4} = 69.9 \text{ dB}$$

$$A_{div} \text{ R5} = 59.8 \text{ dB}$$

*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.*



*Nel caso specifico, considerando i 5 recettori ritenuti rilevanti, si ricava*

$$A_{atm} \ R1 = 1.23 \text{ dB}$$

$$A_{atm} \ R2 = 1.10 \text{ dB}$$

$$A_{atm} \ R3 = 1.29 \text{ dB}$$

$$A_{atm} \ R4 = 1.66 \text{ dB}$$

$$A_{atm} \ R5 = 0.52 \text{ dB}$$

*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, la presenza di coltri allentate corticali e di vegetazione anche solo erbacea, consentono tale scelta.*

*Nel caso specifico, considerando i 5 recettori ritenuti rilevanti, per via della loro posizione fortemente depressa rispetto alle sorgenti sonore, si ricavano valori negativi, per cui in accordo con le convenzioni normative, vengono trascurati.*

*L'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  $D_{\Omega}$ , da adottare poiché si usa il metodo alternativo semplificato, per cui si verifica che

$$D_C = D_{\Omega} - 0$$

con

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

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

$D_{\Omega} R1 = 3.0 \text{ dB}$

$D_{\Omega} R2 = 3.0 \text{ dB}$

$D_{\Omega} R3 = 3.0 \text{ dB}$

$D_{\Omega} R4 = 3.0 \text{ dB}$

$D_{\Omega} R5 = 3.0 \text{ dB}$

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

con



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

essendo

$$A_{div} = \text{attenuazione geometrica} = 20 \text{ LOG}(d/1) + 11 \text{ Db}$$

$$A_{atm} = \text{attenuazione per l'assorbimento dell'aria} = \alpha_{500} d / 1000$$

con  $\alpha_{500}$  coefficiente di assorbimento dell'aria  $\approx 1.9 \text{ dB/km}$

$$A_{gr} = \text{contributo del terreno } 4.8 - (2h_m/d) * [17 + (300/d)] \quad \text{dove se } A_{gr} < 0 \quad A_{gr} = 0$$

dove  $h_m$  è l'altezza media dell'onda sonora  $h_m = (h_s + h_r)/2$

$$A_{bar} = \text{attenuazione per schermatura} \quad \text{solitamente posta a zero}$$

$$A_{misc} = \text{attenuazione per effetti vari (vegetazione, edifici, industrie) solitamente posta a zero}$$

-  $C_{met}$  correzione metereologica 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

$$d_p = \text{distanza sul terreno tra sorgente e recettore in metri}$$

$$h_s = \text{altezza dal suolo della sorgente in metri}$$

$$h_r = \text{altezza dal suolo della sorgente in metri}$$

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 partendo dal valore della potenza sonora dichiarata dal produttore degli aerogeneratori alla velocità del vento indicata dalla normativa vigente, pari a 5 m/s, cioè 93.9 dB(A), ed applicando le attenuazioni risultate positive e la correzione direzionale che, per tutti i recettori è risultata essere pari a 3, ricavando la seguente tabella

Recettore	1	2	3	4	5
Potenza sonora LWA dB(A)	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9
Attenuazione per divergenza dB(A)	67.2	66.3	67.6	69.9	59.8
Attenuazione atmosferica dB(A)	1.23	1.10	1.29	1.66	0.52
Correzione direzionale dB(D)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Immissione aerogeneratore $L_{AT}(DW)$ dB(A)	28.5	29.5	28.0	25.3	36.6



che rappresentano il contributo sonoro fornito dalla torre eolica più vicina a ciascuno dei recettori presi in considerazione, nel formare l'impatto acustico locale.

Questi valori devono essere sommati vettorialmente a quello,  $L_{eq,tot}$  ad 1.5 m da p.c. = 34.9 dB(A) che rappresenta il rumore di fondo nelle condizioni di ventosità normative, permettendo di calcolare la pressione sonora totale.

Sono questi i valori da porre a confronto con i limiti normativi ricavando la seguente tabella

Recettore	1	2	3	4	5
Livello di rumore ambientale $L_{Aeq}$ dB(A)	35.8	36.0	35.7	35.4	38.8
Immissione aerogeneratore $L_{AT}$ (DW) dB(A)	28.5	29.5	28.0	25.3	36.6
Livello di rumore ambientale $L_{Aeq}$ dB(A)	35.8	36.0	35.7	35.4	38.8

Operando il raffronto tra il valore del rumore residuo ambientale e i limiti delle emissioni specifiche per le zone acustiche in cui i diversi recettori sono compresi si ricava

Recettore	1	2	3	4	5
Classe acustica	II	II	II	I	V
Valore limite emissione diurno $L_{Aeqd}$ dB(A)	50	50	50	45	65
Valore limite emissione notturno $L_{Aeqn}$ dB(A)	40	40	40	35	55
Livello di rumore ambientale $L_{Aeq}$ dB(A)	35.8	36.0	35.7	35.4	38.8

L'analisi della tabella sopra riportata dimostra che quasi in tutti i recettori i valori dei limiti normativi vengono ampiamente rispettati, con la sola eccezione della condizione notturna pertinente il recettore n° 5, il cimitero di Bessude.

Questa struttura è stata fatta rientrare nella classe acustica I<sup>a</sup>, quella delle aree particolarmente protette in cui 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.

Deve essere precisato che il rumore ambientale calcolato per questo recettore parte da un valore del rumore residuo posto pari a 33 d(BA), per semplicità di calcolo arrotondando ed approssimando sia il parametro diurno che quello notturno.

Se a base dell'elaborazione si pone il valore del rumore residuo realmente riscontrato nel periodo notturno in assenza di vento, pari a 29 dB(A), si otterrebbe una diminuzione di pressione sonora pari a 0.5 dB(A), riducendo quindi il le emissioni a 34.9 dB(A), appena sotto il limite normativo.



*Deve anche essere precisato che, poiché il sito recettore è rappresentato da un area cimiteriale, la frequentazione umana nel periodo notturno, cioè dalle ore 22 alle ore 6, è di fatto del tutto esclusa, quindi l'eventuale inquinamento acustico, quand'anche ve ne fosse di alcuno molto contenuto, non determinerebbe alcun disturbo alle persone.*

*Se poi si considera il criterio del differenziale, per cui si valuta la differenza tra la pressione sonora in assenza della perturbazione acustica determinata dal generatore eolico, che in condizione di ventosità pari a quella prevista dalla norma è pari a 34.9 dB(A), e quella del rumore ambientale di previsione, 34.9 dB(A) si riscontra che il differenziale è pari a zero, quindi abbondantemente inferiore a quello posto dalle leggi vigenti.*

*Un'ulteriore considerazione è dovuta in merito alla condizione acustica in cui si troverà l'edificio di custodia associato all'anemometro di Borutta, posto a soli 276 metri dal generatore n°8, dove per le emissioni è stato calcolato un valore pari a 38.8 dB(A)*

*Questo manufatto è stato fatto rientrare nella classe acustica V<sup>a</sup>, ma quand'anche lo si riconducesse alla classe II<sup>a</sup>, estremamente più restrittiva, i limiti assoluti riferiti alle emissioni sarebbero comunque rispettati, sia nel periodo diurno che in quello notturno, così come verrebbe rispettato il limite dei differenziali, per lo meno in periodo diurno, mentre per la fase notturna, solo qualora l'edificio venisse utilizzato a fini residenziali, si riscontrerebbe un modesto superamento, contenuto in 0.9dB(A) che, se necessario, sarebbe estremamente semplice abbattere con l'utilizzo di semplici sistemi fono isolanti, in grado di consentire abbattimento della pressione acustica anche superiori a 40 dB.*



## **CONCLUSIONI**

*Sulla base di quanto esposto fino ad ora si può affermare che la realizzazione e la messa in funzione del parco eolico denominato Monte Pelao, da realizzare negli agri dei comuni di Bessude, Borutta, Bonnannaro e Siligo, pur determinando un modestissimo 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 quasi totalità dei recettori.*

*I parametri normativi vengono sempre rispettati in termini di emissioni, mentre il valore del differenziale viene superato per un unico recettore, quello individuato con il numero 5, molto prossimo al generatore n°8, con un eccedenza comunque molto contenuta, circa 0.9 dB(A) che, ad onore di verità, non risulta essere vincolante vista la classe acustica locale, la zona urbana omogenea di appartenenza e la destinazione d'uso del manufatto, qualora questo fosse fatto rientrare, forzosamente, nella classe acustica II<sup>a</sup>, invece che nella classe V<sup>a</sup>, in cui dovrebbe essere incluso per via della forma di utilizzo reale cui è sottoposto.*

*Và precisato che il superamento del valore differenziale ammissibile, che di fatto è oltrepassato di soli 0.9 dB(A), si avrebbe solo nel periodo notturno in cui è consentito un superamento di soli 3 dB(A) del rumore residuo, invece dei 5 dB(A) ammessi nel periodo diurno e, comunque, il rumore ambientale rimane al di sotto della soglia limite definita dalla norma, per cui il criterio differenziale può essere trascurato.*

*Tale ultima elucubrazione viene esposta solo in termini di correttezza formale delle evidenze scaturite dai calcoli.*

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

*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 durante il normale periodo operativo.*

<i>LA<sub>eq-tot</sub> dB(A)</i>	75	70	65	60	55	50	45	40	35	34.9	30
<i>D m</i>	3.50	6.23	11.07	19.69	35.13	63.41	119.6	275.5	1581	1633	4167



*La lettura della tabella indica che l'inquinamento acustico generato dal campo fotovoltaico in progetto scompare interamente già ad una distanza di circa 1633 metri da ciascuna sorgente, oltre la quale il disturbo indotto dagli aerogeneratori viene completamente assorbito dal rumore residuo, per cui il rumore ambientale si confonde e si assimila a quest'ultimo.*

*Poiché la distanza minima tra i generatori è pari a circa 540 metri, tra la WGT n° 7 e la WGT n° 9, la considerazione appena sopra esposta definisce la possibilità concreta che in alcune aree del campo eolico possano aversi fenomeni di cumulo del rumore indotto.*

*Nonostante ciò, considerando la modesta entità che lo stesso assume già a distanza di soli 500 metri dal punto di emissione, e tenendo conto che la somma dei vettori acustici amplifica di pochissimo quello di entità maggiore, anche in funzione delle condizioni poste al contorno nei calcoli, si può affermare che non si potranno avere sommatorie apprezzabili degli effetti acustici concomitanti dovuti a due generatori contigui, la cui variazione per somma relativa dovrebbe essere abbondantemente compensata dalle approssimazioni a favore della sicurezza poste alla base delle verifiche, per cui i processi di concentrazione non potranno sortire variazioni significative al quadro acustico finora esposto.*



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, 992 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**

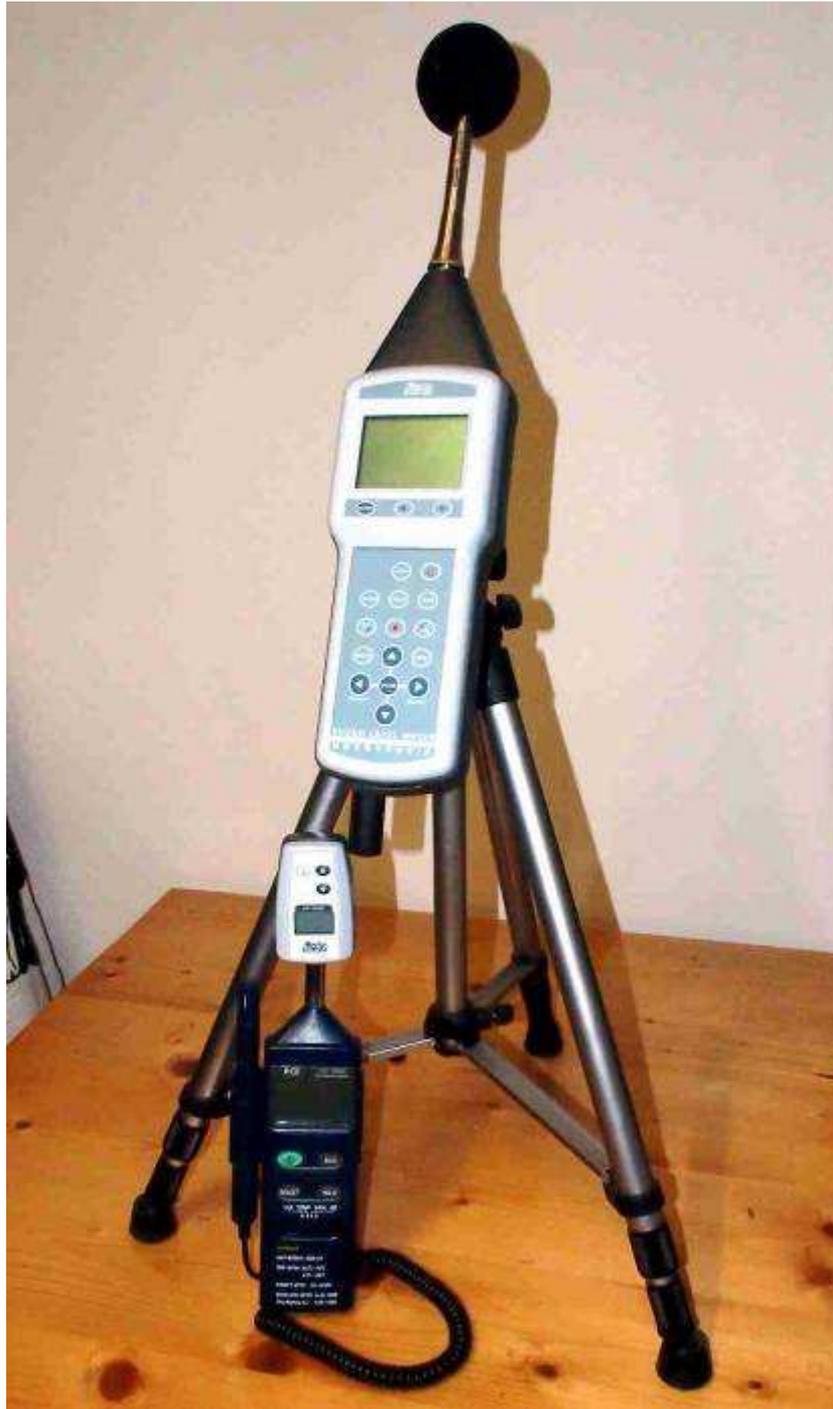
- ART. 1 E' riconosciuta, con la presente determinazione, al dott. **Mulas Gianfranco** nato a **Nuoro** in data **28/03/1959** la qualifica professionale di **tecnico competente in acustica ambientale**, ai sensi dell'art. 2, comma 6 e 7, legge 26.10.1995, n. 447 e della delibera g.r. n. 62/9 del 14.11.2008.
- 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)	
e	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
Impronta del dito indice sinistra	IL SINDACO 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.*